

**75-летию ВолГАУ
посвящается...**

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки

- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

№ 2 (54), 2019

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2019

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

Branches of science:

- agricultural sciences

- technical sciences

Groups of specialties:

06.01.00 Agronomy

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

№ 2 (54), 2019

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2019

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

**Выпуск № 2 (54), 2019
Отрасли науки:**

- сельскохозяйственные науки
- технические науки

Группы специальностей:

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

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

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

**Issue № 2 (54), 2019
Branches of science:**

- agricultural sciences
- technical sciences

Groups of specialties:

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

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

Выпуск № 2 (54), 2019

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

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

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

Главный редактор – *Овчинников А.С.*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, **член-корреспондент РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», ректор Волгоградского ГАУ.

Заместители главного редактора:

Бочарников В.С., доктор технических наук, первый проректор Волгоградского ГАУ;

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

Issue № 2 (54), 2019

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

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

Chief editor – *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural sciences, Professor, **correspondent member of Russian Academy of Agricultural Sciences**, the Chairman of editorial board, the Chairman of regional fund «Agrarian university complex», the Rector of the Volgograd state agrarian university.

Deputy chief editor:

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, First Vice Rector of the Volgograd State Agrarian University;

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – *Овчинников А.С.*, д.с.-х.н., профессор, **член-корреспондент РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», ректор Волгоградского ГАУ
<http://www.volgau.com/университет/ректор>

Заместитель главного редактора – *Бочарников В.С.*, д.т.н., первый проректор Волгоградского ГАУ
<http://www.volgau.com/университет/органы-управления/ректорат>

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

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

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

Зволинский В.П., **академик РАН**, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия
<http://pniiiaz.ru/rukovodstvo>
<https://ru.wikipedia.org/wiki/>

Кулик К.Н., **академик РАН**, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.fncagro.ru>
<http://www.cnshb.ru/AKDIL/>
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/iimost/>

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

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

Deputy Editor-in-Chief - *Bocharnikov V.S.*, Doctor of Technical Sciences, First Vice Rector of the Volgograd State Agrarian University;

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

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

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

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

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

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

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

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

Рулев А.С., академик РАН, Волгоградский государственный университет
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

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

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

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

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

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

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

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

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

Petrovich Milan, doctor of biotechnical (agricultural sciences), professor, deputy. Director for Science, Institute of Livestock, Belgrade, Zemun (Serbia)

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

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

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

06.01.00 Агрономия

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

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

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

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

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

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Agronomy

06.01.01 General agriculture, crop production

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

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

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

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

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

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

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

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-Russian Scientific Research Institute of irrigated agriculture

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

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

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

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

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

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

06.01.04 Агрохимия

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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (technical Sciences)

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

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, First Vice Rector of the Volgograd State Agrarian University;

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

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

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

06.01.04 Agrochemistry

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

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

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

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

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

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

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

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

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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, директор Поволжского НИИ эколого-мелиоративных технологий – филиала ФНЦ Агроэкологии

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

06.01.08 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

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

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

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

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

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

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

06.01.07 Plant Protection

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

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

Semenenko S.Ya., Doctor of agricultural sciences, director Povolzhskiy Scientific-research institute of ecological and land-improvement technologies (Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation of RAS)

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

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

06.01.09 Овощеводство

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.09 Vegetable-growing

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

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

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

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

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

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

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, First Vice Rector of the Volgograd State Agrarian University;

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

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

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

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

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

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

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

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

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

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

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

******* ИЗВЕСТИЯ *******

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

№ 2 (54), 2019

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (54), 2019**

Ответственный редактор *Т.В. Черкашина*

Технический редактор *Т.А. Ситникова*

Компьютерная верстка *А.В. Харлашина*

Перевод *Е.А. Сидоровой*

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

Подписной индекс 31945

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

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Подписано в печать 25.06.2019. Формат 60x84^{1/8}

Усл. печ. л. 50,4. Тираж 1000 (первый завод 200). Заказ 194.

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

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 2 (54), 2019**

Executive editor *T.V. Tcherkashina*

Technical editor *T.A. Sitnikova*

Desktop publishing *A.V. Kharlashin*

Translation *E.A. Sidorova*

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

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

Subscription zip-code 31945

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

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

Signed in print 25.06.2019. Printing format 60x84^{1/8}

Conventional printed sheets 50,4. Circulation 1000 (initial print run 200). Order 194.

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



СЛОВО ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Уважаемые коллеги!

В 2019 году многотысячный коллектив Волгоградского государственного аграрного университета отмечает юбилейную дату – 75-летие со дня основания вуза. И мне особенно приятно разделить наш праздник с теми, кто причастен к созданию этого журнала: членами редакционной коллегии, экспертами, авторами и читателями.

За время, прошедшее с момента выпуска первого номера «Известий...», в жизни Волгоградского ГАУ произошло множество важных событий: созданы и успешно работают 12 научных центров и 15 проблемных научно-исследовательских лабораторий, открылись новые направления подготовки, укрепилась производственная и материально-техническая база, были реализованы совместные проекты с российскими и зарубежными партнерами.

Сегодня университет – один из крупнейших инновационных и образовательных центров Юга России, который осуществляет научное сопровождение реализации государственной аграрной политики, способствует развитию агропромышленного комплекса и выполнению задач, поставленных Президентом Российской Федерации по обеспечению продовольственной безопасности.

С февраля 2010 г. журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование» включен в Перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, в которых публикуются основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Многолетняя работа в тесной координации с Российской Академией Наук привела к избранию нашего журнала в число лучших и отвечающих международным требованиям для включения в Russian Science Citation Index Web of Science (RSCI WOS), т.н. «русскую полку» данной глобальной наукометрической базы. Работы наших ученых стали видными и доступными для мирового сообщества.

На страницах «Известий...» по-прежнему освещается весь комплекс вопросов развития отечественного АПК. Уверен, что информационная площадка, которую предоставляет наш журнал, и впредь будет отличной возможностью для дискуссий и презентации новаторских решений.

Коллектив встречает 75-летие вуза с оптимизмом и грандиозными планами. Я от души желаю всем авторам и читателям журнала крепкого здоровья, мира, новых достижений и пусть все наши смелые проекты и начинания воплотятся в жизнь!

**Ректор Волгоградского ГАУ, профессор,
член-корреспондент РАН, д.с.-х.н.**

А.С. Овчинников



Уважаемые коллеги!

От имени Отделения сельскохозяйственных наук РАН поздравляю коллектив Волгоградского государственного аграрного университета со знаменательным событием – 75-летием со дня основания вуза!

Ваши ученые в составе Нижневолжского агроуниверситетского комплекса активно развивают аграрную науку засушливой зоны, востребованную во всем мире в связи с глобальным изменением климата. Результатами этих и других работ интересуются представители научного сообщества разных стран.

Журнал «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса» – это в полной мере академическое научное издание. Помимо Волгоградского ГАУ, его представляет ряд научных организаций, в том числе Прикаспийский аграрный научный центр РАН, ФНЦ Агроэкологии РАН. В редакционном совете работают авторитетные ученые – 11 академиков и член-корр. РАН, 7 зарубежных членов из Венгрии, Чехии, Сербии и других стран.

Необходимо отметить успешное продвижение издаваемого журнала в мировое научное пространство, повышение статуса опубликованных работ до уровня «международные публикации». Всё это говорит о том, что вопросам повышения авторитетности, конкурентоспособности, научного рейтинга, качества и уровня содержания журнала уделяется пристальное внимание.

От всей души желаю крепкого здоровья, творческих успехов и вдохновения, новых побед и достижений на благо российской науки и нашей великой страны!

***Академик Российской академии наук,
заместитель академика-секретаря Отделения
сельскохозяйственных наук РАН, руководитель
Секции земледелия, мелиорации, водного
и лесного хозяйства***

А.А. Завалин



Уважаемые коллеги!

За годы своей деятельности сельскохозяйственный институт заложил прочную основу для подготовки высококвалифицированных специалистов сельского хозяйства. Сегодня аграрный университет в числе лучших в России. Не найти в нашей области хозяйства, где бы ни работали по самому широкому кругу специальностей выпускники ВолГАУ.

Прочные знания, которыми наделяют выпускников преподавательский состав, умение применять навыки на практике и творчески их развивать – вот что отличает специалиста, получившего образование в ВолГАУ.

Есть и другая сторона университетской деятельности, не менее важная – наука. Коллектив ученых, объединившихся на базе аграрного университета, смог создать богатый научный потенциал Волгоградской области в сельскохозяйственной сфере. Более того, без разработок ученых были бы невозможны достижения аграрной отрасли как в советское время, так и сегодня. Созданная учеными, входящими в состав агроуниверситетского комплекса, система сухого земледелия стала фундаментом развития АПК Волгоградской области. Научой «с волгоградской пропиской» были разработаны основы развития отраслей в условиях региона, совершены другие открытия и разработки, которые сегодня стали повсеместной производственной практикой. Именно поэтому за последние годы Волгоградская область прочно завоевала достойное место в десятке ведущих аграрных регионов страны, нарастив ежегодное производство зерна до 4 млн тонн, подсолнечника и овощей – до 1 млн тонн.

Ресурсы, которыми обладает область, позволяют уверенно заявить: регион может, как минимум, удвоить объем экспорта, наращивая производство и, главное, качество продукции. Такая задача ставится к 2024 году региональным проектом «Экспорт продукции АПК». Другой региональный проект «Создание системы поддержки фермеров и развития сельской кооперации» призван создать благоприятные условия для фермерского движения, объединения малых форм хозяйствования в кооперативы и использования в АПК этого мощного ресурса.

Без совместной работы с ученым сообществом агропромышленный комплекс не справится со стоящими перед ним государственными, судьбоносными задачами. Поэтому деятельность журнала «Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» имеет огромное значение: журнал является площадкой для самых смелых научных гипотез, которые двигают вперед науку и, как результат, производство.

Позвольте пожелать всему авторскому коллективу журнала новых ярких публикаций, воплощения творческих идей и замыслов. Уверен, что и в дальнейшем вы будете так же, как и сегодня, высоко нести знамя волгоградской аграрной науки.

**заместитель Губернатора Волгоградской области –
председатель комитета сельского хозяйства
Волгоградской области**

В.В. Иванов

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

УДК: 338.436.33

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-1

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ CONCEPTUAL BASIS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE VOLGOGRAD REGION

В.В. Иванов, заместитель Губернатора Волгоградской области –
председатель комитета сельского хозяйства Волгоградской области

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

О.В. Кочеткова, доктор технических наук, профессор

V.V. Ivanov, A.S. Ovchinnikov, O.V. Kochetkova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 14.03.2019
Received 14.03.2019

Дата принятия к печати 21.06.2019
Submitted 21.06.2019

В соответствии с ведомственной Программой «Цифровое сельское хозяйство» актуальной задачей АПК страны является стратегический прорыв за счет внедрения цифровых технологий, которые позволят существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг. Разработка региональной программы развития агропромышленного комплекса, включающая вопросы внедрения цифровых технологий, современных устройств и платформенных решений, является задачей стратегической важности. Вместе с тем, планируемые экономические преимущества можно получить только в том случае, когда имеются не только доступ к данным и эффективные технологии их обработки, но и новые управленческие концепции, позволяющие реализовать преимущества цифровых технологий. Однако в настоящее время отсутствуют теоретическая база и примеры практической реализации успешных практик цифровой трансформации АПК регионов, несмотря на важность существующей проблемы. На основании глубокого анализа трудов российских и зарубежных ученых, при использовании системного подхода и других современных видов исследований, была сформулирована гипотеза о необходимости изменения концепции управления региональным АПК в условиях активного внедрения цифровых технологий и информационно насыщенной среды. Научной новизной исследования является перенос концепции взаимодействия объектов или вещей в рамках целевой связывающей сети, характерной для технологии интернета вещей, на управление АПК региона. Изменение концепции менеджмента предполагает переход от процессной модели бизнеса, реализующей управление моделью взаимосвязанных функций, к объектной. Это более сложный управленческий подход с более высоким уровнем абстракции, который, тем не менее, на порядок устойчивее и адаптивнее традиционного. Для создания и развития экосистемы цифрового АПК Волгоградской области предлагается создать отраслевой кластер на основе объединения ведущих предприятий и научных учреждений, заинтересованных в развитии цифровой отрасли. Существенный вклад в создание такого кластера может внести Волгоградский государственный аграрный университет, который способен на высоком уровне выполнить сложные и наукоемкие процессы создания и наполнения семантического ядра, обеспечения трансфера инновационных решений в предприятиях АПК Волгоградской области, подготовки кадров для цифрового АПК региона.

In accordance with the Departmental Program «Digital Agriculture», the actual task of the agro-industrial complex is a strategic breakthrough through the introduction of digital technologies that will significantly improve the efficiency of various types of production, technology, equipment,

storage, sale, delivery of goods and services. The development of a regional program for the development of the agro-industrial complex, including the introduction of digital technologies, modern devices and platform solutions, is a task of strategic importance. At the same time, the planned economic benefits can be obtained only when there is not only data access and effective processing technologies, but also new management concepts that allow realizing the advantages of digital technologies. However, at present, there is no theoretical basis and examples of practical implementation of successful practices of digital transformation of the agro-industrial complex of the regions, despite the importance of the existing problem. On the basis of a deep analysis of the works of Russian and foreign scientists, using the systems approach and other modern types of research, a hypothesis was formulated about the need to change the concept of managing regional agro-industrial complexes in the context of active introduction of digital technologies and information-rich environment. The scientific novelty of the research is the transfer of the concept of interaction of objects or things within the target connecting network, characteristic of the Internet of things technology, to the management of the regional agro-industrial complex. This will lead to a change in the concept of management by moving from a business process model, which involves managing a model of interrelated functions, to an objective one. This is a more complex management approach with a higher level of abstraction, which, nevertheless, is an order of magnitude more resilient and adaptive than the traditional one. To create and develop the ecosystem of the digital agro-industrial complex of the Volgograd region, it is proposed to create an industry cluster based on a combination of leading enterprises and scientific institutions interested in the development of the digital industry. Volgograd State Agrarian University can make a significant contribution to the creation of such a cluster. The university is able to perform at a high level the complex and knowledge-intensive processes of creating and filling the semantic core, ensuring the transfer of innovative solutions in the enterprises of the agro-industrial complex of the Volgograd region, training personnel for the digital agro-industrial complex of the region.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, интернет вещей, цифровые технологии в АПК, бизнес-процессы.

Keywords: agro-industrial complex, internet of things, digital technologies in agro-industrial complex, business processes.

Цитирование. Иванов В.В., Овчинников А.С., Кочеткова О.В. Концептуальные основы цифровой трансформации АПК Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 18-25. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-1.

Citation. Ivanov V.V., Ovchinnikov A.S., Kochetkova O.V. Conceptual basis of digital transformation of the agro-industrial complex of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 18-25. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-1.

Введение. Стратегическое развитие нашей страны в настоящее время определяют национальные проекты по 12 направлениям, которые должны обеспечить прорывное научно-технологическое и социально-экономическое развитие России, повышение уровня жизни, создание условий и возможностей для самореализации и раскрытия таланта каждого человека (Указ Президента России от 7 мая 2018 года №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»). Особое место среди них занимает Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», которая ставит задачу в перспективе 15–20 лет России войти в группу лидирующих экономик мира за счет цифровых преобразований традиционных отраслей и развития самостоятельной и конкурентоспособной цифровой индустрии и обеспечить 50 % совокупного вклада цифровизации в накопленный рост ВВП России к 2024 г. [3].

Для обеспечения технологического прорыва в АПК за счет внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство разработан и реализуется ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». Целью проекта является цифровая трансформация

сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда на цифровых сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 году [1].

Обоснованность, инновационность и актуальность компонентов проекта не вызывают сомнений, тем не менее следует отметить, что в них слабо просматриваются новые модели экономического поведения, позволяющие перейти на цифровые технологии, что затрудняет их реализацию на практике в регионах нашей страны.

Анализ теоретических исследований по этому вопросу показал, что, несмотря на их несомненную полезность, они либо пытаются свести все знания о цифровых технологиях для бизнеса в виде общего руководства, но не сфокусированного непосредственно на агропромышленном комплексе, либо содержат общие рассуждения о целесообразности цифровой трансформации регионального АПК.

Так, в работе [11] рассматриваются основные направления цифровой модернизации агропромышленного комплекса современного региона. Авторами отмечается, что цифровая модернизация АПК региона должна быть инструментом реализации стратегической цели, для её реализации рекомендуется применять цифровые технологии электронного документооборота, цифрового производства, онлайн-торговли и цифрового маркетинга одновременно для достижения синергетического эффекта, связанного с повышением эффективности и конкурентоспособности агропромышленного комплекса региона. Каким образом организовать на практике цифровую модернизацию АПК региона, какие модели экономического поведения и управления при этом необходимо использовать, в работе не описано.

Поэтому мы сосредоточимся на изложении того, какие мы видим возможности практического применения цифровых технологий, какие выгоды могут получить от этого сельскохозяйственные предприятия и каким образом осуществить на практике управление региональным АПК в условиях цифровизации.

Актуальность настоящего исследования вызвана отсутствием теоретической базы и примеров практической реализации успешных практик цифровой трансформации АПК регионов, несмотря на важность существующей проблемы.

Материалы и методы. Источниками исследования являются труды российских и зарубежных ученых, опубликованные в периодической печати, сети Интернет, материалах научно-практических конференций и симпозиумов.

В исследовании использовался системный подход; структурный, функциональный и логический анализ; метод анализа тенденций, а также синтез отечественной и зарубежной теории и практики применения цифровых технологий в агропромышленном комплексе.

Результаты и обсуждение. Аграрный сектор экономики Волгоградской области, как и вся Россия, переходит в цифровое пространство и, следовательно, должен сформировать свои экосистемы на базе цифровых технологий. Под экосистемой мы понимаем среду, где добавленная стоимость создается с помощью цифровых технологий и которая обеспечивает условия для инновационного развития и распространения цифровых сервисов, цифровых продуктов, приложений и устройств в конкретном секторе цифровой экономики.

Глубокая интеграция агробизнеса с цифровыми технологиями перспективна с точки зрения возможных конкурентных преимуществ. Так, использование только одной технологии интернета вещей (IoT) в результате анализа точных и своевременных данных [6] создает новые возможности для предприятий по расширению спектра своих

услуг, сближению со своими клиентами, улучшению бизнес-процессов [2] и дифференциации их предложений на рынке, обеспечивая при этом режим реального возврата инвестиций и окупаемость [8]. Например, создание цифровых сервисов дистрибуции товаров сельского хозяйства позволит сократить цепочку посредников и принесет ощутимые экономические выгоды [10]. Если цифровые технологии обеспечат сокращение добавленной стоимости торговых посредников на 10%, российские производители сельскохозяйственной продукции и продуктов питания смогут получить дополнительно около 1,34 трлн руб., что в 5,4 раза больше государственной поддержки, полученной всеми предприятиями АПК в 2018 г., и больше суммарных затрат на поддержку АПК за последние 6 лет (1,2 трлн руб.) [4].

Однако было бы ошибочно считать, что потенциал интернета вещей кроется в конструктивных особенностях, производительности, известности фирм-производителей оборудования, датчиков, контроллеров и прочих устройств соединенных единой сетью связи. Решающим условием получения высокого результата в цифровой экономике являются не столько сами цифровые технологии, а идеи, решения, новые модели управления. Их необходимость обусловлена реалиями сегодняшнего дня: активным проникновением цифровых технологий, расширением роли и ценности информационных ресурсов и каналов информационного взаимодействия; углублением производственной, технологической и экономической специализации предприятий, а также обострением конкуренции за ресурсы и рынки. Поэтому для современного управления АПК региона необходимы не только глубокая обработка данных, мощные информационные и технологические инструменты, но и реализация на практике преимущества новых знаний и идей перед основными фондами, новые организационные структуры, внедрение адаптивных бизнес-процессов, мобильность использования ресурсов. Таким образом, для экономического прорыва в агропромышленном комплексе Волгоградской области нужно нацелить цифровую трансформацию бизнес-процессов прежде всего на реализацию новых экономических моделей и принципиально новых систем управления, которые стали возможны в результате внедрения цифровых технологий.

Попытки создания модели управления в цифровой экономике предлагаются авторами работы [12]. В статье «Модель государственного управления экономикой на основе интернета вещей» предложен перспективный алгоритм внедрения интернета вещей в практику государственного управления экономикой, что, по мнению авторов, позволит оптимизировать процесс государственного управления экономикой за счет повышения её прозрачности и управляемости, сокращения расходов на государственное управление и принятия более рациональных государственных решений [12]. Однако рассмотренные в работе механизмы государственного управления нельзя применить для создания модели управления региональным АПК. Тем не менее, концепция создания такой модели управления может быть навеяна информационными технологиями, в частности технологией интернета вещей. Интернет вещей – это вычислительная сеть физических предметов (вещей), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой через Интернет [7].

Мы предлагаем концепцию взаимодействия объектов или вещей в рамках целевой связывающей сети, характерной для технологии интернета вещей, перенести на управление АПК региона. Отличием будет являться только то, что IoT существует в рамках единой технологической сети, а менеджмент АПК Волгоградской области – в рамках единой управленческой сети. Однако следует отметить, что как для технологии интернета вещей без ясного понимания стратегической цели и раскрывающих её тактических задач невозможно организовать осмысленное взаимодействие вещей в беско-

нечно разветвленном и связанном Интернете, так и рассматривать новую концепцию управления региональным АПК стоит только тогда, когда четко определены цели её построения и функционального существования.

Таким образом, внедрение цифровых технологий в АПК приведет к изменению концепции менеджмента путем перехода от процессной модели бизнеса, предполагающей управление моделью взаимосвязанных функций, к объектной. Переход от функциональной к процессной модели управления позволяет стабилизировать бизнес только на уровне бизнес-процессов для достижения тактических целей, в то время как управление бизнес-объектами позволяет развивать бизнес на уровне взаимосвязанных сущностей для реализации стратегических целей АПК региона, обеспечивая гибкость и мобильность бизнес-процессов.

В этом случае предприятия АПК региона будут представлены как некая сеть взаимодействующих объектов, объединенных и выполняющих на взаимовыгодных условиях некую динамичную модель процессов в рамках согласованной стратегии для достижения общей цели. Таким образом, на смену задачам проектирования и реинжиниринга бизнес-процессов приходит более сложный управленческий подход с более высоким уровнем абстракции, который, тем не менее, на порядок устойчивее и адаптивнее.

Это позволит выстроить различные модели взаимодействия совершенно разных объектов: товаропроизводителей и потенциальных клиентов, товаропроизводителей и логистических компаний, сельскохозяйственных предприятий и научных учреждений, конкурирующих между собой производителей сельхозпродукции. Так, товаропроизводитель может вовлекать потенциальных клиентов в процессы проектирования и продвижения товара; исследование на практике методом проб и ошибок рыночных тенденций и предпочтений заменяется на приобретение больших данных (big data) для многофакторного интеллектуального анализа реакций рынка, а конкуренты на рынках договариваются по вопросам разделяемого производства и введения общепромышленных стандартов.

Таким образом, происходит трансформация АПК региона из производственно-финансовой системы, потребляющей различные ресурсы и реализующей товары, работы и услуги, в экспертно-управленческую систему, потребляющую знания, данные, опыт, модели, обеспечивающую наиболее эффективное взаимодействие независимых экономических субъектов.

Рассматривая варианты создания экосистемы цифрового АПК региона, следует анализировать не разрозненные системы и сервисы, а платформу, обеспечивающую возможность совместной работы разрозненных систем, учреждений и организаций с технической, научной и с коммерческой точек зрения. Взаимодействие участников платформы должно быть реализовано на основе единой системы взаимосвязанных технологий, методов, протоколов, стандартов и процедур [9].

Основной для создания и развития экосистемы цифрового АПК Волгоградской области может стать отраслевой кластер, созданный как самостоятельная единица на основе объединения ведущих предприятий и научных учреждений, заинтересованных в развитии цифровой отрасли, в рамках государственного регулирования, реализации кластерной политики и других мер государственной поддержки [5]. Этот кластер по отношению к предприятиям отрасли будет играть роль интеграционной платформы по взаимодействию с различными внешними элементами; позволит активно встраиваться бизнесу в имеющие маркетинговые ценности профессиональные сообщества и даже в социальные сети. Это позволит АПК региона обеспечить высокую адаптивность организационной структуры и взаимоотношений с внешней средой, многозадачность и ши-

рокую интерпретацию стратегий бизнесов, а также обеспечить бесшовную интеграцию цифровых сервисов с существующими системами для последующей цифровой трансформации бизнес-процессов отраслевых предприятий.

При создании отраслевого кластера следует ясно понимать, что любая отрасль цифровой экономики основывается на экономике знаний. Носителем знаний в экосистеме цифровой отрасли должно являться семантическое ядро, поддержка и развитие которого является крайне важным и наукоемким видом деятельности в цифровой экономике. основополагающую роль в создании этого ядра должна сыграть аграрная наука. Для совместного использования информационных ресурсов и стандартизации взаимодействия поставщиков и потребителей цифровых услуг в семантическом ядре должны быть аккумулированы знания о предметной области в виде семантических сетей, классификаторов, онтологий, моделей, стандартов. Для создания и наполнения семантического ядра на основе российских и международных справочников, классификаторов, тезаурусов и онтологий должно быть создано экспертное сообщество из числа ведущих ученых-аграриев. Не обойтись без активной деятельности ученых также при апробации новых цифровых технологий, тестировании разработок на площадке, имитирующей бизнес-процедуры цифровой отрасли. В настоящее время такие возможности имеются в Волгоградском государственном аграрном университете. Учеными Волгоградского ГАУ разработаны научные направления цифровой трансформации АПК в рамках нацпроекта «Цифровая экономика». По заданию министерства сельского хозяйства выполняются исследования по разработке архитектуры цифровых фермерских хозяйств на основе онтологических моделей. Проводятся работы по реорганизации существующих бизнес-процессов для встраивания цифровых сервисов. Созданная в Волгоградском ГАУ демонстрационно-производственная платформа «Инновационная деревня» позволяет сконцентрировать на единой площадке передовой опыт внедрения не только новых агротехнологий, но и цифровых сервисов, а также продемонстрировать прогрессивные практики хозяйствования по всем направлениям развития АПК и обеспечить трансфер инновационных решений в отраслевые предприятия. Учебные полигоны позволяют проводить тренировки и отработку навыков управления роботизированными средствами в сельском хозяйстве.

Понятно, что стремительное внедрение цифровых технологий в агробизнесе требует качественно нового уровня компетентности работников отрасли. Они должны уметь эффективно работать с информационными потоками и владеть современными средствами установления продуктивных связей в Интернете, использовать различные Интернет-сервисы и инструменты для изучения аналитических отчетов и обзоров, искать эффективные способы освоения новых ресурсов и рынков, оперативно контролируя состояние предприятия и взаимодействуя с различными партнерами и системами в сети для управления в режиме реального времени. Для этого необходимо непрерывное обучение и развитие работников отрасли на основе информационно-ориентированного подхода, актуальных прогрессивных методик обучения и современного инструментария. Такой инструментарий используется в подготовке специалистов нового поколения для цифрового АПК в Волгоградском государственном аграрном университете. Так, в учебном процессе университета используются современные программные продукты более 180 отечественных и зарубежных вендоров. Дополнительные образовательные программы в области информационных технологий реализуются в открытых в университете академиях всемирно известных вендоров: Microsoft, Cisco, Oracle. Учитывая высокую значимость и перспективность для агропромышленного комплекса технологии IoT, в ближайшее время компания Samsung готова открыть в Волгоградском ГАУ академию интернета вещей.

Заключение. Результаты исследования позволили сделать вывод о необходимости создания новой модели управления региональным АПК Волгоградской области в условиях цифровизации. Для успешного перехода к цифровой экономике в агропромышленном комплексе Волгоградской области необходимо обеспечить создание её цифровой экосистемы на базе платформы, обеспечивающей возможность совместной работы всех заинтересованных участников на основе единой системы взаимосвязанных технологий, методов, протоколов, стандартов и процедур.

Краеугольным камнем экосистемы цифрового АПК Волгоградской области может стать отраслевой кластер, созданный как самостоятельная единица на основе объединения ведущих предприятий и научных учреждений, заинтересованных в развитии цифровой отрасли. Наиболее сложные и наукоемкие процессы создания и наполнения семантического ядра, разработки инфраструктуры функционирования цифровых сервисов и их тестирование, а также обеспечение трансфера инновационных решений в предприятиях АПК Волгоградской области с цифровой трансформацией бизнес-процессов может обеспечить Волгоградский государственный аграрный университет.

Библиографический список

1. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [Текст]: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.
2. Кочеткова, О.В. Трансформация бизнес-процессов сельскохозяйственных предприятий для внедрения технологии интернета вещей [Текст] / О.В. Кочеткова // Academic science – problems and achievements XIX: Proceedings of the Conference. North Charleston, 23-24.04.2019. – Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. – P. 34-38.
3. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/614>
4. Огневцев, С.Б. Цифровизация экономики и экономика цифровизации АПК [Текст] / С.Б. Огневцев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 2 (368). – С. 77-80.
5. Скворцов, Е.Н. Анализ организационных структур систем управления инновационными промышленными кластерами в России [Электронный ресурс] / Е.Н. Скворцов, Н.Д. Гуськова // Экономический портал. – 2016. – Режим доступа: <http://institutiones.com/innovations/2806-analiz-organizacionnyx-struktur.html>
6. A review on the practice of big data analysis in agriculture [Tekst] / A. Kamilaris, A. Kartakoullis, F.X. Prenafeta-Boldú // Computers and Electronics in Agriculture. – 2017. – № 143. – P. 23-37.
7. A smart decision system for digital farming [Tekst] / C. C. Baseca, S. Sendra, J. Lloret, J. Tomas // Agronomy. – 2019. – № 9(5). – P. 216. DOI: 10.3390/agronomy 9050216 12.
8. Agricultural management through wireless sensors and internet of things [Tekst] / S.Navulur, A.S.C.S.Sastry, M.N.Giri Prasad // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2017. – Issue 6, 7. – P. 3492-3499.
9. Accelerating the Digital Transformation of Business and Society Through Composite Business Ecosystems [Tekst] / S. Choudhary, I. Thomas, M. Bahrani, M. Sumioka // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – №926. – P. 419-430.
10. Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains [Tekst] / S.S. Kamble, A. Gunasekaran, H. Parekh, S. Joshi // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2019. – №48. – P. 154-168.
11. The Main Directions of Digital Modernization of the Agro-Industrial Complex of a Modern Region (Book Chapter) [Tekst] / A.B. Karabekova, D.A. Osmonalieva, Z.H. Sadyraliev, A.K. Urmatayim // Studies in Computational Intelligence. – 2019. – №826. – P. 949-955.
12. The Model of State Management of Economy on the Basis of the Internet of Things(Book Chapter) [Tekst] / E.G. Popkova, E.N. Egorova, E.Popova, U.A. Pozdykova // Studies in Computational Intelligence. 2019. – №826. – P. 1137-1144.

References

1. Vedomstvennyj proekt «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo» [Tekst]: oficial'noe izdanie. - M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2019. - 48 p.
2. Kochetkova, O.V. Transformaciya biznes-processov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij dlya vnedreniya tehnologii interneta veschej [Tekst] / O. V. Kochetkova // Academic science - problems and achievements XIX: Proceedings of the Conference. North Charleston, 23-24.04.2019. - Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. - P. 34-38.
3. Nacional'naya programma «Cifrovaya jekonomika Rossijskoj Federacii» [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://government.ru/rugovclassifier/614>
4. Ognivcev, S. B. Cifrovizaciya jekonomiki i jekonomika cifrovizacii APK [Tekst] / S. B. Ognivcev // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. - 2019. - № 2 (368). - P. 77-80.
5. Skvorcov, E. N. Analiz organizacionnyh struktur sistem upravleniya innovacionnymi promyshlennymi klasterami v Rossii [Jelektronnyj resurs] / E. N. Skvorcov, N. D. Gus'kova // }konomicheskij portal. - 2016. - Rezhim dostupa: <http://instituciones.com/innovations/2806-analiz-organizacionnyx-struktur.html>
6. A review on the practice of big data analysis in agriculture [Tekst] / A. Kamilaris, A. Kartakoullis, F.X. Prenafeta-Boldú // Computers and Electronics in Agriculture. - 2017. - № 143. - P. 23-37.
7. A smart decision system for digital farming [Tekst] / C. C. Baseca, S. Sendra, J. Lloret, J. Tomas // Agronomy. - 2019. - № 9(5). - P. 216. DOI: 10.3390/agronomy 9050216 12.
8. Agricultural management through wireless sensors and internet of things [Tekst] / S.Navulur, A.S.C.S.Sastry, M.N.Giri Prasad // International Journal of Electrical and Computer Engineering. - 2017. - Issue 6, 7. - P. 3492-3499.
9. Accelerating the Digital Transformation of Business and Society Through Composite Business Ecosystems [Tekst] / S. Choudhary, I. Thomas, M. Bahrami, M. Sumioka // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2020. - №926. - P. 419-430.
10. Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains [Tekst] / S.S. Kamble, A. Gunasekaran, H. Parekh, S. Joshi // Journal of Retailing and Consumer Services. - 2019. - №48. - P. 154-168.
11. The Main Directions of Digital Modernization of the Agro-Industrial Complex of a Modern Region (Book Chapter) [Tekst] / A.B. Karabekova, D.A. Osmonalieva, Z.H. Sadyraliev, A.K. Urmatayim // Studies in Computational Intelligence. - 2019. - №826. - P. 949-955.
12. The Model of State Management of Economy on the Basis of the Internet of Things(Book Chapter) [Tekst] / E.G. Popkova, E.N. Egorova, E.Popova, U.A. Pozdykova // Studies in Computational Intelligence. - 2019. - №826. - P. 1137-1144.

Информация об авторах

Иванов Василий Васильевич, заместитель Губернатора Волгоградской области - председатель комитета сельского хозяйства Волгоградской области.

Овчинников Алексей Семенович, член-корреспондент РАН, ректор Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7566-108X> **E-mail:** aleksov50@mail.ru

Кочеткова Ольга Владимировна, проректор по стратегическому развитию и информатизации Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор технических наук, профессор
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-189> **E-mail:** ovk555@bk.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 631.674.5:504.064.36

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-2

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ **CONCEPTUAL APPROACHES TO THE CREATION OF MONITORING SYSTEMS AND IRRIGATION MANAGEMENT**

А.С. Овчинников¹, *член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор*
В.В. Бородычев², *академик РАН*
М.Н. Лытов², *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*
В.А. Шевченко², *доктор сельскохозяйственных наук, профессор*
О.В. Бочарникова¹, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*
A.S. Ovchinnikov¹, **V.V. Borodychev**², **M.N. Lytov**²,
V. A. Shevchenko², **O.V. Bocharnikova**¹

¹ Волгоградский государственный аграрный университет

² ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

¹ Volgograd State Agrarian University

² Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering
and land reclamation named after A. N. Kostyakov»

Дата поступления в редакцию 04.03.2019
Received 04.03.2019

Дата принятия к печати 15.06.2019
Submitted 15.06.2019

Материалы статьи включают результаты исследований, посвященных концептуальному проектированию комплексов мониторинга и управления орошением в составе оросительных систем нового поколения. Целью исследований является создание концептуального скелета разрабатываемых на новом технико-технологическом уровне систем мониторинга и управления орошением, с преимущественно автоматической реализацией функции управления, использованием интеллектуальных алгоритмов и технологий «больших данных». В качестве методологической основы исследований принята теория стадийного развития техники и технологий, в адаптированной для решения актуальных задач мелиорации форме. Укрупненная функциональная модель оросительных систем нового поколения определяет место и требования к создаваемым комплексам мониторинга и управления орошением. Предложена концептуально-конструктивная структура системы управления орошением, которая позволяет установить самые общие связи и характеристики основных структурных комплексов. Выполнен анализ и разработана функционально ориентированная схема управляющих воздействий, реализация которых потенциально возможна на основе мониторинга показателей состояния агроценоза и работы оросительной техники в режиме реального времени. Предложена иерархическая модель системной организации функции управления, предполагающей последовательный охват укрупненных функциональных модулей оросительной системы как концептуальной стратегии развития технико-технологического комплекса управления орошением. На низшем уровне осуществляется управление элементами технической системы, осуществляющими технологическую функцию непосредственно в границах орошаемых массивов. Высший иерархический уровень предполагает организацию комплексного управления всеми структурно-функциональными элементами оросительной системы по единому алгоритму. Разработаны варианты системной организации информационно-аналитического модуля комплекса мониторинга и управления орошением. Оценка вариантов по совокупности критериев позволяет отдать предпочтение многопользовательским серверным схемам как наиболее гибким в плане развития и практического освоения новейших вычислительных алгоритмов интеллектуального автоматизированного управления.

The materials of the article include the results of research on the conceptual design of irrigation monitoring and control complexes as part of the new generation of irrigation systems. The aim of the research is to create a conceptual skeleton of monitoring and control systems developed at the new technical and technological level, with mostly automatic implementation of the control function, using

intelligent algorithms and “big data” technologies. As a methodological basis of research, the theory of the staged development of technology and technologies has been adopted, in a form adapted for solving actual problems of land reclamation. The new functional model of irrigation systems of the new generation determines the place and requirements for the created irrigation monitoring and control complexes. A conceptual and constructive structure of the irrigation management system has been proposed, which makes it possible to establish the most common links and characteristics of the main structural complexes. The analysis was carried out and a functionally oriented scheme of control actions was developed, the implementation of which is potentially possible on the basis of monitoring indicators of the state of agrocenosis and the operation of irrigation equipment in real time. A hierarchical model of the system organization of the management function, suggesting a consistent coverage of the integrated functional modules of the irrigation system, as a conceptual strategy for the development of the technical-technological complex of irrigation management, is proposed. At the lowest level, the management of the elements of the technical system, carrying out the technological function directly within the boundaries of irrigated arrays, is carried out. The highest hierarchical level involves the organization of integrated management of all structural and functional elements of the irrigation system according to a single algorithm. Variants of the systemic organization of the information and analytical module of the irrigation monitoring and control complex have been developed. Evaluation of options on the basis of a set of criteria allows one to give preference to multi-user server schemes as the most flexible in terms of the development and practical development of the latest computational algorithms of intelligent automated control.

Ключевые слова: мониторинг, управление, система, орошение, концептуальные подходы, создание.

Key words: monitoring, management, system, irrigation, conceptual approaches, creation.

Цитирование. Овчинников А.С., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Шевченко В.А., Бочарникова О.В. Концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 26-39. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-2.

Citation. Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Lytov M.N., Shevchenko V. A., Bocharnikova O.V. Conceptual approaches to the creation of monitoring systems and irrigation management. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 26-39. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-2.

Введение. В современных отечественных и зарубежных научных публикациях все чаще упоминается термин «умное» (smart) орошение. Смысл, вкладываемый в это понятие, достаточно широк; наряду со строгими алгоритмическими решениями, он включает использование новейших достижений в области интеллектуальных технологий, решение нечетких задач в условиях неопределенности, саморазвивающиеся алгоритмы и т.д. [5, 10, 17, 18, 19, 20, 21, 23]. Но любая такая «умная» технология использует определенные достижения науки, закономерности, методы, аналитические взаимосвязи, которые позволяют обоснованно подойти к выработке того или иного управляющего решения.

Разработка и практическое освоение таких технологий в области гидротехнических мелиораций является мировым трендом, активно поддержанным ведущими фирмами-производителями оросительной техники. В качестве примера можно привести системы FieldNET и GrowSmart известного производителя дождевальной техники Lindsay, системы Universal для оросительной техники Bauer, системы BaseStation и AutoPilot Linear фирмы-производителя дождевальной техники Valley и другие [14, 16, 22]. Эти продукты сегодня позиционируются в качестве брендовых направлений развития предлагаемых технологий и занимают значительную долю в стоимости коммерческих предложений.

Сегодня практическое освоение smart-технологий в области управления орошением характеризуется широким использованием возможностей мониторинга технологического процесса в режиме реального времени, включением алгоритмов самодиагностики систем, работой в режиме информационно-советующих систем с организацией мобильного места оператора. Другой принципиальной особенностью современных технико-технологических решений в области управления орошением является их жесткая обусловленность брендовыми конструкциями оросительной техники [2, 12, 15]. Видится перспективность реализации современных систем управления орошением в качестве самостоятельного продукта, адаптирующегося к различным конструктивным решениям в области гидротехнических мелиораций. Концентрация ресурсов на создание подобного продукта позволит совершить качественный скачок в области системного управления гидротехническими мелиорациями, в том числе с расширенными возможностями автоматического управления на основе новейших средств аналитики и интеллектуальных технологий.

Цель исследований – определить концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением, с преимущественно автоматической реализацией функции управления, в том числе на основе интеллектуальных алгоритмов и динамично развивающихся технологий «больших данных».

Материалы и методы. Методологической основой исследований является теория стадийного развития техники и технологий в адаптированной для решения актуальных задач мелиорации форме. Сформулированные во второй половине XX века законы стадийного развития техники получили фундаментальное обоснование и в значительной мере определяют вектор инженерного творчества в настоящем. Согласно [7], современные технические системы реализуют четыре фундаментальные функции, которые сводятся:

- к реализации технологической функции. Эта функция предполагает реализацию фундаментальной функции технического объекта, реализуемой для достижения той цели, ради которой этот объект создавался. Эта функция характеризует начальную стадию эволюции технической системы, а потребность реализации этой функции является главной причиной ее создания;

- к реализации энергетической функции. Данная функция предполагает обеспечение технологической функции энергетическими ресурсами не за счет человека, а средствами самой технической системы или связанных технических систем;

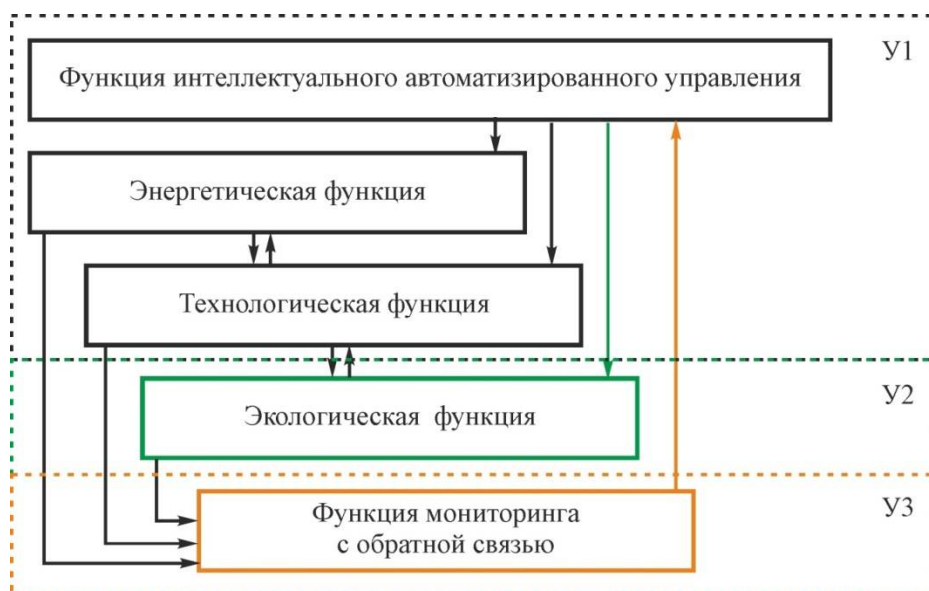
- к реализации функции управления. В данном случае подразумевается возможности самоуправления, когда функция реализуется самой технической системой в автоматическом режиме;

- к реализации функции планирования.

Последняя функция видится расширением третьей функции – функции управления, в плане достижения нового уровня ее реализации с элементами технологии интеллектуального или даже «осознанного» управления. Действительно, рассматривая функциональную структуру технических систем вне теории стадийного развития, мы видим универсальность первых трех функций, которые присущи технической системе на любой стадии развития. Функции в этом случае рассматриваются чуть шире, например, энергетическая функция определяется вектором потребления (выработки) энергии. Функцию управления в этом ключе можно рассматривать как функцию организации и регулирования параметров технологического процесса, без которых этот процесс просто не реализуется, а стало быть, техническая система не функционирует. В этом плане технологическую, энергетическую функции и функцию управления следует рассматривать как фундаментальные функции, без которых технической системы просто не существует. А стадийность развития определяется уровнем реализации этих функций.

Согласно [13], обобщенная функциональная структура оросительных систем нового поколения включает технологическую, энергетическую, экологическую функции и функцию интеллектуального автоматизированного управления. На рисунке 1 предложен модифицированный вариант укрупненной функциональной модели оросительных систем нового поколения.

В соответствии с изложенными выше положениями технологическая и энергетическая функции, а также функция управления здесь представлены на фундаментальном уровне, тогда как экологическая функция отнесена к специальным. Специальные функции, в отличие от фундаментальных, не обладают свойством универсальности и не присущи всем без исключения техническим системам, однако они важны для данной конкретной технической системы. Приоритет экологической функции для оросительных технических систем определяется самой концепцией гидротехнических мелиораций, подразумевающих коренное преобразование среды. В значительной мере области технологической и экологической функций пересекаются, однако есть и объективные факторы, не принадлежащие им обоим одновременно.



Условные обозначения:

U1 - первый уровень, - фундаментальные функции

U2 - второй уровень, - специальные функции

U3 - третий уровень, - связанные функции

Рисунок 1 – Укрупненная функциональная модель оросительных систем нового поколения

Функция управления по определению оказывает регулирующее воздействие на все рассматриваемые выше функции оросительных систем, включая технологическую, энергетическую и экологическую. Это фундаментальная функция, отвечающая за организацию технологического процесса и управление им, управление энергоресурсами, реализующая совокупность управляющих действий для оптимизации взаимодействия системы с окружающей средой. При этом выработка управляющих решений осуществляется посредством системы обратной связи, реализующей мониторинг состояния технической системы и связанных с ней внешних объектов, с возможностью получения и использования данных различных иерархических уровней. Функция мониторинга на ри-

сунке 1 представлена как связанная функция, необходимая для реализации интеллектуального автоматизированного управления. Отметим, что не каждое автоматическое управление подразумевает функцию мониторинга, однако именно оросительные системы нового поколения должны обеспечить выработку оптимизированных решений на основе многофакторной аналитики с использованием мониторинговых данных в режиме реального времени.

Исследования проводятся на концептуальном уровне, включают разработку концептуальной структуры функционально-технического комплекса мониторинга и управления орошением в составе оросительных систем нового поколения, системную оценку потенциальных управляющих воздействий, вырабатываемых на основе анализа мониторинговых данных в режиме реального времени, исследование вариантов организации информационно-вычислительного комплекса как основы технологии интеллектуального автоматизированного управления.

Материалы исследований включают современные практики эксплуатации гидро-мелиоративных систем применительно к техническим реализациям различных поколений, перспективные, в том числе концептуальные решения для реализации технологии мониторинга совокупности процессов и состояний компонентов техно-природной среды, включая природные и инженерные объекты мелиоративной системы, варианты технико-технологической реализации функции управления на основе анализа мониторинговых данных в режиме реального времени [3, 9, 11, 13], методики системного анализа и синтеза технических решений [1, 4, 6, 7].

Результаты и обсуждение. Современное понятие «система мелиоративная» определяется как «совокупность... мелиорируемых природных и техногенных объектов и мелиорирующих элементов» [8]. Это сложная геотехноприродная система, где «коренное улучшение» (мелиорация) обеспечивается за счет дополнительно искусственно организованных каналов поставок мелиорирующих элементов, которые вовлекаются и расширяют естественные природные круговороты. Понятие «орошение» имеет множество определений, характеризующих его как «процесс увлажнения... природной среды», в частности «осуществляемое подачей воды, водных растворов и аэрозолей». Средством орошения, как правило, выступает техническая система. Исходя из этого управление орошением как технологический процесс подразумевает, в первую очередь, управление технической системой, хотя критериями эффективности самого технологического процесса могут выступать и показатели состояния мелиорируемых компонентов природной среды. Основным концептуальным положением, являющимся следствием данного вывода, является то, что управление реализуется в отношении технической системы, тогда как мониторинг охватывает более широкие сферы, включая контроль состояния и природных мелиорируемых объектов, и культурной составляющей агро-фитоценозов. Концептуально-конструктивная структура системы управления орошением включает (рисунок 2):

– объекты управления. Как мы уже отмечали выше, это техническая система или элемент технической системы, непосредственно используемый для реализации технологического процесса. Непосредственным элементом такой системы является оросительная техника, однако к объектам управления и все те элементы технической системы, которые оказывают непосредственное влияние на параметры полива или же обеспечивают реализацию технологического процесса в целом;

– предмет управления. Предметом управления является технологический процесс орошения. Технологический процесс орошения как предмет управления рассматривается в самом широком ключе, учитывая такие частности, как включение или от-

ключение, периодичность поливов, которые, в свою очередь, определяются особенностями формирования водного режима почвы, гидротермического режима агрофитотенноза и т.д.;

– средства управления. К средствам управления относятся элементы технической системы, непосредственно реализующие управляющие воздействия. Эти элементы закладываются в конструкции технической системы как регуляторы технологического процесса;

– информационно-аналитический модуль управления орошением. Это специализированный модуль, отвечающий за анализ информационных потоков и выработку оптимальных управляющих действий. Также он может непосредственно транслировать управляющие алгоритмы в автоматическом режиме либо предоставлять исчерпывающие сведения оператору в качестве системы поддержки принятия решений. Информационно-аналитический модуль рассматривается как совокупность методологических, алгоритмических, аналитических, программных решений, реализуемых на базе быстродействующих электронных вычислительных комплексов;

– вычислительный модуль. Представляет собой материальную основу для реализации алгоритмов информационно-аналитического модуля, включает совокупность электронных компонентов, процессоров, обеспечивающих реализацию вычислительного процесса;

– подсистема обратной связи. Представлена совокупностью технико-технологических решений, реализующих в составе технической системы возможность измерения, преобразования, организации информационных комплексов и трансляции данных, характеризующих состояние объекта управления и технологически связанных с ним объектов и являющихся исходным материалом для анализа ситуации и выработки управляющих решений.

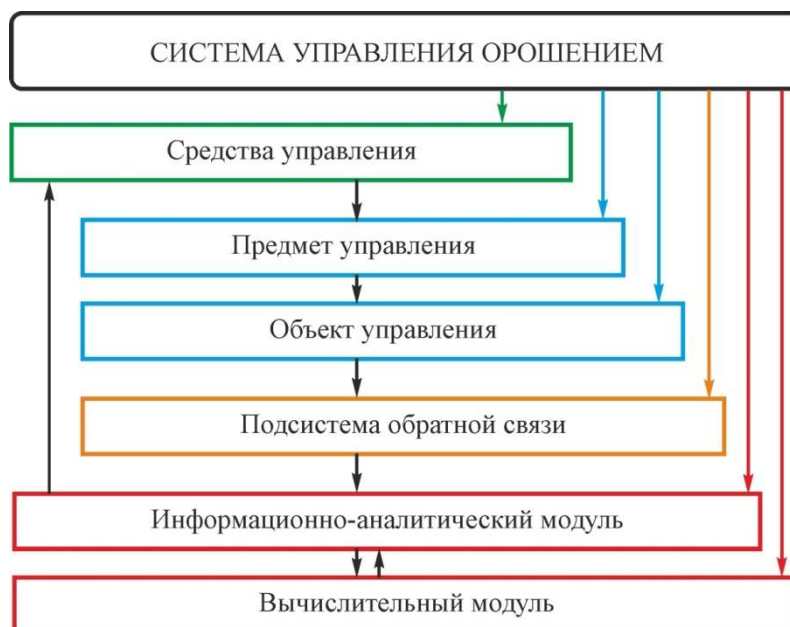


Рисунок 2 – Концептуально-конструктивная структура системы управления орошением

В описании предложенной модели системы управления орошением неоднократно упоминались понятия «техническая система» и «элементы технической системы». Следует четко представлять себе масштабы и структуру этой технической системы, а

также «географию» управляющих воздействий, вырабатываемых на основе мониторинговых данных. На рисунке 3 представлена функционально ориентированная схема управляющих воздействий, реализация которых потенциально возможна на основе мониторинга показателей состояния агроценоза и работы оросительной техники в режиме реального времени. В качестве основы для анализа структуры управляющей функции принята функционально-технологическая модель современной оросительной системы. Исследования показали, что управляющие решения, вырабатываемые на основе мониторинга показателей состояния агроценоза и работы оросительной техники в режиме реального времени, касаются всех, без исключения, конструктивно-функциональных модулей оросительной системы.

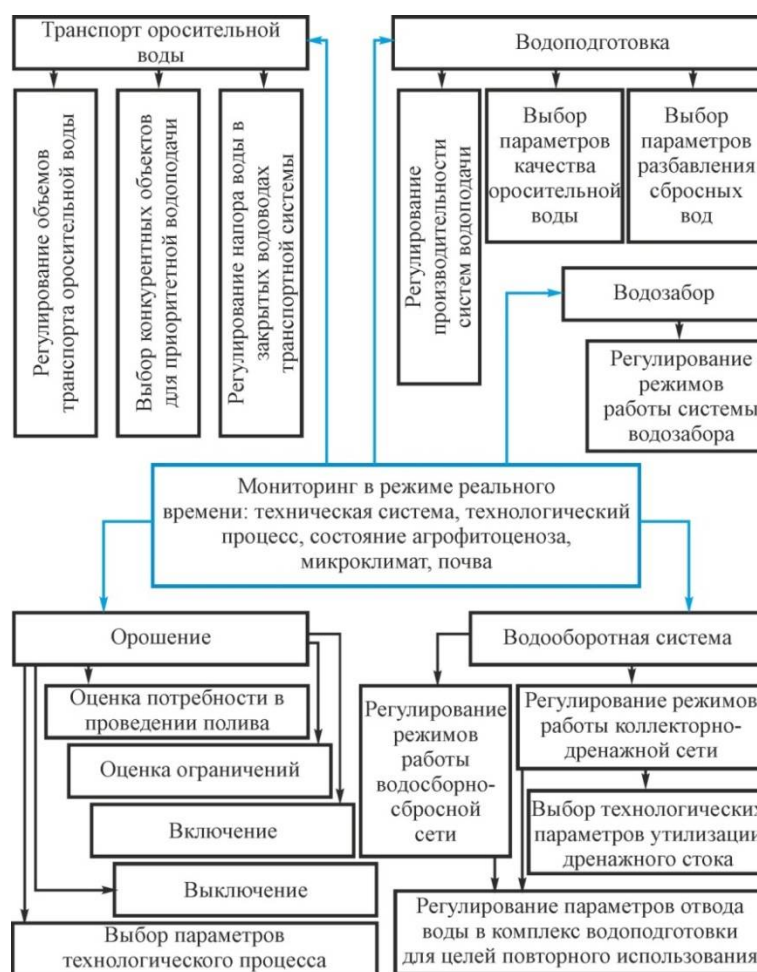
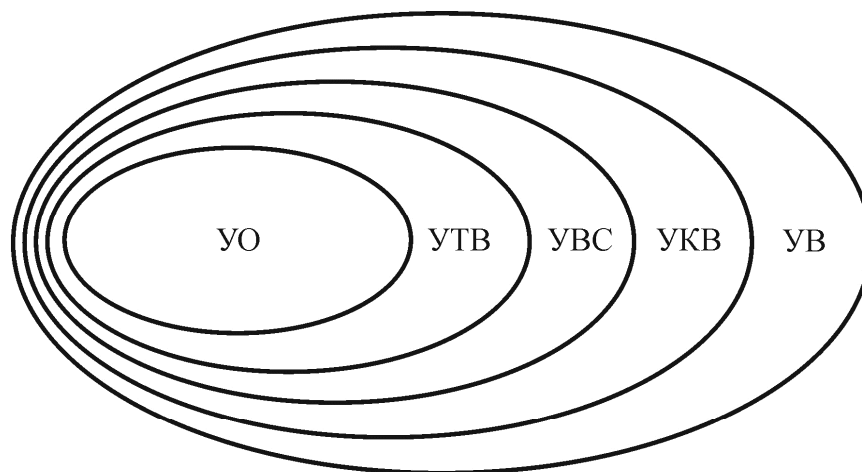


Рисунок 3 – Структурно-функциональная схема управляющих воздействий на основе мониторинга состояния агрофитоценоза и работы оросительной техники в режиме реального времени

Системная организация управляющей функции целесообразна на основе иерархической модели, каждый из новых вовлекаемых уровней которой повышает обоснованность, а в ряде случаев обеспечивает реализуемость управляющих действий на низших уровнях (рисунок 4).

Первый иерархический уровень системы предполагает реализацию управляющей функции в отношении собственно технологического процесса орошения. При этом на основе мониторинговых данных, поставляемых системой в режиме реального вре-

мени, проводится оценка потребности в проведении полива в кратко- и среднесрочной перспективе, качественно и количественно оцениваются ограничения на полив, вырабатываются и реализуются управляющие действия включения или выключения оросительной техники, осуществляется выбор параметров и режимов выполнения технологического процесса.



Условные обозначения:

УО - управление орошением; УТВ - + управление транспортной функцией;

УВС - + управление водооборотной системой, УКВ - +управление комплексом водоподготовки, УВ - + управление водозабором

Рисунок 4 – Иерархическая модель системной организации функции мониторинга и управления орошением

На втором иерархическом уровне в систему вовлекается функция управления транспортом воды. Реализация данной функции предполагает решение оптимизационных задач по водораспределению и выбору конкурентных объектов для водоподдачи, оптимизацию и регулирование напоров воды в трубопроводах закрытой водоподводящей сети, регулирования объема транспорта воды (в технологических пределах технической системы). Решение указанных задач повышает эффективность использования воды на орошение, позволяет согласовать выбор таких управляющих действий, как включение полива или изменение параметров технологического процесса с техническими возможностями системы на более высоком уровне.

Следующий иерархический уровень предполагает включение в общую систему управления водооборотной функции. На этом уровне при использовании данных мониторинга по комплексу показателей состояния орошаемых земель, агрофитоценозов, режимов работы оросительной техники осуществляется выработка оптимальных управляющих решений в плане регулирования режимов работы водосборно-сбросной и коллекторно-дренажной сети, проводится оценка возможности повторного использования сбросных вод с выработкой управляющего решения о подаче этих объемов в комплекс водоподготовки, осуществляется выбор технологических параметров утилизации дренажного стока. Реализация управляющей функции в этом сегменте оросительной системы позволяет оптимизировать мелиоративные режимы, предотвращает развитие негативных экологических процессов, повышает эффективность использования водных ресурсов.

Следующие два уровня иерархической системы управления предполагают последовательный охват функций водоподготовки и водозабора. Функция управления на уровне водоподготовки предполагает регулирование производительности систем во-

доподготовки, обоснование и выбор параметров качества оросительной воды, в том числе за счет подключения ступеней комплекса водоподготовки с реализацией различных технологий регулирования качества воды, обоснование и выбор параметров разбавления сбросных вод при повторном их использовании. На уровне водозабора данные мониторинга орошения позволяют обоснованно подойти к выбору режимов работы системы подачи воды.

Таким образом, современные технологии управления орошением на основе комплексно организованного мониторинга, реализуемого в режиме реального времени, предполагают выработку и осуществление целой системы взаимно связанных управляющих решений, касающихся территориально разнесенных (зачастую в значительной мере) функционально различающихся модулей оросительной системы. Такой подход обеспечивается современным уровнем развития техники с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и сети «интернет». Современные информационные технологии предлагают несколько способов организации системы управления, которые могут быть использованы для целей управления орошением (рисунок 5). Все функционально-организационные схемы можно разделить на серверные и без серверные, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Организационная схема управления орошением без сервера предполагает разветвляемость информационно-аналитического модуля исключительно на мощностях автоматизированного рабочего места оператора управления. При этом автоматизированное рабочее место должно быть реализовано либо в формате стационарного пункта управления, либо следует предполагать дефицит вычислительного ресурса мобильной вычислительной аппаратуры относительно решаемых задач управления. Первое резко снижает конкурентоспособность разрабатываемой системы, второе является объективным, хотя и временным, фактором в свете бурно развивающихся сегодня мобильных технологий.

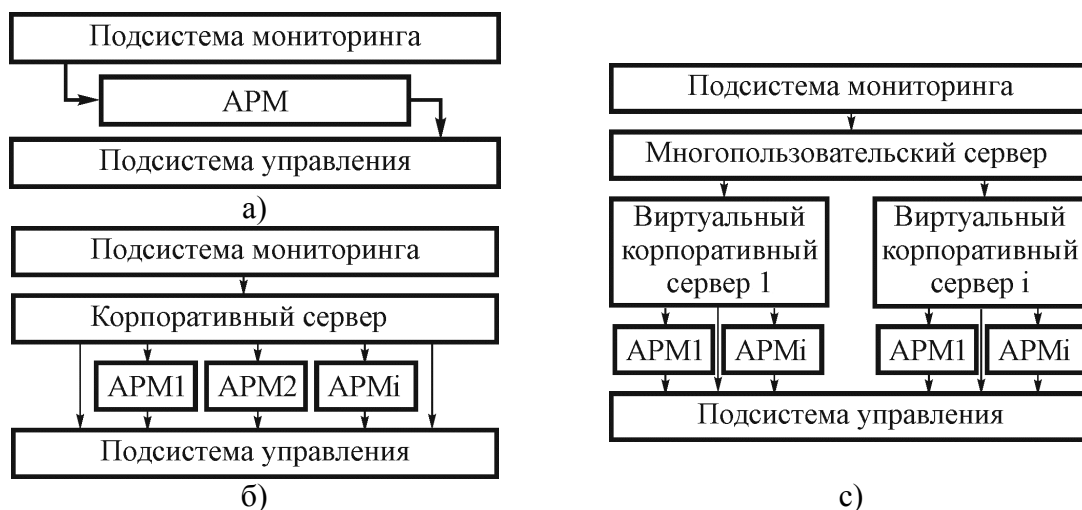


Рисунок 5 – Функционально-организационные схемы мониторинга и управления орошением: а) схема управления орошением без сервера, б) схема управления орошением на основе корпоративного сервера, в) схема управления орошением на основе многопользовательского сервера

Следствием дефицита вычислительной мощности является вынужденное упрощение алгоритмов обработки данных, сужение поля используемой мониторинговой информации и, в итоге, снижение уровня доверия к вырабатываемым управляющим решениям.

Еще одним путем решения проблемы дефицита вычислительной мощности является сокращение каналов управляющих воздействий, в том числе за счет снижения числа обслуживаемых объектов. Другими словами, такого рода системы управления предпочтительно использовать для обслуживания небольших территорий с относительно несложными техническими реализациями гидромелиоративных систем. Также ограничивается возможность системного управления работой всех конструктивно-функциональных элементов гидромелиоративных систем. Другими недостатками схемы организации системы управления орошением без сервера является ограничение возможности модульного развития системы мониторинга и ограничение возможности использования интеллектуальных технологий. Безусловными преимуществами рассматриваемого подхода являются скорость реагирования и обмена информацией и достаточно простая и надежная архитектура обмена данными. Эти показатели имеют ключевое значение для практической реализации систем, работающих в режиме реального времени.

Серверные системы управления орошением подразумевают возможность реализации продукта в рамках корпорации (на основе корпоративного сервера) и на основе многопользовательского сервера. Системы управления на основе сервера, пусть даже и в корпоративном сегменте, как правило, не имеют дефицита вычислительных ресурсов. Это позволяет использовать многофакторные алгоритмы анализа данных и реализовать возможность системного управления работой конструктивно-функциональных элементов оросительной системы, находящихся в ведении корпорации. Важно учитывать, что функциональные модули оросительной системы, расположенные вне сферы обслуживания корпорации, остаются неохваченными корпоративной системой управления, а следовательно, о возможности полностью машинного, автоматического управления речь не идет. Корпоративная система может быть организована как с использованием, так и без использования средств удаленной связи, имеет относительно быструю и надежную технологию обмена данными. Еще одним преимуществом корпоративной системы является возможность организации нескольких автоматизированных рабочих мест с персонифицированными сферами обслуживания. К существенным недостаткам такой схемы организации системы мониторинга и управления орошением следует отнести ограничения по возможности развития применяемых вычислительных алгоритмов, включая интеллектуальные технологии анализа данных.

Многопользовательская серверная система организуется по типу брендового продукта и имеет неограниченные возможности создания автоматизированных рабочих мест, их объединения в корпоративные сети и т.д. К недостаткам многопользовательского подхода следует отнести сложную многоуровневую архитектуру обмена и анализа данных, снижающую быстродействие системы, необходимость подключения к сети «интернет», что требует размещения функциональных модулей в зоне покрытия сети или организации дополнительных каналов передачи данных, работающих в последовательном режиме передачи данных. Еще одним, неявным минусом систем управления орошением на базе многопользовательского сервера может стать реализация принципа морального старения оборудования как маркетингового хода поставщика услуг. Неоспоримыми достоинствами системы управления орошением на основе многопользовательского сервера является возможность системного управления работой всех без исключения конструктивно-функциональных модулей оросительной системы, практически нет ограничений модульного развития системы мониторинга и управления орошением, реализуются гибкие механизмы развития алгоритмов анализа данных, неограниченные ресурсы развития интеллектуальных технологий, в том числе за счет использования «больших данных».

Заключение. Концептуальная структура современных систем управления орошением включает объекты и предмет управления, средства управления, информационно-аналитический модуль, вычислительный модуль и подсистему обратной связи, реализуемой в формате мониторинга совокупности разноплановых параметров и показателей технологического процесса в режиме реального времени. Система управления в значительной мере поглощает функциональное поле системы мониторинга, которая, в свою очередь, определяет возможности реализации управляющих функций в автоматическом режиме, в том числе с использованием интеллектуальных алгоритмов. «География» управляющих действий, вырабатываемых на основе мониторинга показателей состояния агроценоза и работы оросительной техники в режиме реального времени, затрагивает все, без исключения, конструктивно-функциональные модули оросительной системы. При этом системная организация управляющей функции целесообразна на основе иерархической модели, каждый из новых вовлекаемых уровней которой повышает обоснованность, а в ряде случаев обеспечивает реализуемость управляющих действий на низших уровнях. Такой подход, реализующий функции мониторинга и управления территориально удаленных объектов, обеспечивается современным уровнем развития техники с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и сети «интернет». Рассмотренные варианты системной реализации информационно-аналитического модуля позволяют отдать предпочтение многопользовательским серверным схемам как наиболее гибким в плане развития и практического освоения новейших вычислительных алгоритмов автоматизированного управления.

Библиографический список

1. Абраменко, Г.В. Практические рекомендации по применению системного анализа к проектированию сложных систем [Текст]/ Г.В. Абраменко, К.В. Власов, М.А. Краснощеков. – М.: Оргсервис-2000, 2015. – 300 с.
2. Бородычев, В.В. Мониторинг и управление орошением в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Е.Э. Головинов. – М.: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2017. – 154 с.
3. Жуков, Б.М. Исследование систем управления [Текст]/ Б.М. Жуков, Е.М. Ткачева. – М.: Дашков и К°, 2014. – 208 с.
4. Мелиорация земель [Текст]/ А.И. Голованов, И.П. Айдаров, М.С. Григоров, В.Н. Краснощеков и др. – М.: Колос, 2011. – 825 с.
5. Михайленко, И.М. Оптимальное управление орошением посевов сельскохозяйственных культур [Текст]/ И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 6. – С. 34-38.
6. Основы технического творчества и научных исследований [Текст]/ Ю.В. Пахомова, Н.В. Орлова, А.Ю. Орлов, А.Н. Пахомов. – Тамбов: ТГТУ, 2015. – 80 с.
7. Оросительные системы России: от поколения к поколению [Текст]: монография. В. 2 ч. / В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, С.М. Васильев, А.А. Чураев. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.
8. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества [Текст]/ А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
9. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора [Текст] : терминологический словарь / А.В. Колганов, В.Н. Шкура, В.Н. Щедрин. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Ч. 1. – 422 с.
10. Талызов, А.А. Моделирование регулирования стока водопроводящей сети гидромелиоративных систем на основе компьютерных технологий [Текст]/ А.А. Талызов, А.О. Щербачков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2 (70). – С. 208-212.
11. Тащилина, А.В. Идентификация модели процесса планирования режимов капельного полива для управления автоматизированными системами капельного орошения [Текст]/ А.В. Тащилина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 1 (17). – С. 41-60.

12. Шевченко, В.А. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель [Текст]/ В.А. Шевченко, С.Д. Исаева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 72-78.
13. Шепелев, А.Е. Требования к приборному оборудованию многоопорных широкозахватных дождевальных машин [Текст]/ А.Е. Шепелев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2 (66). – С. 190-194.
14. Bauer [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://www.bauer-at.com/ru/products/irrigation> (Дата обращения 22.02.2019).
15. Kozyrskij, V. Automatic watering system with regulation of water flow and sprinkler speed of movement [Tekst]/ V. Kozyrskij, V. Mikhalskij, O. Skrygin // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2011. – Vol. 11. – № 3. – P. 103-113.
16. Lindsay Corporation [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://www.lindsayrussia.com/> (Дата обращения 25.02.2019).
17. Maina, M.M. Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review [Tekst]/ M.M. Maina, M.S.M. Amin, M.A. Yazid // Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil and Plant Science. – 2014. – Vol. 64. – № 4. – P. 283-293.
18. Mohammad, F.S. Adoption of an intelligent irrigation scheduling technique and its effect on water use efficiency for tomato crops in arid regions [Tekst]/ F.S. Mohammad, H.M. Al-Ghobari, M.S.A. ElMarazky // Australian Journal of Crop Science. – 2013. – Vol. 7. – № 3. – P. 305-313.
19. Nana, E. A model for crop yield and water footprint assessment: study of maize in the po Valley [Tekst]/ E. Nana, C. Corbari, D. Bocchiola // Agricultural Systems. – 2014. – Vol. 127. – P. 139-149.
20. Optimum control model of soil water regime under irrigation [Tekst]/ A.S. Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, O.V. Bocharnicova, E.S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. – №24 (5). – P. 909-913.
- 21 Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy [Tekst] / D. Masseroni, C. Gandolfi, A. Facchi, J. Uddin, R. Tyrrell, I. Mareels // Journal of Agricultural Engineering. – 2017. – Vol. 48. – № 1. – P. 42-48.
22. Valley Irrigation [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://www2.valleyirrigation.com/valley-irrigation/ru> (Дата обращения 20.02.2019).
23. Wang Prof., S. Modeling soil water movement and irrigation management strategies in jujube (ziziphus jujuba) orchard using HYDRUS-1D [Tekst] / S. Wang Prof., H. Ma Prof. // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 2014. – Vol. 84. – № 3. – P. 337-342.

References

1. Abramenko, G. V. Prakticheskie rekomendacii po primeneniyu sistemnogo analiza k proektirovaniyu slozhnyh sistem [Tekst]/ G. V. Abramenko, K. V. Vlasov, M. A. Krasnoschekov. - M.: Orgservis-2000, 2015. - 300 p.
2. Borodychev, V. V. Monitoring i upravlenie orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Je. Golovinov. - M.: Redakciya zhurnala "Mehanizaciya i jelektrifikaciya sel'skogo hozyajstva", 2017. - 154 p.
3. Zhukov, B. M. Issledovanie sistem upravleniya [Tekst]/ B. M. Zhukov, E. M. Tkacheva. - M.: Dashkov i K°, 2014. - 208 p.
4. Melioraciya zemel' [Tekst]/ A. I. Golovanov, I. P. Ajdarov, M. S. Grigorov, V. N. Krasnoschekov i dr. - M.: Kolos, 2011. - 825 p.
5. Mihajlenko, I. M. Optimal'noe upravlenie orosheniem posevov sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/ I. M. Mihajlenko, V. N. Timoshin // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2016. - № 6. - P. 34-38.
6. Osnovy tehničeskogo tvorčestva i nauchnyh issledovanij [Tekst]/ Yu. V. Pahomova, N. V. Orlova, A. Yu. Orlov, A. N. Pahomov. - Tambov: TGTU, 2015. - 80 p.
7. Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu [Tekst]: monografiya. V. 2 ch. / V. N. Schedrin, A. V. Kolganov, S. M. Vasil'ev, A. A. Churaev. - Novocherkassk: Gelikon, 2013. - 590 p.
8. Polovinkin, A. I. Osnovy inženernogo tvorčestva [Tekst]/ A. I. Polovinkin. - M.: Mashinostroenie, 1988. - 368 p.

9. Slovar'-spravochnik gidrotehnika-melioratora [Tekst] : terminologicheskij slovar' / A. V. Kolganov, V. N. Shkura, V. N. Schedrin. - Novocherkassk: RosNIIPM, 2014. - Ch. 1. - 422 p.
10. Talyzov, A. A. Modelirovanie regulirovaniya stoka vodoprovodyaschej seti gidromeliorativnyh sistem na osnove komp'yuternyh tehnologij [Tekst]/ A. A. Talyzov, A. O. Scherbakov // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2018. - № 2 (70). - P. 208-212.
11. Taschilina, A. V. Identifikaciya modeli processa planirovaniya rezhimov kapel'nogo poliva dlya upravleniya avtomatizirovannymi sistemami kapel'nogo orosheniya [Tekst]/ A. V. Taschilina // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2015. - № 1 (17). - P. 41-60.
12. Shevchenko, V. A. Sovershenstvovanie monitoringa meliorirovannyh sel'skohozyajstvennyh zemel' [Tekst]/ V. A. Shevchenko, S. D. Isaeva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 2 (50). - P. 72-78.
13. Shepelev, A. E. Trebovaniya k pribornomu oborudovaniyu mnogoopornyh shirokozahvatnyh dozhdaval'nyh mashin [Tekst]/ A. E. Shepelev // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2017. - № 2 (66). - P. 190-194.
14. Bauer [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://www.bauer-at.com/ru/products/irrigation> (Дата обращения 22.02.2019).
15. Kozyrskij, V. Automatic watering system with regulation of water flow and sprinkler speed of movement [Tekst]/ V. Kozyrskij, V. Mikhalskij, O. Skrygin // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2011. – Vol. 11. – № 3. – P. 103-113.
16. Lindsay Corporation [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://www.lindsayrussia.com/> (Дата обращения 25.02.2019).
17. Maina, M.M. Web geographic information system decision support system for irrigation water management: a review [Tekst]/ M.M. Maina, M.S.M. Amin, M.A. Yazid // Acta Agriculturae Scandinavica. Section B: Soil and Plant Science. – 2014. – Vol. 64. – № 4. – P. 283-293.
18. Mohammad, F.S. Adoption of an intelligent irrigation scheduling technique and its effect on water use efficiency for tomato crops in arid regions [Tekst]/ F.S. Mohammad, H.M. Al-Ghobari, M.S.A. ElMarazky // Australian Journal of Crop Science. – 2013. - Vol. 7. – № 3. - P. 305-313.
19. Nana, E. A model for crop yield and water footprint assessment: study of maize in the po Valley [Tekst]/ E. Nana, C. Corbari, D. Bocchiola // Agricultural Systems. - 2014. - Vol. 127. - P. 139-149.
20. Optimum control model of soil water regime under irrigation [Tekst]/ A.S. Ovchinnikov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, O.V. Bocharnicova, E.S. Vorontsova // Bulgarian journal of agricultural Science. – №24 (5). – P. 909-913.
21. Towards a smart automated surface irrigation management in rice-growing areas in Italy [Tekst] / D. Masseroni, C. Gandolfi, A. Facchi, J. Uddin, R. Tyrrell, I. Mareels // Journal of Agricultural Engineering. – 2017. - Vol. 48. - № 1. - P. 42-48.
22. Valley Irrigation [Jelektronnyj resurs]. – URL: <http://www2.valleyirrigation.com/valley-irrigation/ru> (Дата обращения 20.02.2019).
23. Wang Prof., S. Modeling soil water movement and irrigation management strategies in jujube (ziziphus jujuba) orchard using HYDRUS-1D [Tekst] / S. Wang Prof., H. Ma Prof. // Indian Journal of Agricultural Sciences. - 2014. - Vol. 84. - № 3. – P. 337-342.

Информация об авторах

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

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

Бородычев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>. E-mail: Lytov@yandex.ru

Шевченко Виктор Александрович, директор Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44 корпус 2), доктор с-х наук, профессор. E-mail: mail@vniigim.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр. , 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.67: 633.853.52

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-3

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

PROBLEMS OF OPTIMAL WATER SUPPLY OF SOY IN TERMS OF IRRIGATION

В.В. Бородычев, академик РАН

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

V.V. Borodychev, M.N. Lytov

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова*

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov»

Дата поступления в редакцию 03.04.2019

Дата принятия к печати 29.05.2019

Received 03.04.2019

Submitted 29.05.2019

Исследования посвящены оценке современных проблем оптимального водобеспечения сои, связанных с формированием неоднородностей увлажнения по площади, глубине и в динамике при орошении способом дождевания. Цель исследований сводилась к изучению особенностей распределения влаги в почве при орошении сои и оценки рисков формирования локальных дефицитов почвенной влаги с учетом динамической составляющей формирования водного режима. Методологической основой исследований являются результаты предметно ориентированных полевых экспериментов. Экспериментальные исследования включали изучение пространственного варьирования влажности почвы относительно микрорельефа опытного участка, послойного распределения почвенной влаги после полива и в динамике с учетом ненормированного поступления влаги атмосферных осадков. Полученные данные подтвердили существенное влияние микрорельефа на равномерность распределения влаги по площади орошаемого участка, которое качественно проявляется в недоувлажении расчетного слоя почвы в верхней трети склона микрорельефа и формировании глубинного сброса в локальных понижениях. На хорошо спланированных, выровненных участках такого перераспределения не наблюдается. Интенсивное водопотребление сои и отбор влаги корнями в процессе вертикального перераспределения влаги после полива де-факто сокращает глубину увлажняемого слоя почвы относительно расчетных значений. Отсутствие обоснованной стратегии орошения сои при поступлении атмосферных осадков в объеме, существенно меньшем реального дефицита влаги в расчетном слое почвы, связано с риском значительного дифференцирования влажности почвы по глубине этого слоя. Безусловно, указанные особенности формирования водного режима почвы оказывают существенное влияние на условия водобеспечения сои при орошении способом дождевания.

Studies are devoted to the assessment of modern problems of optimal water supply of soybeans associated with the formation of heterogeneity of moisture in the area, in depth and in the dynamics during irrigation by sprinkling. The purpose of the research was to study the characteristics of the distribution of moisture in the soil during the irrigation of soybeans and assess the risks of the formation of local soil moisture deficiencies, taking into account the dynamic component of the formation of the water regime. The methodological basis of the research is the results of subject-oriented field experiments. Experimental studies included the study of the spatial variation of soil moisture relative to the underfeature of the experimental plot, the layer-by-layer distribution of soil moisture after irrigation, and over time, taking into account the non-normalized input of precipitation. The obtained data confirmed the significant effect of the underfeature on the uniformity of moisture distribution over the area of the irrigated area, which qualitatively manifests itself in under-wetting of the calculated soil layer in the upper third of the underfeature slope and the formation of a deep discharge in local depressions. On a well-planned, leveled areas such redistribution is not observed. Intensive water consumption of soybeans and the removal of moisture by the roots in the process of vertical redistribution of moisture after watering de facto reduces the depth of the soil to be moistened relative to the calculated values. The lack of a reasonable strategy for irrigating soybeans when precipitation is received in a volume substantially less than the real moisture deficit in the calculated soil layer is associated with the risk of significant differentiation of soil moisture by the depth of this layer. Of course, these features of the formation of the water regime of the soil have a significant impact on the conditions of water supply for soybean when irrigated by sprinkling.

Ключевые слова: орошение, распределение почвенной влаги, равномерность, оптимальное водообеспечение, соя.

Keywords: irrigation, soil moisture distribution, uniformity, optimal water supply, soybean.

Цитирование. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 39-49. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-3.

Citation. Borodychev V.V., Lytov M.N. Problems of optimal water supply of soy in terms of irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 39-49. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-3.

Введение. Одним из наиболее заметных современных трендов развития мелиоративной науки в России и мире являются технологии прецизионного орошения. Уходя корнями в общую концепцию точного земледелия, данная технология подразумевает координатную привязку технологического процесса. Принципиальным отличием концепции точного земледелия является позиционирование сельскохозяйственного поля как территориально неоднородного объекта [5]. Прецизионное орошение в этом смысле подразумевает неоднородность по уровню увлажненности орошаемого участка [1, 7]. Возможность сегментарного дифференцирования параметров орошения, реализуемая в режиме реального времени, безусловно, позволяет решить эту проблему на уровне технической системы [1]. Однако следует обращать внимание и на причины пространственно неоднородного распределения влаги по орошаемому участку. Следует помнить о существовании вполне определенных принципов и правил проектирования аграрного производства, одной из ключевых задач которых является формирование однородных по совокупности показателей сельскохозяйственных участков. В мелиорации, которая подразумевает «коренное преобразование...», на решение задачи обеспечения однородности орошаемых участков направлено еще больше ресурсов. Должно быть четкое понимание того, что правила проектирования и эксплуатации мелиорированных участков не нарушены, а пространственная неоднородность увлажнения почвы определяется не связанными с этим факторами, не может быть устранена альтернативными, технологически проработанными и экономически обоснованными методами.

И еще один момент. В отечественной литературе прецизионное орошение позиционируется как инструмент работы с координатной неоднородностью (плоская модель) влажности почвы [3, 7, 4]. В зарубежных публикациях проблема рассматривается более широко, помимо координатной неоднородности увлажнения, учитывается проблема вертикального распределения влаги, проблема своевременной водоподачи для формирования оптимального водного режима; прецизионное орошение подразумевает точное решение задачи в пространстве, объеме и динамике [9, 11, 10, 13]. Настоящее исследование посвящено оценке ключевых проблемных ситуаций в решении задачи оптимального водообеспечения сои при орошении, связанных с формированием неоднородностей увлажнения по площади, глубине и в динамике. Цель исследований – изучить особенности, технологическую реализуемость и оценить проблемы равномерного распределения влаги в почве при орошении сои с учетом динамической составляющей формирования водного режима.

Материалы и методы. Современные гидромелиоративные технологии сводят задачу оптимального водообеспечения сои к необходимости регулирования благоприятного водно-воздушного режима почвы. Основная работа в этом направлении предусматривала установление оптимальных диапазонов влажности научно-обоснованного (активного) слоя почвы с учетом биологических особенностей орошаемых культур, способа орошения, водных и физических свойств почвы и т.д. [2, 6, 8, 12]. Учет неоднородности увлажнения почвы требует проведения пространственных исследований, а для выявления причин их формирования исследования должны быть ориентированными относительно предполагаемых факторов. Одним из таких факторов является микрорельеф орошаемого участка.

Для поддержания орошаемого участка в надлежащем состоянии предусматривается ежегодное проведение эксплуатационных планировок. В современной практике использования мелиорированных земель это условие не соблюдается: эксплуатационные планировки большей части мелиорированного фонда не проводились 25-30 и более лет. За это время в границах орошаемых участков сформировался сильно расчлененный микрорельеф с непараллельными горизонталями различной кривизны и перепадом геодезических отметок в 15-20 и более сантиметров. Объем планировки по орошаемым участкам с таким микрорельефом составляет 500-700 м³/га и может достигать 2000 м³/га (Б.Б. Шумаков, 1999). Такой объем работ требует значительных капиталовложений и не обеспечивается ресурсами большинства мелких и средних сельскохозяйственных организаций. Одним из типичных примеров сложившейся в практике орошаемого земледелия ситуации является мелиорированный фонд Заволжской опытно-мелиоративной станции. Исследование было проведено с использованием данных комплексного факторного полевого эксперимента, реализованного на опытных полях этой станции в 2006-2008 гг. (опыт 1). Задачей исследования было изучение закономерностей послойного распределения почвенной влаги во взаимосвязи с типизированными неоднородностями поля по микрорельефу. Постоянные площадки для наблюдения за влажностью почвы закладывались вдоль участков с характерным для поля микрорельефом, с шагом в 1 м. Общая протяженность горизонталей, вдоль которой осуществляли контроль влажности почвы, составила 10 м, что определялось средней протяженностью опорной площадки единицы микрорельефа. Почвы опытного участка – характерные для Волгоградского Заволжья светло-каштановые с содержанием гумуса 1,3-1,5 %. Почвенный покров среднесуглинистый, плотность сложения в пахотном слое 1,20-1,23 т/м³, наименьшая влагоемкость – 26,0-26,6 % от массы сухой почвы. Поливы для поддержания предполивной влажности почвы 70 % НВ в слое 0,6 м проводили консольным агрегатом ДДА-100МА расчетной поливной нормой 600 м³/га. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики (Н.Н. Кердяшов, 2018).

Изучение послойного распределения и динамики почвенной влаги было продолжено в опыте 2 на орошаемых землях Суровикинского района Волгоградской области. Одним из ключевых отличий проведения этого исследования было использование спланированного мелиорированного участка, что в определенной мере позволяет исключить микрорельеф как фактор формирования водного режима почвы. Исследование было проведено с использованием данных факторных полевых опытов, реализованных в 2010-2012 и 2014-2016 гг. В задачи исследования входило изучение послойного распределения почвенной влаги при проведении вегетационных поливов сои способом дождевания. Полученные в этом опыте данные использованы для двух видов анализа, первый из которых предполагал изучение особенностей формирования эпюр влажности почвы на глубину 1,0 м после проведения очередного вегетационного полива. Опытные данные, используемые в этом исследовании, были сгруппированы для периодов, характеризующихся наиболее интенсивным водопотреблением сои. Охват опытных данных, использованных для второго анализа, включал всю продолжительность вегетационного периода сои. Исследование проводилось с учетом динамического фактора, в основу было положено построение хроноизоплет влажности почвы под соей в течение вегетационного периода. Поливы проводили для поддержания предполивного уровня влажности почвы 70 % НВ в слое 0,4 м от посева до начала фазы цветения и 80 % НВ в слое 0,6 м – в периоды цветения, формирования и налива бобов. Расчетная поливная норма – 390 м³/га. Почвенный покров опытного участка типичен для зоны распространения каштановых почвы Нижневолжского региона. Гранулометрический состав почвы среднесуглинистый, содержание гумуса в пахотном слое – 2,3-2,5 %, плотность сложения – 2,37-2,42 т/м³, наименьшая влагоемкость – 26,7 % от массы сухой почвы.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что сформированный в течение длительного периода эксплуатации микрорельеф орошаемых участков оказывает существенное влияние на формирование водного режима почвы (таблица 1, рисунок 1).

Приведенные в таблице 1 данные характеризуют вариативность распределения данных влажности почвы в горизонтальных плоскостях орошаемого участка, соответствующих различной глубине исследований и мощности изучаемого слоя. В пахотном слое после проведения полива расчетной поливной нормой содержание влаги в почве, как правило, соответствует наименьшей влагоемкости. При этом вариативность уровней влагосодержания в горизонтальной плоскости наименьшая: дисперсия выборки не превышает 1,1, стандартное отклонение – не более 1 % НВ, ошибка выборочной средней равна 0,3 % НВ, коэффициент вариации данных в выборке не более 1,0 %.

Таблица 1 – Результаты вариационного анализа данных послойного распределения почвенной влаги с учетом микрорельефа орошаемого участка (после полива в фазу цветения сои, поливная норма 600 м³/га, расчетный слой увлажнения почвы 0,6 м, предполивной порог 70 % НВ)

Показатель	Горизонт, м					
	0-0,3	0,4-0,6	0-0,6	0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0
Выборочное среднее, % НВ	100,2	97,0	98,6	93,1	72,4	78,7
Дисперсия выборки	1,1	13,0	4,9	15,5	53,8	61,1
Стандартное отклонение, % НВ	1,0	3,6	2,2	3,9	7,3	7,8
Ошибка выборочной средней, % НВ	0,3	1,1	0,7	1,2	2,3	2,5
Коэффициент вариации, %	1,0	3,7	2,3	4,2	10,1	9,9

Однако уже для следующего слоя (0,4-0,6 м) вариация данных влажности почвы по обследуемому участку существенно возрастала: дисперсия выборки в 13 раз, стандартное отклонение – до 3,6 % НВ, коэффициент вариации – до 3,7 %. При этом средняя влажность почвы после полива в слое 0,4-0,6 м составила 97,0 % НВ, что характеризует неполное соответствие полученных результатов установленному регламенту технологического процесса (при установленной расчетной мощности увлажняемого слоя почвы 0,6 м).

В среднем для слоя почвы мощностью 0-1,0 м вариативность влагосодержания по обследуемому участку достигала 4,2 %, для слоя 1,0-2,0 м – 10,1 %, для слоя 2,0-3,0 м – 9,9 %. Вариация содержания почвенной влаги во всех указанных горизонтах почвы согласуется со сформированным на участке микрорельефом (рисунок 1).

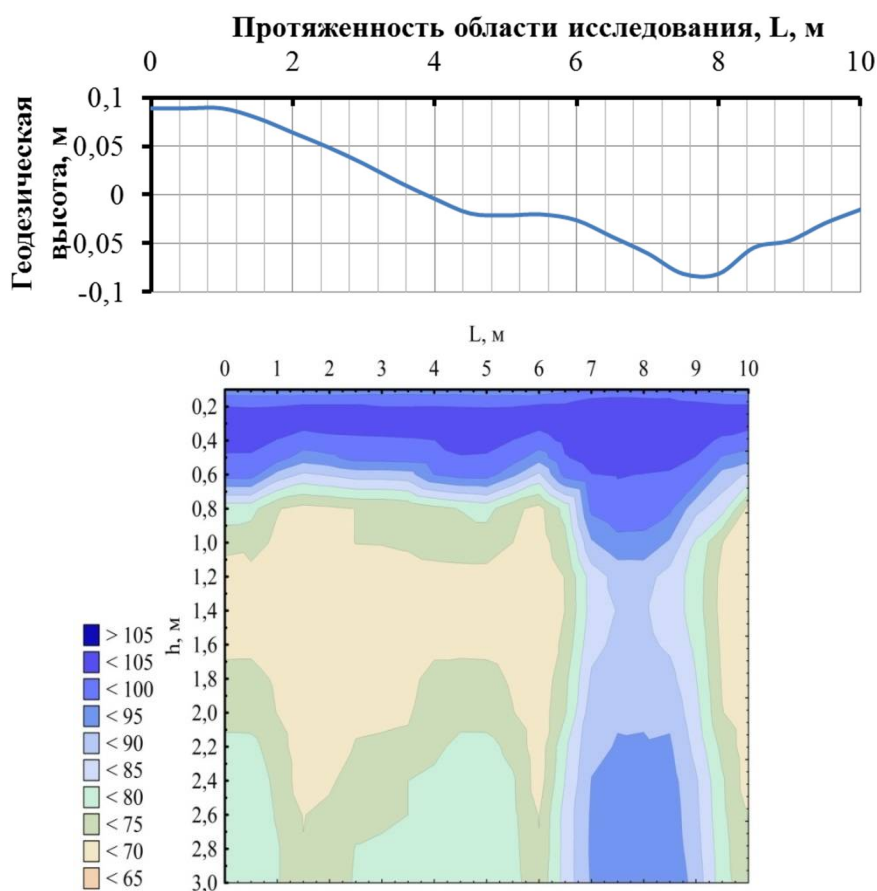


Рисунок 1 – Результаты послойного исследования содержания почвенной влаги с учетом микрорельефа орошаемого участка (после полива в фазу цветения сои, поливная норма 600 м³/га, расчетный слой увлажнения почвы 0,6 м, предполивной порог 70 % НВ)

Из рисунка видно, что заданные технологическим регламентом параметры увлажнения почвы после полива обеспечиваются лишь на относительно выровненных по площади участках. На уклонах микрорельефа, особенно в верхней трети склона, почва в расчетном слое существенно недоувлажняется: влагосодержание в слое 0,4-0,5 м не превышает 92..94 % НВ, а в слое 0,5...0,6 м – снижается до 84-86 % НВ. В понижениях микрорельефа (локальные минимумы) формируется четко выраженная картина сброса почвенной влаги: до состояния наименьшей влагоемкости насыщался метровый слой почвы, и глубже, до

3,0 м влажность почвенных горизонтов была на 14-17 % НВ выше средней по профилю. В совокупности это свидетельствует о создании условий для глубокого внутрипочвенного сброса оросительной воды на орошаемых участках с выраженным микрорельефом.

Опыт 2 был реализован на спланированном опытном участке, микрорельеф которого не успел сформироваться. Это позволило нам исследовать закономерности формирования водного режима почвы на землях, обслуживаемых в соответствии с установленным регламентом поддержания мелиорированного фонда. На рисунке 2 приведены результаты такого исследования в период наиболее интенсивного водопотребления сои (фаза формирования и начала налива бобов).

Осредненные за 2010-2012 годы исследований данные представлены в виде кривых распределения влаги до и после проведения полива, причем после полива замеры проводились спустя сутки, 2-е суток и 3-е суток. Данные по влажности почвы выражены в % (процентах) от массы сухой почвы, наименьшая влагоемкость соответствует 26,7 % от массы сухой почвы. Из рисунка видно, что через сутки после полива перераспределение влаги в почве еще не завершено, содержание гравитационной влаги в отдельных слоях достигает 1,0 % от массы сухой почвы или 3,4 % от наименьшей влагоемкости (НВ). Однако уже в этот период средняя влажность расчетного (0,6 м) слоя почвы составляла 25,9 % от массы сухой почвы, что соответствует 97,1 % НВ. К исходу вторых гравитационная влага большей частью перераспределяется, однако среднее содержание влаги в расчетном слое снижается до 25,3 % от массы сухой почвы или 94,5 % НВ. Послойный анализ содержания почвенной влаги показал, что недоувлажненной почва остается на глубине 0,5 м (94,4-95,8 % НВ) и 0,6 м (80,1-81,3 % НВ). Де-факто это приводит к сокращению мощности фактически увлажняемого слоя почвы в сравнении с расчетным. Общий дефицит влаги относительно регламентируемого уровня (наименьшей влагоемкости) во всех случаях достаточно точно соответствовал расходу воды на эвапотранспирацию после полива за период, соответствующий полному перераспределению гравитационной влаги.

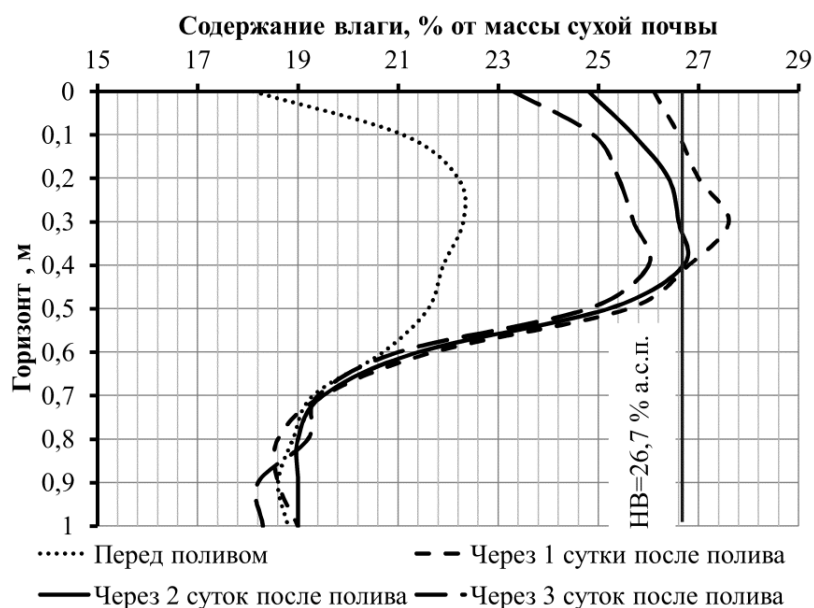


Рисунок 2 – Эпюры послойного распределения почвенной влаги до и после проведения очередного вегетационного полива (фаза формирования – налива бобов, вариант предполивной влажности почвы 80 % НВ, расчетная глубина увлажнения почвы 0,6 м, по средним данным за 2010-2012 гг.)

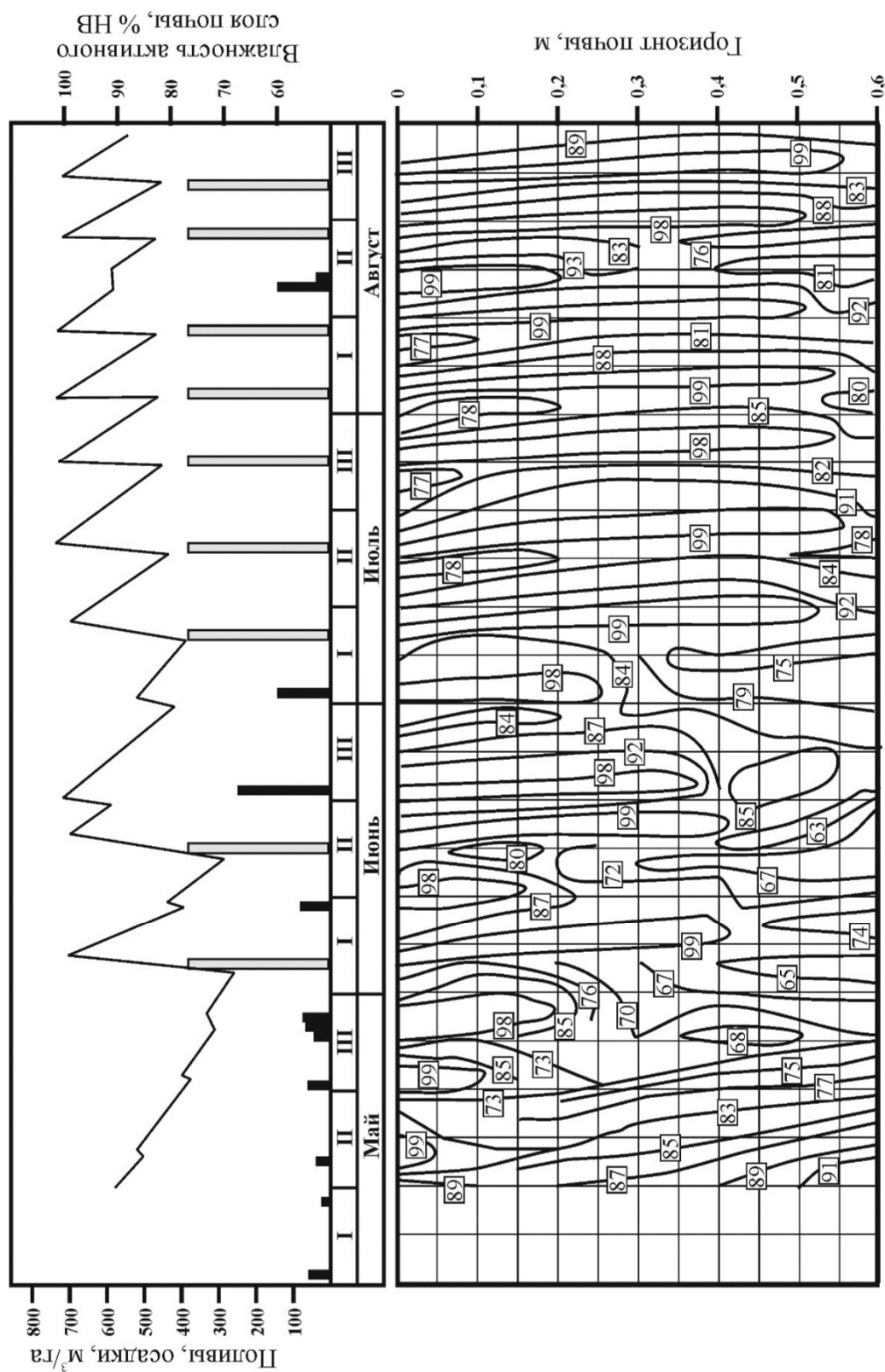


Рисунок 3 – Хроноизоплеты влажности почвы в посевах сои при орошении способом дождевания (опыт 2014 г., дифференцированный предпосевной порог 70-80-80 % НВ, дифференцированный слой увлажнения 0,4-0,6 м, наблюдения за вегетационный период)

На рисунке 3 в форме хроноизоплетов влажности почвы приведены результаты послойного исследования динамики влажности почвы в посевах орошаемой сои, реализованного с использованием данных факторного полевого эксперимента 2014-2016 гг. Приведенные на рисунке данные наглядно подтверждают установленные закономерности формирования водного режима почвы при поливе сои способом дождевания и указывают на их сохранение во все межфазные периоды роста. Помимо этого, изучение послойного распределения влаги в посевах орошаемой сои позволяет вскрыть еще одну проблему оптимального регулирования водного режима почвы, непосредственно связанную с поступлением и эффективностью использования естественных осадков. Рассмотрим в качестве типичного примера особенности формирования водного режима почвы на опытном поле 2014 года в период от посева до проведения первого вегетационного полива. Период включает вторую и третью декады мая, а также первые три дня первой декады июня. Влажность расчетного 0,4 м слоя почвы в период посева была около 89 % НВ и в последующие 23 дня поддерживалась выше предполивного уровня (70 % НВ) за счет периодического поступления влаги атмосферных осадков, максимальный суточный объем которых не превышал 10 мм. Однако наибольший слой почвы, промачивание которого обеспечивалось при выпадении дождей, не превышал 0,2 м, тогда как в нижележащие горизонты поступление влаги было ограничено. В результате к моменту проведения первого вегетационного полива, назначенного при достижении средней влажности расчетного 0,4 метрового слоя почвы, 70 % НВ, была сформирована типичная картина послойного распределения почвенной влаги: влажность верхнего 0,2-метрового слоя почвы составляла 85 % НВ, ниже, в пределах пахотного слоя, содержание влаги снижалось до 76 % НВ, в подпахотном горизонте – не превышала 67-70 % НВ, а на глубине 0,4 м почва была иссушена до 65 % НВ.

Таким образом, при формальном соблюдении условий назначения вегетационного полива, влажность почвы в пределах расчетного слоя была дифференцирована от 65 до 85 % НВ.

Дальнейшее исследование полученных данных показало, что подобная дифференциация содержания почвенной влаги в пределах расчетного слоя, обусловленная ненормированным влиянием атмосферных осадков на формирование водного режима почвы, не является единичным случаем. Например, в том же 2014 году к моменту назначения очередного вегетационного полива сои в первой декаде июля при поддержании предполивного порога влажности почвы в слое 0,6 м на уровне 80 % НВ, фактическая влажность почвы была дифференцирована от 84 % НВ в верхнем 0,2-метровом слое почвы до 75 % НВ в горизонтах, располагающихся ниже 0,4 м. Во второй декаде августа из-за поступления атмосферных осадков в суммарном объеме 17 мм к моменту назначения очередного полива влажность почвы в слое 0-0,3 м составляла 83 % НВ, а в горизонтах глубже 0,4 м – не превышала 76 % НВ. Подобная ситуация была отмечена и в 2015-2016 гг. исследований. В совокупности отмеченные особенности послойного распределения почвенной влаги в результате ненормированного поступления атмосферных осадков, безусловно, оказывают существенное влияние на развитие и функционирование корневой системы и в целом на рост соевого растения.

Заключение. Результаты исследования подтверждают существенное влияние микрорельефа на равномерность распределения влаги по площади орошаемого участка. Наибольший дефицит влаги формируется в верхней трети склона, образованного единицей микрорельефа, тогда как в локальных понижениях наблюдается картина глубинного сброса почвенной влаги. Эксплуатационная планировка участка позволяет решить эту проблему, однако вследствие инертности процесса вертикального перераспреде-

ния влаги и непрерывного отбора влаги в процессе водопотребления фактическая глубина увлажняемого слоя почвы не соответствует расчетным значениям. Наиболее выражено это проявляется в периоды максимального водопотребления сои – фазы формирования и налива бобов. Еще одной проблемой оптимального водообеспечения сои является отсутствие обоснованной стратегии орошения в периоды частичной компенсации дефицита почвенной влаги поступлением атмосферных осадков. Установлено, что поступление атмосферных осадков в объеме, существенно меньшем реального дефицита влаги в расчетном слое почвы, связано с риском значительного дифференцирования влажности почвы по глубине этого слоя. Обозначенные особенности распределения почвенной влаги по площади, глубине и в динамике актуализируют современные проблемы оптимального водообеспечения сои при орошении способом дождевания.

Библиографический список

1. Балакай, Г.Т. Концепция дождевальной машины нового поколения для технологии прецизионного орошения [Текст]/ Г.Т. Балакай, С.М. Васильев, А.Н. Бабичев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 2 (26). – С. 1-18.
2. Бородычев, В.В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 8-11.
3. Михайленко, И.М. Дифференциация управления орошением посевов сельскохозяйственных культур [Текст]/ И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 24-29.
4. Наземная гиперспектральная аппаратура для измерения вегетативных индексов в задачах прецизионного орошения сельскохозяйственных культур [Текст]/ В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, А.Н. Бабичев, Р.В. Скиданов, В.В. Подлипнов, Ю.Н. Журавель // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 1 (29). – С. 1-14.
5. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии [Текст]/ В.П. Якушев, В.В. Якушев, А.В. Конев, Д.А. Матвеев, С.В. Часовских // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 1. – С. 13-17.
6. Овчинников, А.С. Режим орошения и водопотребление сои при различных способах основной обработки почвы [Текст]/ А.С. Овчинников, Г.О. Чамурлиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2 (38). – С. 13-18.
7. Ольгаренко, В.И. Научная концепция и алгоритм реализации элементов прецизионного земледелия в условиях оросительной сельскохозяйственной мелиорации [Текст]/ В.И. Ольгаренко, А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 1 (29). – С. 160-169.
8. Сортовая отзывчивость сои на режим орошения [Текст]/ В.В. Толоконников, Г.П. Канцер, Т.С. Кошкарлова, Н.М. Плющева, И.В. Кожухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3 (51). – С. 128-133.
9. De Lara, A. Characterizing Spatial Variability in Soil Water Content for Precision Irrigation Management [Текст] / A. de Lara, R. Khosla, L. Longchamps // Agronomy-Basel. – 2018. – Vol. 8. – №59. – P. 1-8. DOI: 10.3390/agronomy8050059
10. Measurement of evapotranspiration during sprinkler irrigation using a precision energy budget (Bowen ratio, eddy covariance) methodology [Текст]/ J. Uddin, N.H. Hancock, R.J. Smith, J.P. Foley // Agricultural water management. – 2013. – Vol. 116. – P. 89-100. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.10.008
11. Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries [Текст]/ R.G. Perea, I.F. Garcia, M.M. Arroyo, J.A.R. Diaz, E.C. Poyato, P. Montesinos // Agricultural water management. – 2017. – Vol. 183. – P. 194-201. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.07.017

12. Simulating the Impacts of Irrigation Levels on Soybean Production in Texas High Plains to Manage Diminishing Groundwater Levels [Tekst]/ V. Sharda, P.H. Gowda, G. Marek, I. Kisekka, C. Ray, P. Adhikari // Journal of the American water resources association. – 2019. – Vol. 55. – № 1 – P. 56-69. DOI: 10.1111/1752-1688.12720

13. West, G.H. Addressing Groundwater Declines with Precision Agriculture: An Economic Comparison of Monitoring Methods for Variable-Rate Irrigation [Tekst]/ G.H. West, K. Kovacs // Water. – 2017. – Vol. 9 – № 28. – P. 1-17. DOI: 10.3390/w9010028

References

1. Balakaj, G. T. Konceptiya dozhdeval'noj mashiny novogo pokoleniya dlya tehnologii precizionnogo orosheniya [Tekst]/ G. T. Balakaj, S. M. Vasil'ev, A. N. Babichev // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2017. - № 2 (26). - P. 1-18.

2. Borodichjov, V. V. Algoritm resheniya zadach upravleniya vodnym rezhimom pochvy pri oroshenii sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Tekst]/ V. V. Borodichjov, M. N. Lytov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2015. - № 1. - P. 8-11.

3. Mihajlenko, I. M. Differenciaciya upravleniya orosheniem posevov sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Tekst]/ I. M. Mihajlenko, V. N. Timoshin // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2018. - № 1. - P. 24-29.

4. Nazemnaya giperspektral'naya apparatura dlya izmereniya vegetativnykh indeksov v zadachah precizionnogo orosheniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Tekst]/ V. N. Schedrin, S. M. Vasil'ev, A. N. Babichev, R. V. Skidanov, V. V. Podlipnov, Yu. N. Zhuravel' // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2018. - № 1 (29). - P. 1-14.

5. O sovershenstvovanii realizacii agrotehnologicheskikh reshenij v tochnom zemledelii [Tekst]/ V. P. Yakushev, V. V. Yakushev, A. V. Konev, D. A. Matveenkov, S. V. Chasovskih // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2018. - № 1. - P. 13-17.

6. Ovchinnikov, A. S. Rezhim orosheniya i vodonotreblenie soi pri razlichnykh sposobah osnovnoj obrabotki pochvy [Tekst]/ A. S. Ovchinnikov, G. O. Chamurlijev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 2 (38). - P. 13-18.

7. Ol'garenko, V. I. Nauchnaya koncepciya i algoritm realizacii]lementov precizionnogo zemledeliya v usloviyah orositel'noj sel'skohozyajstvennoj melioracii [Tekst]/ V. I. Ol'garenko, A. N. Babichev, V. A. Monastyrskij // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2018. - № 1 (29). - P. 160-169.

8. Sortovaya otzyvchivost' soi na rezhim orosheniya [Tekst]/ V. V. Tolokonnikov, G. P. Kancer, T. S. Koshkarova, N. M. Plyusheva, I. V. Kozhuhov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 3 (51). - P. 128-133.

9. De Lara, A. Characterizing Spatial Variability in Soil Water Content for Precision Irrigation Management [Tekst] / A. de Lara, R. Khosla, L. Longchamps // Agronomy-Basel. – 2018. – Vol. 8. – №59. – P. 1-8. DOI: 10.3390/agronomy8050059

10. Measurement of evapotranspiration during sprinkler irrigation using a precision energy budget (Bowen ratio, eddy covariance) methodology [Tekst]/ J. Uddin, N.H. Hancock, R.J. Smith, J.P. Foley // Agricultural water management. – 2013. – Vol. 116. – P. 89-100. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.10.008

11. Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries [Tekst]/ R.G. Perea, I.F. Garcia, M.M. Arroyo, J.A.R. Diaz, E.C. Poyato, P. Montesinos // Agricultural water management. – 2017. – Vol. 183. – P. 194-201. DOI: 10.1016/j.agwat.2016.07.017

12. Simulating the Impacts of Irrigation Levels on Soybean Production in Texas High Plains to Manage Diminishing Groundwater Levels [Tekst]/ V. Sharda, P.H. Gowda, G. Marek, I. Kisekka, C. Ray, P. Adhikari // Journal of the American water resources association. – 2019. – Vol. 55. – № 1 – P. 56-69. DOI: 10.1111/1752-1688.12720

13. West, G.H. Addressing Groundwater Declines with Precision Agriculture: An Economic Comparison of Monitoring Methods for Variable-Rate Irrigation [Tekst]/ G.H. West, K. Kovacs // Water. – 2017. – Vol. 9 – № 28. – P. 1-17. DOI: 10.3390/w9010028

Информация об авторах

Бородычев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru.

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>. E-mail: Lyto-v@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 633.18:631.674.6

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4

МЕНЕЕ ВОДОЗАТРАТНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРОШЕНИЯ РИСА ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПОЛИВАМИ

LESS FOTOSTRANA AND ENVIRONMENTALLY PREFERTIONAL TECHNOLOGY FOR IRRIGATION OF RIS PERIDONCAL WATERINGS

И.П. Кружилин^{1,2}, академик РАН, профессор

М.А. Ганиев¹, кандидат технических наук

К.А. Родин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.В. Кузнецова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

I.P. Kruzhilin^{1,2}, M.A. Ganiyev¹, K.A. Rodin¹, N. V. Kuznetsova²

¹Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹All-Russian research Institute irrigated agriculture, Volgograd

²Volgograd State Agricultural University

Дата поступления в редакцию 18.04.2019

Дата принятия к печати 03.06.2019

Received 18.04.2019

Submitted 03.06.2019

Обсуждаются результаты исследований по освоению менее водозатратной технологии орошения риса периодическими поливами, позволяющей снизить затраты оросительной воды в 3 – 5 и более раз по сравнению с затоплением чеков и возделывать эту культуру на оросительных системах общего назначения. Данная инновационная технология орошения снимает ряд экологических проблем рисоводства, связанных с формированием дефицита воды в источниках орошения, подъёмом уровня грунтовых вод, засолением, заболачиванием, закислением и утилизацией загрязнённых сбросных и дренажных вод. При освоении менее водозатратной технологии орошения риса особое внимание необходимо обратить на освоение высокой культуры земледелия и системы защиты посевов от сорной растительности. Многолетними исследованиями установлено, что планируемая урожайность на уровне 5 т/га возможна во всех вариантах водного режима почвы (80 % НВ, h = 0,6 м (А₁); 80 % НВ, h = 0,4 и 0,6 м (А₂); 80 и 70 % НВ, h = 0,4 и 0,6 м (А₃)) при сочетании с внесением удобрений N₉₅P₆₂K₇₅. Однако наименее водозатратным в расчёте на тонну зерна оказался вариант А₃. Урожайность 6 т/га зерна также формировалась во всех вариантах водного режима, но на фоне более высокой дозы удобрений N₁₁₄P₇₄K₉₀. И хотя все варианты водного режима почвы по затратам оросительной воды на формирование урожая имеют не столь большие отклонения, наиболее предпочтительным всё-таки оказался вариант А₃. Средняя за три года урожайность риса с отклонением на 0,71 % от планированного уровня 7 т/га была получена при сочетании водного режима А₂ с внесением N₁₃₇ Р₉₀ К₁₀₈. Однако наименее водозатратным в расчёте на получение 1 тонны

зерна (715 м³) сложился режим орошения риса по варианту А₃ с внесением N₁₃₇ P₉₀ K₁₀₈. Показатели рентабельности производства риса на системах капельного орошения повышались с ростом уровня урожайности от 57 до 104 %.

The results of studies on the development of less water – intensive irrigation technology of rice by periodic irrigation, which allows to reduce the cost of irrigation water by 3-5 or more times and cultivate this crop on irrigation systems of General purpose, compared with the flooding of checks, are discussed. This innovative irrigation technology will remove many of the environmental problems of rice-growing related to the formation of the shortage of water in sources of irrigation, rise in groundwater levels, salinization, waterlogging, acidification and disposal of contaminated waste and drainage waters. In the development of less water-intensive technology of rice irrigation, special attention should be paid to the development of a high culture of agriculture and a system of protection of crops from weeds. Long-term studies have established that the planned yield at the level of 5 t/ha is possible in all variants of the water regime of the soil (80% HB, h = 0.6 m (A₁); 80% HB, h = 0.4 and 0.6 m (A₂); 80 and 70% HB, h = 0.4 and 0.6 m (A₃)) in combination with fertilizer N₉₅P₆₂K₇₅. However, the most fotostrana less per ton of grain has developed a variant of the A₃. The yield of 6 t/ha of grain was also formed in all variants of the water regime, but against the background of a higher dose of fertilizers N₁₁₄P₇₄K₉₀. And although all variants of the water regime of the soil at the cost of irrigation water for the formation of the crop have not so large deviations, the most preferable was still the A₃ option. The average yield of rice for three years with a deviation of 0.71% from the planned level of 7 t/ha was obtained by combining the water regime of A₂ with the introduction of N₁₃₇ P₉₀ K₁₀₈. However, the regime of rice irrigation under option A₃ with the introduction of N₁₃₇ P₉₀ K₁₀₈ was the least water-intensive in the calculation of 1 ton of grain (715 м³). The profitability of rice production on drip irrigation systems increased with an increase in yield from 57 to 104%.

Ключевые слова: аэробный рис, капельное орошение, водный режим, дозы удобрений, фотосинтез, урожайность.

Key words: aerobic rice, drip irrigation, water regime, fertilizer doses, photosynthesis, yield.

Цитирование. Кружилин И.П., Ганиев М.А., Родин К.А., Кузнецова Н.В. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 49-55. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4.

Citation. Kruzhilin I.P., Ganiyev M.A., Rodin K.A., Kuznetsova N. V. Less fotostrana and environmentally prefertional technology for irrigation of ris peridoncal waterings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 49-55. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-4.

Введение. Рис входит в тройку главных продовольственных культур зерновой группы. Возделывается он в основном на орошаемых землях при продолжительном затоплении чеков слоем воды, подача которой составляет 20 тыс. м³/га и более [1, 2, 8, 3, 5, 6, 7, 10, 12]. Это самая распространённая и водозатратная на орошаемых землях культура, хотя на эвапотранспирацию из подаваемого на посевы риса объёма воды используется не более 7 – 9 тыс. м³/га [9, 11, 7, 10, 14]. Основная доля подаваемой на рисовое поле воды теряется на глубинную фильтрацию, боковой отток, плановые и спонтанные сбросы, формируя поток дренажный и сбросной воды повышенной минерализации с растворимыми в ней гербицидами, удобрениями и другими загрязнителями. Не менее важной проблемой стал дефицит пресной воды, сформировавшийся из-за большого объёма забора её на орошение риса и создающий серьёзную проблему утилизации сбросной и дренажной воды [4, 13].

Всевозрастающая проблема дефицита пресной воды актуализировала необходимость поиска новых водосберегающих экологически толерантных технологий орошения риса. В основу поиска решения этой проблемы нами была положена научная гипотеза принадлежности риса к семейству мятликовых, полный цикл развития которого идёт не по типу водного, а аэробного растения, способного формировать корневые волоски и использовать для собственного водообеспечения почвенную влагу.

Анализ результатов исследований ряда авторов по орошению риса периодическими поливами показал, что его растения могут использовать почвенную влагу, но формируют, в основном, более низкую по сравнению с орошением затоплением урожайность. Получение такого результата, по нашему мнению, было связано с использованием в опытах сортов риса, не адаптированных в процессе вегетации к ненасыщенной водой почве. Поэтому в качестве решения первоочередной задачи разработки технологии орошения риса без затопления слоем воды нами было определено выведение аэробного сорта риса, адаптированного к самообеспечению водой при отсутствии на поле слоя воды. Такой сорт аэробного риса Волгоградский нами был получен в 2005 году. Сорт относится к скороспелой группе с вегетационным периодом от посева до полной спелости 105 суток. Высота растений 0,80...0,90 м. Имеет компактный куст – метелка раскидистая, рыхлая. В метелке 100...110 зёрен с отношением длины к ширине 3:1. Разновидность – италика. Сорт имеет отличное качество крупы, устойчив к полеганию, воздушной засухе и пирикулярриозу.

Цель наших исследований сводилась к определению норм реакции аэробного риса для обоснования уровней снижения влажности почвы и доз внесения удобрений, сочетание которых обеспечит получение 5, 6 и 7 т/га зерна при капельном орошении.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в 2013-2015 гг. в Волгоградской области на опытном участке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». Сеяли рис при прогревании почвы до 13 °С в конце апреля - начале мая. Капельные линии укладывали через 0,6 м, расстояние между капельницами – 0,33 м. Подача воды через капельницу 2,2 л/час. Почва светло-каштановая, содержание гумуса 1,6...1,8 %, наименьшая влагоёмкость 0,6 м слоя 23,8 % массы сухой почвы, послойная порозность метрового профиля 46,64...51,59 %. По обеспеченности осадками вегетационного периода 2013 г. характеризуется как влажный, 306,9 мм, 2014 – среднесухой, 104,9 и 2015 г. – средневлажный, 235,4 мм.

Схема двухфакторного опыта включала 3 варианта по водному режиму почвы. Вариант А₁ – допустимое снижение влажности активного слоя (0,6м) почвы 80 % НВ; А₂ – до конца фазы кущения риса по варианту А₁ в слое 0,4 м с последующим увеличением слоя до 0,6 м; А₃ – водный режим по варианту А₂ до начала восковой спелости зерна с последующим снижением предполивной влажности до 70 % НВ. Второй фактор дозы внесения удобрений, в варианте В₁ на получение урожайности 5 т/га зерна (N₉₅P₆₂K₇₅); В₂ – 6 т/га (N₁₁₄P₇₄K₉₀) и В₃ – 7 т/га (N₁₃₇P₉₀ K₁₀₈) т зерна с 1 га. Дозы удобрений рассчитывались по методике В.И. Филина (1994) с учётом содержания подвижных форм элементов питания в почве.

Опыты закладывались методом расщепленных делянок с одноярусным систематическим размещением вариантов по водному режиму и рендомизированно – с дозами внесения удобрений в трехкратной повторности с соблюдением стандартных методик опытного дела.

Результаты и обсуждение. Влажность почвы по варианту А₁ обеспечивалась проведением по годам соответственно 12, 15 и 13 поливов нормой 370 м³/га каждый. Оросительная норма при этом составляла 4440, 5550 и 4810 м³/га. Продолжительность межполивных периодов в разные фазы развития изменялась от 2 до 26 суток. В варианте А₂ потребовалось 4, 5 и 2 полива нормой 250 м³/га и 10, 13 и 13 поливов нормой 370 м³/га. Объём поданной на поле воды за все поливы изменялся таким образом: 4700, 6060 и 5310 м³/га с продолжительностью между поливами от 2 до 19 суток. Для поддержания водного режима по варианту А₃ потребовалось 4, 5 и 2 поливов нормой 250 м³/га, 8, 10 и 10 поливов нормой 370 м³/га и один полив нормой 550 м³/га. Общие затраты оросительной воды на выращивание риса в этом варианте составили 4510, 5500 и 4750 м³/га.

Влияние различного водного режима почвы в сочетании с внесением удобрений $N_{114}P_{74}K_{90}$ и A_3 с разными дозами удобрений оценивалось по реакции растений риса показателями их фотосинтетической активности (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели фотосинтетической деятельности риса (среднее за 2013 - 2015 гг.)

Вариант опыта	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	ЧПФ, г/м ² в сутки	ФП, тыс. м ² дней/га	Урожайность, т/га
$A_1 + N_{114}P_{74}K_{90}(B_2)$	35,56	5,91	2180,66	5,70
$A_2 + N_{114}P_{74}K_{90}(B_2)$	36,78	6,22	2385,29	6,23
$A_3 + N_{114}P_{74}K_{90}(B_2)$	36,42	6,16	2297,97	6,11
$A_3 + N_{95}P_{62}K_{75}(B_1)$	34,79	5,69	2023,04	5,13
$A_3 + N_{114}P_{74}K_{90}(B_2)$	36,42	6,16	2297,97	6,11
$A_3 + N_{137}P_{90}K_{108}(B_3)$	37,64	6,47	2502,60	6,87

Судя по показателям фотосинтетической активности, нормы реакции риса во всех вариантах водного режима почвы были достаточно высокими. Но лучшими они сложились в варианте водного режима A_2 , а наиболее низкими – A_1 . Опытами установлена достаточно высокая реакция растений риса и на дозы внесения удобрений. В пределах принятой схемы опытов вариантов внесения доз удобрений реакция растений на увеличение их, судя по фотосинтетической активности и урожайности риса, была положительной. Полученные результаты по динамике урожайности риса в вариантах водного режима и доз внесения удобрений позволили нам рекомендовать сочетание их для получения урожайности 5, 6 и 7 т/га зерна (таблица 2).

Таблица 2 – Сочетание антропогенно-регулируемых факторов для получения планируемой урожайности риса (среднее за 2013-2015 гг.)

Урожайность зерна, т/га		Отклонение от планируемой, %	Сочетание факторов		Оросительная норма, м ³ /га	Затраты оросительной воды, м ³ /т
планируемая	фактическая		водный режим почвы	доза удобрений		
5	4,88	-2,40	A ₁	(B ₁)	4933	1011
	5,29	+5,80	A ₂		5357	1013
	5,13	+2,60	A ₃		4920	959
6	5,70	-3,00	A ₁	(B ₂)	4933	854
	6,23	+3,80	A ₂		5357	860
	6,11	+1,83	A ₃		4920	805
7	6,64	-5,10	A ₁	(B ₃)	4933	743
	6,95	-0,71	A ₂		5357	771
	6,87	-1,86	A ₃		4920	716
НСР ₍₀₅₎ : 2013 г. - 0,2563; 2014 г. - 0,1424; 2015 г. - 0,1767						

Анализ данных по формируемой растениями риса на системах капельного орошения урожайности при разных водных режимах почвы и дозах внесения удобрений позволил установить связь между фотосинтетическим потенциалом и урожайностью, которая описывается уравнением $ФП = 5,9567 \cdot Y^2 + 204,86 \cdot Y + 815$. Теснота связи $R^2 = 0,98$. Использование этого уравнения позволяет прогнозировать основные урожаеобразующие характеристики агроценоза для получения планируемой урожайности риса. Из данных таблицы 2 видно, что планируемая урожайность на уровне 5 т/га возможна во всех вариантах водного режима почвы при сочетании с внесением удобрений $N_{95}P_{62}K_{75}$. Однако наименее водозатратным в расчёте на тонну зерна сложился вариант A_3 . Уро-

жайность 6 т/га зерна также формировалась во всех вариантах водного режима, но на фоне более высокой дозы удобрений $N_{114}P_{74}K_{90}$. И хотя все варианты водного режима почвы по затратам оросительной воды на формирование урожая имеют не столь большие отклонения, наиболее предпочтительным всё-таки оказался вариант A_3 . Средняя за 3 года урожайность риса с отклонением на 0,71 % от планированного уровня 7 т/га была получена при сочетании водного режима A_2 с внесением $N_{137} P_{90} K_{108}$. Однако наименее водозатратным в расчёте на получение 1 тонны зерна (715 м^3) сложился режим орошения риса по варианту A_3 с внесением $N_{137} P_{90} K_{108}$.

Показатели рентабельности производства риса на системах капельного орошения повышались с ростом уровня урожайности от 57 до 104 %.

Заключение. Возделывание риса на системах капельного полива, а также как показали наши исследования более ранних лет и работы других авторов, при орошении по полосам и дождеванием с использованием аэробных и толерантных к отсутствию слоя воды в чеках сортов возможно. Освоение менее водозатратной технологии орошения риса периодическими поливами позволяет снизить затраты оросительной воды в 3...5 раз и более и возделывать эту культуру на оросительных системах общего назначения в полевых, кормовых, овощных и других севооборотах. Тем самым снимается ряд экологических проблем рисоводства, связанных при орошении затоплением и формированием дефицита воды в источниках орошения, подъёмом уровня грунтовых вод, засолением, заболачиванием, закислением и снижением риска патогенности почвы, утилизации загрязнённых сбросных и дренажных вод. В то же время технология орошения риса периодическими поливами связана с необходимостью освоения высокой культуры земледелия и защиты посевов от сорной растительности с использованием организационных, агротехнических и химических средств борьбы.

Библиографический список

1. Балакай, Г.Т. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем [Текст] / Г.Т. Балакай, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2018. - № 3 (31). - С. 1-22.
2. Бородычев, В.В. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, Р.М. Шабанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2017. - № 1 (45). - С. 20-29.
3. Дедова, Э.Б. Режим орошения и продуктивность маловодотребовательного риса в условиях пустынной зоны Калмыкии [Текст] / Э.Б. Дедова, С.Л. Белопухов, Р.М. Шабанов // Бутлеровские сообщения. - 2013. - Т. 33. - № 2. - С. 41-47.
4. Дубенок, Н.Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель в Российской Федерации [Текст] / Н.Н. Дубенок // Мелиорация и водное хозяйство. - 2017. - № 2. - С. 27-31.
5. Ионова, Л.П. Агробиологические и экономические аспекты выращивания Российских и Иранских сортов риса рассадным способом при прерывистом орошении в условиях дельты Волги [Текст] / Л.П. Ионова, Р.К. Арыкбаев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2017. - № 3. - С. 43-56.
6. Ионова, Л.П. Адаптация Российских и Иранских сортов риса при выращивании рассадным способом и периодическом орошении в условиях аридной зоны [Текст] / Л.П. Ионова, Н.Д. Смашевский, А.С. Бабакова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2017. - № 10 (156). - С. 23-33.
7. Капельный полив риса на светло-каштановых почвах Приволжской возвышенности [Текст] / И.П. Кружилин, Н.Н. Дубенок, М.А. Ганиев, В.В. Мелихов, А.Г. Болотин, К.А. Родин // Российская сельскохозяйственная наука. - 2018. - № 6. - С. 42-45.
8. Маловодотребовательные сорта риса [Текст] / Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, Р.М. Шабанов, Н.В. Остапенко, Е.Н. Лапина // Рисоводство. - 2013. - № 22. - С. 24-32.
9. Направления селекции риса на устойчивость к стресс-факторам [Текст] / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, А.А. Редькин, Ю.П. Калиевская // Рисоводство. - 2016. - № 3-4 (32-33). - С. 28-34.

10. Оценка способов орошения риса на оросительных системах общего назначения [Текст] / И.П. Кружилин, М.А. Ганиев, Н.В. Кузнецова, К.А. Родин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №3 (43). – С. 6-11.

11. Перспективы использования суходольного риса в Ростовской области [Текст] / П.И. Костылев, Е.В. Краснова, А.А. Редькин, Ю.П. Калиевская // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 6. – С. 13-19.

12. Сочетание природных и антропогенно-регулируемых условий для получения различной урожайности риса с использованием систем капельного орошения [Текст] / И.П. Кружилин, Н.Н. Дубенок, М.А. Ганиев, В.В. Мелихов, Н. М. Абду, К.А. Родин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2016. – № 5. – С. 41-44.

13. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice [Текст] / T. Parthasarathi, K.S Vanitha. Senthilvel S. Mohandass, Eli Vered// Indian Journal of Plant Physiology. – 2015. – Vol. 20. – P. 50-56.

14. Mode of rice drip irrigation [Текст] / I. P. Kruzhilin, N.N. Doubenok, M. A. Ganiev, A.S. Ovchinnikov, V.V. Melikhov, N.M. Abdou, K. A. Rodin, S.D. Fomin // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). – 2017. – Vol. 12 (24). – P. 7118-7123.

References

1. Balakaj, G. T. K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodootvedeniya s risovyh orositel'nyh sistem [Текст] / G. T. Balakaj, L. M. Dokuchaeva, R. E. Yurkova // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2018. - № 3 (31). - P. 1-22.

2. Borodychev, V. V. Tehnologiya vozdel'yvaniya risa na meliorativnyh sistemah obshego naznacheniya pri oroshenii dozhddevaniem [Текст] / V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, R. M. Shabanov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - № 1 (45). - S. 20-29.

3. Dedova, Je. B. Rezhim orosheniya i produktivnost' malovodotrebovatel'nogo risa v usloviyah pustynnoj zony Kalmykii [Текст] / Je. B. Dedova, S. L. Belopuhov, R. M. Shabanov // Butlerovskie soobshcheniya. - 2013. - T. 33. - № 2. - P. 41-47.

4. Dubenok, N. N. Sostoyanie i perspektivy razvitiya melioracii zemel' v Rossijskoj Federacii [Текст] / N. N. Dubenok // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2017. - № 2. - P. 27-31.

5. Ionova, L. P. Agrobiologicheskie i jekonomicheskie aspekty vyrashchivaniya Rossijskih i Iranskih sortov risa rassadnym sposobom pri preryvistom oroshenii v usloviyah del'ty Volgi [Текст] / L. P. Ionova, R. K. Arykbaev // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 3. - P. 43-56.

6. Ionova, L. P. Adaptaciya Rossijskih i Iranskih sortov risa pri vyrashchivanii rassadnym sposobom i periodicheskom oroshenii v usloviyah aridnoj zony [Текст] / L. P. Ionova, N. D. Smashevskij, A. S. Babakova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 10 (156). - P. 23-33.

7. Kapel'nyj poliv risa na svetlo-kashtanovyh pochvah Privolzhskoj vozvyshennosti [Текст] / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, V. V. Melihov, A. G. Bolotin, K. A. Rodin // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. - 2018. - № 6. - P. 42-45.

8. Malovodotrebovatel'nye sorta risa [Текст] / Je. B. Dedova, G. N. Konieva, R. M. Shabanov, N. V. Ostapenko, E. N. Lapina // Risovodstvo. - 2013. - № 22. - P. 24-32.

9. Napravleniya selekcii risa na ustojchivost' k stress-faktoram [Текст] / P. I. Kostylev, E. V. Krasnova, A. A. Red'kin, Yu. P. Kalievskaya // Risovodstvo. - 2016. - № 3-4 (32-33). - P. 28-34.

10. Ocenka sposobov orosheniya risa na orositel'nyh sistemah obshego naznacheniya [Текст] / I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, N. V. Kuznecova, K. A. Rodin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - №3 (43). - P. 6-11.

11. Perspektivy ispol'zovaniya suhodol'nogo risa v Rostovskoj oblasti [Текст] / P. I. Kostylev, E. V. Krasnova, A. A. Red'kin, Yu. P. Kalievskaya // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2016. - № 6. - P. 13-19.

12. Sochetanie prirodnyh i antropogenno-reguliruemym uslovij dlya polucheniya razlichnoj urozhajnosti risa s ispol'zovaniem sistem kapel'nogo orosheniya [Текст] / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, V. V. Melihov, N. M. Abdu, K. A. Rodin // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. - 2016. - № 5. - P. 41-44.

13. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice [Tekst] / T. Parthasarathi, K., S. Vanitha, S. Mohandass, Senthilvel, Eli Vered // Indian Journal of Plant Physiology. - 2015. - Vol. 20. - P. 50 - 56.

14. Mode of rice drip irrigation [Tekst] / I. P. Kruzhilin, N.N. Doubenok, M. A. Ganiev, A.S. Ovchinnikov, V.V. Melikhov, N.M. Abdou, K. A. Rodin, S.D. Fomin // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). - 2017. - Vol. 12 (24). - P. 7118-7123.

Информация об авторах

Кружилин Иван Пантелеевич – академик Российской академии наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9, тел: (8442) 60-24-36.

E-mail: ivan.cruzhilin@yandex.ru

Ганиев Муслим Абдулаевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией орошения риса ФГБНУ ВНИИОЗ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9, тел: (8442) 60-23-25. **E-mail:** mooslim.ganiev@yandex.ru

Родин Константин Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории орошения риса ФГБНУ ВНИИОЗ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9, тел: (8442) 60-23-22. **E-mail:** rodin.ka@yandex.ru

Кузнецова Надежда Владимировна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры мелиорации земель и комплексного использования водных ресурсов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26, тел: (8442) 41-11-20.

E-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 625.72:634.93

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-5

ЛАНДШАФТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРИДОРОЖНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

LANDSCAPE PLANNING AS A TOOL OF CONTROL OF SUSPENSION COMPLEXES

А.С. Рулев¹, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

В.Н. Анопин², доктор географических наук, профессор

Г.А. Рулев³, кандидат сельскохозяйственных наук

А.А. Матвеева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

A.S. Rulev¹, V.N. Anopin², G.A. Rulev³, A.A. Matveeva¹

¹Волгоградский государственный университет

²Волгоградский государственный технический университет

³Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

¹Volgograd State University

²Volgograd State Technical University

³Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

Дата поступления в редакцию 22.03.2019

Received 22.03.2019

Дата принятия к печати 23.05.2019

Submitted 23.05.2019

В процессе проведения работ по дорожному строительству и эксплуатации создаются транспортные геотехнические системы при доминировании техногенных факторов. Ландшафтное планирование является неотъемлемой частью мероприятий по обеспечению стабилизации природно-ресурсного потенциала и снижению интенсивности деградиционных процессов земель. В про-

цессе ландшафтного планирования территории применяются современные методы и материалы, включая фитоэкологическое планирование. Последнее должно опираться на использование научно обоснованных методов защитного лесоразведения вдоль линейных объектов. Процедура ландшафтного планирования имеет типовой характер и должна сочетаться с системой управления дорожными ландшафтами, в основе которой лежит составление ландшафтных планов. Планирование мероприятий по оптимизации использования и обустройства земель в дорожных ландшафтах должно строиться с учетом их пространственной структуры. Подобную структуру целесообразно рассматривать с учетом топографического подхода. Важнейшим компонентом ландшафтного обустройства дорог являются защитные лесные насаждения, основными функциями которых является, прежде всего, обеспечение безопасности движения транспортных средств. Особое значение при строительстве и эксплуатации дорожного полотна имеет снегозащитная функция придорожных полос, что актуально для регионов с высоким уровнем снежного покрова в зимний период. В границах Волгоградской области были выполнены обследования придорожных лесных насаждений Р-22 «Каспий» (Москва – Астрахань) и Р-228 (Волгоград – Сызрань). В процессе проведения полевых исследований и анализа полученного материала установлено, что состояние полос на обоих ключевых участках относится к неудовлетворительному, так как количество суховершинных и усыхающих стволов в насаждениях колеблется в пределах от 25 % до 80 %. Это свидетельствует о том, что необходимо проведение незамедлительной лесовозобновительной рубки для получения вегетативной пневой поросли с последующим естественным формированием древостоев порослевой генерации. Авторами предлагаются геоинформационные технологии, которые обеспечивают получение информации для разработки обоснованных мероприятий по обустройству транспортных магистралей и прилегающей территории. Использование ГИС-технологий позволит грамотно разработать этапы строительства придорожного полотна с учетом ландшафтного планирования, что повысит, в свою очередь, безопасность проектируемых транспортных магистралей.

In the course of road construction and operation, transport geotechnical systems are created with the dominance of technogenic factors. Landscape planning is an integral part of measures to ensure the stabilization of the natural resource potential and reduce the intensity of land degradation processes. In the process of landscape planning of the territory, modern methods and materials are used, including phytoecological planning. The latter should be based on the use of scientifically based methods of protective forestation along linear objects. The procedure of landscape planning has a typical character and must be combined with a road management system based on the compilation of landscape plans. Planning activities to optimize the use and arrangement of land in road landscapes should be based on their spatial structure. Such a structure should be considered taking into account the topographical approach. The most important component of the landscape arrangement of roads are protective forest stands, the main functions of which are, first of all, ensuring the safety of vehicle traffic. Of particular importance in the construction and operation of the roadway has a snow-protective function of roadside lanes, which is important for regions with a high level of snow cover in the winter period. Within the borders of the Volgograd Region, surveys of the R-22 «Caspian» forest plantations (Moscow-Astrakhan) and R-228 (Volgograd-Syzran) were carried out. In the process of conducting field studies and analyzing the material obtained, it was found that the condition of the bands in both key areas is unsatisfactory, since the number of dry-top and drying trunks in plantations ranges from 25% to 80%. This indicates that it is necessary to conduct immediate reforestation cutting to obtain vegetative pneumos with the subsequent natural formation of forest stands of coppice generation. The authors propose geo-information technologies that provide information for the development of sound measures for the arrangement of highways and the adjacent territory. The use of GIS-technologies will allow to competently develop the stages of construction of the roadside canvas taking into account landscape planning, which will increase in turn the safety of the designed transport routes.

Ключевые слова: ландшафтное планирование, придорожные лесные насаждения, дискретно-сетевая модель ландшафта, снегозащитные лесные насаждения, геоинформационная технология, цифровая модель рельефа.

Key words: landscape planning, roadside forest plantations, discrete network model of the landscape, snow protection forest plantations, geoinformation technology, digital relief model.

**Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта
№ 18-016-00165 «Геоинформационные технологии прогнозирования состояния
и управления агролесосистемами»**

Цитирование. Рулев А.С., Анопин В.Н., Рулев Г.А., Матвеева, А.А. Ландшафтное планирование как инструмент управления придорожными ландшафтами. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 55-63. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-5.

Citation. Rulev A.S., Anopin V.N., Rulev G.A., Matveeva A.A. Landscape planning as a tool of control of suspension complexes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 55-63. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-5.

Введение. В процессе проведения работ по дорожному строительству и эксплуатации создаются транспортные геотехсистемы, в которых доминируют техногенные факторы. Подобные процессы приводят к ухудшению экологического состояния придорожных ландшафтов.

Используя методы проектирования транспортных магистралей, можно повысить качество и рациональность разработок по их обустройству. Традиционные методы картографических исследований позволяют создавать проекты придорожных лесонасаждений, которые строятся на использовании крупномасштабных топографических и тематических карт, а также методов дистанционного зондирования: использование аэрофотоснимков, космоснимков.

Выбор картографического материала должен определяться рядом ключевых показателей, главным из которых является характер нарушенности придорожного ландшафта, что особенно актуально для лесозащитного обустройства автомобильных и железных дорог.

Активация процессов деградации ландшафтов региона зависит от таких важнейших природных факторов, как выраженность рельефа, засушливость и континентальность климата, геохимические особенности почвогрунтов и подстилающих горных пород.

Метахронность является наиболее значимым из ключевых эволюционных свойств ландшафтов, подлежащих обязательному учету при выборе картографического материала для проектирования защитных лесонасаждений [7, 5, 11].

Ландшафтное планирование (ЛП) является важной частью мероприятий по обеспечению стабилизации ресурсного потенциала и снижению интенсивности процессов деградации земель. Для грамотного процесса этапа ЛП территории используются разработки современных методов и материалов, в том числе топографические и картографические [6]. Одной из частей ЛП является фитоэкологическое планирование, которое должно выполняться с применением научно обоснованных методов придорожного защитного лесоразведения.

Ландшафтное планирование является оптимальной средой для интеграции работ исследователей и практиков с целью создания пространственно-временных моделей, синтезирующих экологические, экономические и социально-культурные показатели [3, 6, 12, 13, 14]. Это необходимо для того, чтобы способствовать внедрению методов ландшафтного планирования для предотвращения угроз нестабильного деградационного развития ландшафта.

Материалы и методы. Ландшафтный подход используется в качестве инструмента для разработки схемы территориального планирования, так как он учитывает природную специфику и уникальность ландшафтов, динамику развития и позволяет максимально адаптивно вписывать хозяйственную деятельность в ландшафт. Схема ландшафтного планирования выглядит следующим образом (рисунок 1) [1].

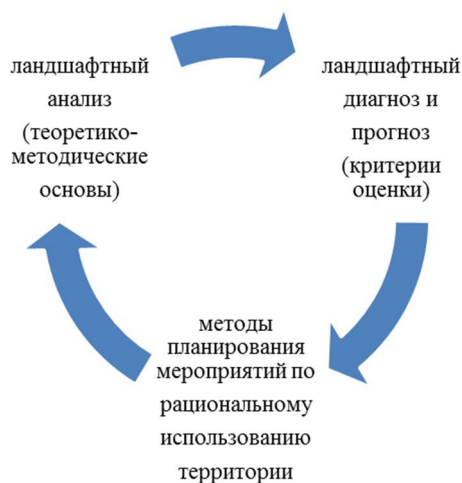


Рисунок 1 – Обобщенная схема ландшафтного планирования

Ландшафтное планирование интерпретируется также как устойчивое развитие территории региона с корректной оценкой ее природно-ресурсного потенциала [4, 10, 11].

Ландшафтное планирование состоит из следующих этапов: разработка ландшафтной программы развития, составление рамочного ландшафтного плана, составление крупномасштабного ландшафтного плана [5].

Наиболее корректным является применение термина «ландшафт» в понимании Р. Формана и М. Годрона – гетерогенная земная территория, сложенная из набора взаимодействующих экосистем, которые постоянно повторяются [4].

Дискретно-сетевое представление ландшафта выражается концепцией пространственной структуры: «матрица – пятно – коридоры» [4, 10].

Процедура ЛП имеет типовой характер и будет коррелироваться с системой управления дорожными ландшафтами, в основе которой лежит составление ландшафтных планов (рисунок 2).



Рисунок 2 - Этапы составления типового ландшафтного плана

При планировании мероприятий по оптимизации использования и обустройства земель в дорожных ландшафтах необходимо учитывать особенности их пространственной структуры. Подобную структуру целесообразно рассматривать с позиции топографического подхода [10, 11].

Результаты и обсуждение. Важнейшим компонентом ландшафтного обустройства дорог являются защитные лесные насаждения, основными функциями которых является обеспечение безопасности движения транспортных средств; защита дорожного полотна от заноса снегом, песком и преждевременного разрушения; увеличение срока эксплуатации средств дорожной службы связи и сигнализации; повышение эстетической оценки придорожных ландшафтов; защита от загрязнения компонентов окружающей среды.

В традиционных рекомендациях по озеленению дорожного полотна лесные насаждения подразделяют на снегозащитные, пескозащитные, шумогазопылезащитные и декоративные [7, 8].

Особое значение при строительстве и эксплуатации дорожного полотна имеет снегозащитная функция лесных полос, что особенно актуально для регионов с высоким уровнем снежного покрова в зимний период. Структура снегозащитных лесных полос приведена в таблице 1.

Для обеспечения боковой видимости расстояние от полотна дороги до путевой опушки насаждения должно быть: дороги 1 - 3 категории – 25 м, 4-5 категории – 15 м.

Таблица 1 – Структура снегозащитных лесополос вдоль автомобильных дорог
(составлена с использованием рекомендаций Федеральной дорожной службы РФ)

Снего-принос, м ³ /м	Расстояние от полотна дороги до путевой опушки, м	Ширина лесной полосы, м	Количество рядов		
			основных пород	сопутствующих пород	кустарников
<25	15-25	4	2	-	-
26-50	30	9	2	1	1
51-75	40	12	3	1	1
76-100	50	14	4	1	1
101-125	60	17	5	1	1
126-150	65	19	6	1	1
151-200	70	22	7	1	1

Примечание: при снегоприносе более 200 м³/м лесное насаждение создают из двух лент, параметры такого насаждения соответствуют лесной полосе при снегоприносе 76 - 100 м³/м и ширине межленточного расстояния 50 м.

На пересекающихся дорогах расстояния видимости поверхности земли определяются скоростями движения транспортных средств: 100 км/час – 140 м; 80 км/час – 100; 60 км/час – 75; 50 км/час – 60; 40 км/час – 50 и 30 км/час – 40 м. Расстояние между рядами лесополосы изменяются от 2,5 до 3,5 м, шаг посадки – от 0,5 до 1 м.

Пескозащитные насаждения создают при пересечении дорогой слаборосших песков в аридных условиях. На подвижных песках лесомелиорацию проводят одновременно с закреплением песков.

Шумогазопылезащитные насаждения создают при прохождении дорог через селитебные и особо охраняемые природные территории. Федеральная дорожная служба РФ рекомендует следующие параметры этих насаждений: ширина не менее 10 м, высота деревьев не менее 7...8 м (кустарники – 1,5...2 м), конструкция плотная, ширина междурядий 1,5...3 м, шаг посадки 0,5...2 м, поперечный профиль треугольный, пологий стороной обращенный к дороге, крутой – к полю.

Ассортиментный подбор пород проводят с учетом их устойчивости к газообразным выбросам, образующимся при работе двигателей внутреннего сгорания: дуб, ясень ланцетный, липа, тополь, граб, гледичия, шелковица, робиния, бирючина, спирея, жимолость, шиповник, акация желтая.

Насаждения придорожных ландшафтов должны обладать декоративностью с целью нарушения монотонности пейзажа. Декоративность осуществляется следующими приемами: регулярный – рядовые и аллейные посадки; свободный или ландшафтно-групповой – живописное размещение древесных видов группами различных размеров; смешанный – сочетание регулярных и ландшафтно-групповых посадок.

Дистанционно-картографическая и наземная оценка о состоянии и росте лесных полос, а также разработка с учетом полученных данных мероприятий по повышению их устойчивости позволит поддержать и улучшить выполняемые насаждениями защитные функции, повысить их биологическую устойчивость и долговечность.

В границах Волгоградской области были выполнены обследования придорожных лесных насаждений Р-22 «Каспий» (Москва – Астрахань) и Р-228 (Волгоград – Сызрань).

Полевые работы проводились на временных пробных площадях в соответствии с ОСТ-56-69-83. Перечет деревьев на пробных площадях вели по общепринятой методике с подразделением их на следующие категории: здоровые – без признаков усыхания, суховершинные – до 30 % протяженности кроны, усыхающие – более 30 % протяженности кроны и сухостой – без признаков жизни.

В процессе полевых исследований и анализа полученного материала установлено, что придорожные лесные насаждения представлены древостоями как чистого, так и смешанного составов, возраст которых в среднем колеблется в интервале от 25 до 40 лет. Главными древесными породами являются вяз приземистый, робиния лжеакация, дуб черешчатый, ясень зеленый, береза пушистая, из кустарников – смородина золотистая, жимолость татарская, бирючина обыкновенная, из сопутствующих пород – клен полевой и остролистный.

По своей структуре полосы представлены 4...10-рядными древостоями. Ширина полос в большинстве своем составляет 15...25 м, а многорядных – 30...40 м. По структуре продольного профиля полосы плотной конструкции, реже встречаются ажурно-плотные. В связи с этим, из-за отсутствия в них рубок ухода на протяжении всей жизни они слабо выполняют защитные функции. В зависимости от породного состава, возраста и условий произрастания средняя высота полос колеблется от 6...8 до 12...16 м, средний диаметр ствола – от 10 до 25 см, запас – от 60...80 до 140...200 м³/га.

На основании анализа результатов полевых исследований установлено, что в большинстве своем защитные полосы на обоих участках дорог имеют неудовлетворительное состояние, притупили рост, суховершинят и деградируют. Количество суховершинных и усыхающих стволов в насаждениях в среднем превышает 25...50 %, в отдельных случаях 60...80 %. Проанализировав состояние древостоев, мы пришли к выводу, что они уже достигли возраста возобновительной спелости, при которой способность к вегетативному возобновлению начинает падать. Они подлежат незамедлительной лесовозобновительной рубке, которая позволит получить вегетативную пневую поросль и обеспечить последующее естественное формирование древостоев порослевой генерации.

Для сохранения, а также продления их службы и повышения их защитных функций придорожных лесных насаждений следует незамедлительно провести лесопатологические обследования и осуществить комплекс лесоводственных, лесокультурных и агротехнических мероприятий [11].

На современном этапе развития геоинформационных технологий процесс управления дорожными ландшафтами является более эффективным (рисунок 3) [4, 2, 13].



Рисунок 3 – Ключевые блоки системы управления дорожными ландшафтами

При ландшафтном проектировании дорог геоинформационные технологии обеспечивают использование приемов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации [1].

Авторами предлагается геоинформационная технология мониторинга состояния полосы отвода автомобильной дороги и прилегающей местности, включающей придорожные защитные лесные полосы.

Заключение. При использовании методов дистанционного зондирования можно прийти к выводу, что при строительстве автомобильной дороги ее основным компонентом является ландшафтное оформление дороги, выполняющее технические, инженерно-биологические и эстетические функции. Строительство и прокладка дорожного полотна с ландшафтом должны основываться на внутренних закономерностях сочетания элементов ландшафта и их соотношения с размерами сооружений самой дороги с учетом требований к размерности масштабности.

Хорошо спланированная и построенная дорога с придорожными лесными насаждениями повышает безопасность движения, транспортно-эксплуатационные качества дороги.

Библиографический список

1. Анопин, В.Н. Технология мониторинга состояния полос отвода автомобильных дорог и придорожных территорий с использованием ГИС [Текст] / В.Н. Анопин, В.Г. Юферев, Г.А. Рулев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2014. – Вып. 35(54). – С. 160-166.
2. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия [Текст] / А.С. Рулев, С.С. Шинкоренко, В.Н. Бодрова, Н.В. Сидорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4 (52). – С. 115-122.
3. Долгов, С.В. Водный потенциал Волгоградской области и его современные изменения [Текст] / С.В. Долгов // Изв. РАН. Сер.: Географическая. – 2018. – № 4. – С. 77-88.
4. Жирин, В.М. Оценка биометрических параметров насаждений по изображениям межкрупного пространства на космических снимках сверхвысокого разрешения [Текст] / В.М. Жирин, С.В. Князева, С.П. Эйлина // Лесоведение. – 2018. – № 3. – С. 163-177.
5. Ландшафтный подход в градостроительном проектировании [Текст] / Б.И. Кочуров, Ю.А. Хазиахметова, И.В. Ивашкина, Е.А. Сукманова // Юг России: экология, развитие. – 2018. – Т. №13. – № 3. – С. 71-82.
6. Рулев, А.С. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной агролесомелиорации субаридных ландшафтов [Текст] / А.С. Рулев, А.М. Пугачева // Лесоведение. – 2018. – № 5. – С. 389-398.

7. Семенов, Ю.М. Картографирование геосистем для ландшафтного планирования районов республики Алтай [Текст] / Ю.М. Семенов, Г.И. Лысанов // География и природные ресурсы. – 2016. – № 4. – С. 66-75.
8. Семенов, Ю.М. Ландшафтное планирование – прикладной раздел комплексной физической географии [Текст] / Ю.М. Семенов // География и природные ресурсы. – 2017. – № 4. – С. 13-18.
9. Тютюнник, Ю.Г. О понятии ландшафтности [Текст] / Ю.Г. Тютюнник // Изв. РАН. Сер.: Географическая. – 2018. – № 5. – С. 104-114.
10. Хорошев, А.В. Современные направления структурного ландшафтоведения [Текст] / А.В. Хорошев // Изв. РАН. Сер.: Географическая. – 2016. – № 3. – С. 7-15.
11. Хорошев, А.В. Полимасштабная организация географического пространства [Текст]. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2016. – 416 с.
12. Aston, M. Interpreting the landscape [Tekst] / M. Aston. – L., N.Y.: Taylor & Francis, 2012. – 169 p.
13. Dieback classification modeling using high-resolution digital multispectral imagery and in situ assessments of crown condition [Tekst] / B. Evans, T.J. Lyons, P.A. Barber, G. Hardy, C. Stone // Remote sensing letters. – 2012. – Vol. 3. – № 6. – P. 541-550.
14. Kulik, K.N., Rulev, A.S., Yuferev, V.G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast [Tekst] / K.N. Kulik, A.S. Rulev, V.G. Yuferev // Arid Ecosystems. – 2015. – № 5 (3). – P. 134-141. doi:10.1134/S2079096115030087.

References

1. Anopin, V. N. Tehnologiya monitoringa sostoyaniya polos otvoda avtomobil'nyh dorog i pridorozhnyh territoriy s ispol'zovaniem GIS [Tekst] / V. N. Anopin, V. G. Yuferev, G. A. Rulev // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura. - 2014. - Vol. 35(54). - P. 160-166.
2. Geoinformacionnye tehnologii v obespechenii tochnogo zemledeliya [Tekst] / A. S. Rulev, S. S. Shinkorenko, V. N. Bodrova, N. V. Sidorova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 4 (52). - P. 115-122.
3. Dolgov, S. V. Vodnyy potencial Volgogradskoy oblasti i ego sovremennyye izmeneniya [Tekst] / S. V. Dolgov // Izv. RAN. Ser.: Geograficheskaya. - 2018. - № 4. - P. 77-88.
4. Zhirin, V. M. Ocenka biometricheskikh parametrov nasazhdeniy po izobrazheniyam mezhkronovogo prostranstva na kosmicheskikh snimkah sverhvyssokogo razresheniya [Tekst] / V. M. Zhirin, S. V. Knyazeva, S. P. Jejdina // Lesovedenie. - 2018. - № 3. - P. 163-177.
5. Landshaftnyy podhod v gradostroitel'nom proektirovanii [Tekst] / B. I. Kochu-rov, Yu. A. Haziahmetova, I. V. Ivashkina, E. A. Sukmanova // Yug Rossii: jekologiya, razvitie. - 2018. - Vol. №13. - № 3. - P. 71-82.
6. Rulev, A. S. Teoreticheskie i prikladnye aspekty nelinejnoj agrolesomeliyatsii subaridnyh landshaftov [Tekst] / A. S. Rulev, A. M. Pugacheva // Lesovedenie. - 2018. - № 5. - P. 389-398.
7. Semenov, Yu. M. Kartografirovaniye geosistem dlya landshaftnogo planirovaniya rayonov respubliky Altaj [Tekst] / Yu. M. Semenov, G. I. Lysanov // Geografiya i prirodnye resursy. - 2016. - № 4. - P. 66-75.
8. Semenov, Yu. M. Landshaftnoe planirovaniye - prikladnoy razdel kompleksnoy fizicheskoy geografii [Tekst] / Yu. M. Semenov // Geografiya i prirodnye resursy. - 2017. - № 4. - P. 13-18.
9. Tyutyunnik, Yu. G. O ponyatii landshaftnosti [Tekst] / Yu. G. Tyutyunnik // Izv. RAN. Ser.: Geograficheskaya. - 2018. - № 5. - P. 104-114.
10. Horoshev, A. V. Sovremennyye napravleniya strukturnogo landshaftovedeniya [Tekst] / A. V. Horoshev // Izv. RAN. Ser.: Geograficheskaya. - 2016. - № 3. - P. 7-15.
11. Horoshev, A. V. Polimasshtabnaya organizatsiya geograficheskogo prostranstva [Tekst]. - M.: T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2016. - 416 p.
12. Aston, M. Interpreting the landscape [Tekst] / M. Aston. – L., N.Y.: Taylor & Francis, 2012. – 169 p.
13. Dieback classification modeling using high-resolution digital multispectral imagery and in situ assessments of crown condition [Tekst] / B. Evans, T.J. Lyons, P.A. Barber, G. Hardy, C. Stone // Remote sensing letters. – 2012. – Vol. 3. – № 6. – P. 541-550.

14. Kulik, K.N., Rulev, A.S., Yuferev, V.G. Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast [Tekst]/ K.N. Kulik, A.S. Rulev, V.G. Yuferev// Arid Ecosystems. – 2015. – № 5 (3). – P. 134-141. doi:10.1134/S2079096115030087.

Информация об авторах

Рулев Александр Сергеевич, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Географии и картографии» Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 100), доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6152-288X>. **E-mail:** rulev54@rambler.ru

Анопин Владимир Николаевич, профессор кафедры «Геодезии» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28), доктор географических наук, профессор.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-3444-3456>. **E-mail:** Info@vgasu.ru

Рулев Глеб Александрович, научный сотрудник лаборатории «Агроэкологии и прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов» ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3815-0448>. **E-mail:** g.heroes@yandex.ru

Матвеева Анна Александровна, доцент кафедры «Экологии и природопользования» Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 100), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8110-3735>. **E-mail:** aamatveeva@bk.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.559: 635.64 (470.44/.47)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-6

ДЕЙСТВИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

INFLUENCE OF FOLIAR APPLICATION ON TOMATO PRODUCTIVITY IN THE VOLGA DELTA CONDITIONS

Ш.Б. Байрамбеков¹, доктор сельскохозяйственных наук

М.Ю. Анишко², кандидат сельскохозяйственных наук

Г.В. Гуляева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Е.Д. Гарьянова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Sh.B. Bairambekov¹, M.Yu. Anishko², G.V. Gulyaeva¹, E.D. Garyanova¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»

²ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»

¹All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon-Growing - a branch of the Federal State Budget Scientific Institution «The Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

²Federal State Budget Scientific Institution
«The Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

Дата поступления в редакцию 18.03.2019

Received 18.03.2019

Дата принятия к печати 10.06.2019

Submitted 10.06.2019

Исследования проводились в Камызякском районе Астраханской области на томате сорта Подарочный при капельном орошении. Некорневые подкормки растений томата в период вегетации быстрорастворимыми минеральными удобрениями особенно актуальны в условиях орошения в связи с быстрым усвоением питательных элементов растениями в критические периоды роста и развития. В статье приведены данные по влиянию некорневых подкормок минеральными удобрениями

ниями СелиКа и мочевины на формирование биометрических показателей и урожайность томата в условиях природно-климатической зоны дельты Волги. Полученные экспериментальные данные показали, что применение некорневых подкормок растений томата азотсодержащим минеральным удобрением СелиКа совместно с основным внесением минеральных удобрений нормой $N_{120}P_{135}K_{60}$ стимулировало ростовые процессы. Высота растений в фазу плодообразования увеличилась на 0,21 м, листьев сформировалось больше на 44,5 %, площадь листовой поверхности превышала контроль на 42,7 %. Некорневые подкормки удобрением СелиКа стимулировали образование большего количества кистей и завязавшихся плодов, которых на растении было образовано на 15,1 больше, чем на контроле, и на 1,6 плодов больше, чем при подкормках мочевиной. В формировании урожайности наиболее эффективным было влияние некорневых подкормок на фоне минеральных удобрений $N_{120}P_{135}K_{60}$, где урожайность существенно превышала контроль: с подкормками СелиКа на 57,6 %, мочевиной – на 51,7 %. По сравнению с рекомендованной дозой превышение составляло 22,1 % от действия подкормок СелиКа и 17,5 % от мочевины.

The research was conducted in Kamyzyakskiy district of the Astrakhan region on the tomato variety Podarochny under the drip irrigation. Foliar application of tomato plants during the vegetation period by fast-dissolving mineral fertilizers is especially relevant in irrigation conditions, due to the rapid uptake of nutrients by plants during critical periods of growth and development. The article presents the data on the effect of foliar application with the mineral fertilizers SeliKa and calurea on the formation of biometric indicators and the yielding capacity of tomato in the conditions of the natural climatic zone of the Volga Delta. The obtained experimental data showed that the application of foliar fertilizers of tomato plants with nitrogen-containing mineral fertilizer SeliKa in combination with the main application of mineral fertilizers of the rate $N_{120}P_{135}K_{60}$ stimulated growth processes. The plants height in the phase of fruit formation increased by 0,21 m, there were formed more leaves by 44,5%, the leaf-area duration exceeded the control variant by 42,7%. Foliar dressings with the SeliKa fertilizer boosted the formation of a larger number of trusses and set fruits, where were on 15,1 more trusses on the plants compared with the control variant and on 1,6 more fruits than with the urea applications. For the yields development the most effective point was the effect of foliar dressings on the background of mineral fertilizers $N_{120}P_{135}K_{60}$, where yielding capacity significantly exceeded the control variant: with SeliKa application by 57,6%, with urea applications – by 51,7%. Compared with the recommended dose, the excess was 22,1% due to the application of SeliKa dressings and 17,5% thanks to the use of urea.

Ключевые слова: томат, удобрение, некорневая подкормка, биометрические показатели, урожайность.

Key words: tomato, fertilizer, foliar application, biometric indicators, yielding capacity.

Работа выполнена по теме Государственного задания 0721-2014-0033

«Усовершенствовать зональные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях орошения на юге России на основе современных достижений науки и передового опыта в области экологической и экономической оптимизации растениеводства»

Цитирование. Байрамбеков Ш.Б., Анишко М.Ю., Гуляева Г.В., Гарьянова Е.Д. Действие некорневых подкормок на продуктивность томата в условиях дельты Волги. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 63-69. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-6.

Citation. Bairambekov Sh.B., Anishko M.Yu., Gulyaeva G.V., Garyanova E.D. Influence of foliar application on tomato productivity in the Volga delta conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 63-69. (in Russian). DOI: 10.32786/ 2071-9485-2019-02-6.

Введение. Природно-климатические условия в Астраханской области позволяют стать ей одним из главных производителей овощных культур в России. На первом месте по производству овощей в области стоит производство томатов. Широкое использование томатов объясняется их многоцелевым использованием как в свежем, так и переработанном виде [1, 2]. Сборы томатов открытого грунта в области имеют устойчивую тенденцию к росту. За период 2010-2012 годы производство томатов повысилось

на 8 %, в 2014 году было собрано 442,1 тыс. тонн, что на 54,6 % превышало показатели 2012 года. В 2017 году отмечен дальнейший рост производства томатов, превышающий предыдущие показатели почти на четверть. Прирост урожайности во многом обеспечивается за счет внедрения капельного полива и новых элементов технологии возделывания томатов [4, 7, 10]. Современные технологии возделывания овощных культур включают использование сортов интенсивного типа, рациональное применение минеральных удобрений, пестицидов и другие агротехнические приемы, среди которых все более широкое распространение находят некорневые подкормки растений [3, 5, 11, 12]. К преимуществам некорневых подкормок относится быстрое усвоение питательных элементов растениями, особенно в критические периоды роста и развития, когда потребность в них велика [6,8]. Разработка приемов, способствующих повышению урожайности без увеличения норм вносимых удобрений, улучшающих деятельность листового аппарата, обеспечивающих получение качественной, экологически безопасной продукции, является важным направлением в технологии производства томатов [9].

Целью исследований являлось изучение влияния некорневых подкормок вегетирующих растений томата минеральным азотным удобрением СелиКа для повышения продуктивности посадок и качества продукции, оптимизации минерального питания в технологии возделывания применительно к почвенно-климатическим условиям и специфике орошаемого земледелия Астраханской области.

Материалы и методы. В соответствии с поставленной целью полевые опыты закладывались и проводились на полях ООО «Надежда -2» Камызякского района Астраханской области в период 2015-2017 гг.

Схема опыта включала 6 вариантов:

1. Без удобрений (контроль)	4. СелиКа (2 некорневые подкормки)
2. $N_{120}P_{135}K_{60}$ (основное внесение)	5. $N_{120}P_{135}K_{60}$ + мочевины (2 некорневые подкормки)
3. $N_{120}P_{135}K_{60}$ + СелиКа (2 некорневые подкормки)	6. Мочевина (2 некорневые подкормки)

Опыты закладывались в четырехкратной повторности; площадь посевной делянки – 50,4 м², учетной – 16,8 м²; схема посадки 1,4 х 0,20 м. Сорт томата Подарочный. В опыте использовали рассадный способ выращивания. Исследования сопровождались необходимыми наблюдениями, учетами и измерениями согласно требованиям методики опытного дела (Доспехов Б.А., 1985, Литвинов С.С., 2011). Плоды для биохимического анализа отбирались отдельно с каждого варианта, в них определяли: сухое вещество (%), (Ермаков А.И., 1987); сумма сахаров (%), (Ягодин Б.А., 1987); аскорбиновая кислота (мг/%), (Ермаков А.И., 1987); кислотность (%), (Ягодин Б.А., 1987); нитратов (NO₃), мг/кг сырой массы – с помощью ионно-селективного электрода. Учет урожая проводился поделочно, методом взвешивания с разделением по фракциям согласно ГОСТ 17-25-85 «Томаты свежие. Технические условия».

Комплексное минеральное удобрение СелиКа, используемое для некорневых подкормок, имеет массовую долю азота общего 17-24 %, массовую долю кальция 14 %. Карбамид (мочевина) – CO(NH₂)₂, содержание азота 46 %. Содержащийся в мочеvine азот водорастворим, амидная форма азота хорошо усваивается листьями растений, поэтому некорневые подкормки этим удобрением нашли широкое применение при выращивании овощных культур в условиях орошения.

Некорневые подкормки растений томата осуществляли методом ручного опрыскивания с помощью опрыскивателя Гарден. Первая некорневая подкормка растений проводилась через 10 дней после высадки рассады в открытый грунт, вторая – через 15 дней после первой обработки. Расход СелиКа составлял 7,5 л/га, расход рабочего рас-

твора 300 л/га, мочевины 1% раствор. Минеральные удобрения вносились в дозе, рекомендованной при возделывании томатов в данном регионе. Математическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Все агротехнические мероприятия в технологии возделывания томата, кроме изучаемых, осуществлялись согласно зональным условиям и существующим рекомендациям. Предшественником томатов являлся рис. Высадка рассады томатов в открытый грунт проводилась по предварительно нарезанным бороздам в первой декаде мая, возраст рассады 35 суток. Орошение в период вегетации осуществлялось капельным способом при поддержании уровня влажности почвы 80-85 % НВ.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа почвенных проб, ежегодно проводившихся перед закладкой опыта, показали, что по гранулометрическому составу почва тяжелосуглинистая, по содержанию питательных веществ относится к среднеобеспеченной по фосфору, хорошо – по калию и низкообеспеченной – по азоту. Реакция рН среды в пахотном слое 01...0,2 м близкая к нейтральной (рН 7,2), среднее содержание гумуса 1,29...1,73 %.

Растения томатов по своей биологии характеризуются способностью к продолжительному росту и новообразованию органов, в связи с чем имеют большие потенциальные возможности формирования высокой продуктивности. Улучшение условий питания позволяет активизировать ростовые процессы, цветение и плодообразование продолжается в течение большей части вегетационного периода. При высадке рассады в открытый грунт различий между вариантами по надземной массе не было отмечено. Корневая система растений в период приживания медленно усваивает из почвы трудно растворимые питательные вещества, что обуславливает повышенную отзывчивость на некорневую подкормку, обеспечивающую доступность питательных элементов в эту фазу роста. Биометрические измерения растений томата, проведенные в динамике по основным фазам развития, показали, что некорневые подкормки азотсодержащим удобрением СелиКа и мочевиной оказали стимулирующее воздействие на формирование вегетативной массы растений томата и отразили преимущество линейных размеров растений и количества сформированных листьев на удобренных вариантах.

В фазу цветения 1...2 кисти на варианте с фоновым внесением минеральных удобрений и двух некорневых подкормок СелиКа линейный размер главного стебля превышал контрольный вариант на 0,13 м, в фазу плодообразования – на 0,21 м; на варианте с некорневыми подкормками мочевиной эти показатели составляли 0,14...0,23 м, соответственно. Формирование биомассы растений и их урожайность определяются интенсивностью фотосинтетической деятельности, которая зависит от облиственности растений. Наибольшее количество листьев на всех вариантах было сформировано растениями в фазу плодообразования. На варианте с двумя некорневыми подкормками СелиКа количество листьев превышало контроль на 15,9 %, с двумя некорневыми подкормками мочевиной превышение составило 21,7 %. При совместном применении минеральных удобрений и некорневых подкормок СелиКа листьев было сформировано на 44,5 % больше, при опрыскивании мочевиной – на 45,3 %, по сравнению с контролем (таблица).

Усиление ростовых процессов, интенсивное формирование листового аппарата отразилось на площади листьев и периоде их активной работы. Результаты наблюдений за динамикой формирования площади листьев показали, что интенсивное нарастание листовой поверхности отмечалось на вариантах, где применяли листовые обработки и полное минеральное удобрение. Площадь листьев превышала контрольный вариант в период плодообразования при обработках растений томата СелиКа на 42,7 %, мочевиной – на 44,2 %.

Таблица – Биометрические показатели и урожайность томата (среднее за 2015-2017 гг.)

Вариант	Количество листьев, шт./раст.	Площадь листьев, тыс. м ² /га	Количество плодов, шт./раст.	Урожайность, т/га
1. Без удобрений (контроль)	66,8	38,4	22,3	44,3
2. N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₆₀	74,6	49,3	29,1	57,2
3. N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₆₀ + СелиКа (7,5 л/га)	96,5	54,8	37,4	69,8
4. СелиКа (7,5 л/га)	77,4	46,4	33,3	58,1
5. N ₁₂₀ P ₁₃₅ K ₆₀ + мочевины (1 %)	97,1	55,4	35,8	67,2
6. Мочевина (1 %)	81,3	48,2	32,9	57,8
НСР _{0,05}	6,6	3,7	2,9	8,1

В фазу массового плодоношения основное нарастание биомассы останавливается и начинается усиленное нарастание плодов. Количество листьев нижнего яруса, их общее количество на растении уменьшалось по мере старения и отмирания, в результате площадь листьев в период массового плодоношения снизилась, но на вариантах с некорневыми подкормками также отмечалось превышение, которое составляло в среднем 11,3...32,6 %. Положительное влияние улучшенных условий минерального питания отразилось на формировании урожайности и структуре урожая. Опрыскивание растений минеральным азотным удобрением СелиКа стимулировало образование большего количества кистей, количества завязавшихся плодов. На варианте совместного применения минеральных удобрений и некорневых подкормок СелиКа было образовано на 15,1 шт./раст. плодов больше, чем на контроле, а с некорневыми подкормками мочевиной – на 13,5 шт./раст. Средняя масса плода варьировала от 74,6 г на контрольном варианте до 94,8 г на варианте совместного применения минеральных удобрений и некорневых подкормок СелиКа. Внесение минеральных удобрений и двукратная некорневая подкормка растений удобрением СелиКа способствовали увеличению урожайности на 22,1 %, по сравнению с рекомендованной дозой, и на 57,6 %, по сравнению с контролем. Две некорневые подкормки мочевиной на фоне минеральных удобрений повысили урожайность, по сравнению с рекомендованной дозой, на 17,5 %, по сравнению с контролем – на 51,7 %. На вариантах с применением только некорневых подкормок мочевиной и СелиКа урожайность по отношению к контролю повысилась на 30,5...31,1 %.

Результаты химического анализа плодов показали, что содержание сухого вещества в среднем составляло 6,48-6,84 % на удобренных вариантах и 5,96 % на контроле. Сумма сахаров варьировала от 4,06 % на контрольном варианте до 4,82-4,87 % при удобрении. По содержанию нитратов в плодах превышения ПДК (150 мг/кг) не было обнаружено.

Заключение. На основании полученных результатов установлено, что совместное применение основного внесения минеральных удобрений N₁₂₀P₁₃₅K₆₀ с некорневыми подкормками удобрениями СелиКа и мочевины оптимизировало питательный режим томатов сорта Подарочный. Некорневые подкормки стимулировали ростовые процессы, увеличивая высоту растений в фазу плодообразования на 0,21...0,23 м, количество листьев – на 44,5...45,3 %, количество плодов на 15,1...13,5 шт./раст. Применение некорневых подкормок способствовало интенсивному формированию ассимиляционного аппарата, который в период плодообразования превышал контрольный вариант на 42,7 % при обработках СелиКа и на 44,2 % мочевиной. В формировании урожайности наиболее эффективным было влияние некорневых подкормок на фоне минеральных удобрений N₁₂₀ P₁₃₅ K₆₀, где урожайность существенно превышала контроль: с подкормками СелиКа на 57,6 %, мочевиной – на 51,7 %. По сравнению с рекомендованной дозой превышение составляло 22,1 % от применения подкормок СелиКа и 17,5 % от применения мочевины.

Библиографический список

1. Авдеев, А.Ю. Селекция томата для разных целей использования, классификации сортов и технологии выращивания в Нижнем Поволжье [Текст] / А.Ю. Авдеев. – Астрахань. – 2012. – 211 с.
2. Вакуленко, В.В. «НЭСТ»: эффективные регуляторы роста на томатах [Текст] / В.В. Вакуленко // Картофель и овощи. – 2014. – №2. – С. 15-16.
3. Говоров, Д.Н. Применение гуматов в сельскохозяйственном производстве [Текст] / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, П.Б. Щетинин // Защита и карантин растений. – 2017. – №9. – С. 10-12.
4. Гуляева, Г.В. Высокий урожай раннего картофеля [Текст] / Г.В. Гуляева, Е.Д. Гарьянова, Н.А. Петрова и др. // Картофель и овощи. – 2013. – № 8. – С.22.
5. Дорожкина, Л.А. Применяйте регуляторы роста и силеплант [Текст] / Л.А. Дорожкина, П.Е. Пузырьков, Ш.Б. Байрамбеков // Картофель и овощи. – 2011. – №4. – С. 16.
6. Иванова, И.Ю. Эффективность хелатных удобрений на темно-серых лесных почвах Чувашии [Текст] / И.Ю. Иванова // Картофель и овощи. – 2012. – № 1. – С.17-18.
7. Никульчев, А.А. Классификация основных направлений научно-технического прогресса в растениеводстве [Текст] / А.А. Никульчев // Теоретические и прикладные проблемы АПК. – 2016. – №3. – С. 63-64.
8. Хорошкин, А.Б. Аминокислоты в листовых подкормках [Текст] / А.Б. Хорошкин // Картофель и овощи. – 2015. – №5. – С. 17-18.
9. Хорошкин, А.Б. Листовые подкормки картофеля (краткий обзор) [Текст] / А.Б. Хорошкин // Картофель и овощи. – 2015. – №11. – С. 25-26.
10. Gupta, J.P. Response of tomato and okracrops to irrigation and mulch in an arid region of India [Tekst] / J.P. Gupta, G.N. Gupta // Agrochinnica. – 1987. – №31. – P. 193-202.
11. Liu, G. Biologically active compounds isolated from algae and their application as a plant growth regulators [Tekst] / G. Liu, E. Hanlon, Y. Li // IX International conference daRostim, Phytohormones, humic substance and other biologically active compounds for agriculture, human health and environment protection. – Procttdings, 2013. – P.18-19.
12. Mudrykh, N.M. Effect of Fertilizers on the Productivity of Crop Rotation and on Organic Matter in the Soil [Tekst] / N.M. Mudrykh, I.A. Samofalova, A.I. Kosolapova// Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management: 8th International Soil Science Cogress. – Izmir. – 2012. – V.1. – P.335-338.

Reference

1. Avdeev, A. Yu. Selekcija tomata dlya raznyh celej ispol'zovaniya, klassifikacii sortov i tehnologii vyraschivaniya v Nizhnem Povolzh'e [Tekst] / A. Yu. Avdeev. - Astrahan'. - 2012. - 211 p.
2. Vakulenko, V. V. «NJeST»: Jeffektivnye regulatory rosta na tomatah [Tekst]/ V. V. Vakulenko // Kartofel' i ovoschi. - 2014. - №2. - P. 15-16.
3. Govorov, D. N. Primenenie gumatov v sel'skohozyajstvennom proizvodstve [Tekst] / D. N. Govorov, A. V. Zhivyyh, P. B. Schetinin // Zaschita i karantin rastenij. - 2017. - №9. - P. 10-12.
4. Gulyaeva, G. V. Vysokij urozhaj rannego kartofelya [Tekst] / G. V. Gulyaeva, E. D. Gar'yanova, N. A. Petrova i dr. // Kartofel' i ovoschi. - 2013. - № 8. - P.22.
5. Dorozhkina, L. A. Primenyajte regulatory rosta i siliplant [Tekst] / L. A. Dorozhkina, P. E. Puzyr'kov, Sh. B. Bajrambekov // Kartofel' i ovoschi. - 2011. - №4. - P. 16.
6. Ivanova, I. Yu. Jeffektivnost' helatnyh udobrenij na temno-seryh lesnyh pochvah Chuvashii [Tekst] / I. Yu. Ivanova // Kartofel' i ovoschi. - 2012. - № 1. - P. 17-18.
7. Nikul'chev, A. A. Klassifikaciya osnovnyh napravlenij nauchno-tehnicheskogo progressa v rastenievodstve [Tekst] / A. A. Nikul'chev // Teoreticheskie i prikladnye problemy APK. - 2016. - №3. - P. 63-64.
8. Horoshkin, A. B. Aminokisloty v listovyh podkormkah [Tekst] / A. B. Horoshkin // Kartofel' i ovoschi. - 2015. - №5. - P. 17-18.
9. Horoshkin, A. B. Listovye podkormki kartofelya (kratkij obzor) [Tekst] / A. B. Horoshkin // Kartofel' i ovoschi. - 2015. - №11. - P. 25-26.
10. Gupta, J.P. Response of tomato and okracrops to irrigation and mulch in an arid region of India [Tekst] / J.P. Gupta, G.N. Gupta // Agrochinnica. – 1987. – №31. – P. 193-202.

11. Liu, G. Biologically active compounds isolated from algae and their application as a plant growth regulators [Tekst] / G. Liu, E. Hanlon, Y. Li // IX International conference daRostim, Phyto-hormones, humic substance and other biologically active compounds for agriculture, human health and environment protection. – Procttdings, 2013. – P. 18-19.

12. Mudrykh, N.M. Effect of Fertilizers on the Productivity of Crop Rotation and on Organic Matter in the Soil [Tekst] / N.M. Mudrykh, I.A. Samofalova, A.I. Kosolapova// Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management: 8th International Soil Science Cogress. – Izmir. – 2012. – Vol. 1. – P. 335-338.

Информация об авторах

Байрамбеков Шамиль Байрамбекович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом агротехнологий и мелиораций Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (РФ, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д.16). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3193-8256>.
E-mail: vniiob-100@mail.ru

Анишко Михаил Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5803-0507>. **E-mail:** amo2015@yandex.ru

Гуляева Галина Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела агротехнологий и мелиораций ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», (РФ, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д.16).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0357-8548>. **E-mail:** galyagul@mail.ru

Гарьянова Елена Дмитриевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела агротехнологий и мелиораций ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», (РФ, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, д.16). **E-mail:** vniiob-100@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 635.65: 631.86

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-7

ВОЛЖАНИН 50 – НОВЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СОРТ НУТА

VOLZHANIN 50 - NEW PERSPECTIVE VARIETY OF CHICKPEA

А.В. Балашов¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

В.В. Балашов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.А. Малахова², кандидат сельскохозяйственных наук

Д.А. Мартынов², магистр

A.V. Balashov¹, V.V. Balashov², A.A. Malahova², D.A. Martynov²

¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹The Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoye Zaymische

²Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 29.03.2019

Received 29.03.2019

Дата принятия к печати 29.05.2019

Submitted 29.05.2019

Внедрение новых сортов, которые обладают лучшими свойствами по сравнению с возделываемыми, способствует повышению урожайности, улучшению качества продукции. Новый крупносемянный сорт нута Волжанин 50 имеет ряд положительных свойств, которые выделяют

его среди других возделываемых сортов. Получен индивидуальным отбором из гибридной популяции от скрещивания сорта Волгоградский 10 с крупносемянным образцом из Сирии. Разновидность *transkaukaziko karneum*. Он обладает повышенной устойчивостью к полеганию (5 баллов). Бобы овальные с клювовидным кончиком, устойчивость к растрескиванию и опадению высокая (5 баллов). В конкурсном сортоиспытании масса 1000 зерен в среднем за 3 года составила 317 г. Сорт среднеспелый, созревает на 2...5 суток позднее стандарта, цветение наступает на 26...34 сутки, хозяйственная спелость на 49...54 сутки с начала цветения. Поражается болезнями и повреждается вредителями на уровне стандарта. Содержание белка на 0,6...1,0 %. Государственное сортоиспытание проводилось на 4 сортоучастках 8 региона, из которых 2 расположены на чернозёмных почвах (Еланский и Башантинский и 2 на светло-каштановых (Волгоградская ГСС и Октябрьский). Гидротермические условия за годы исследований (2016, 2017 гг.) на сортоучастках были различны, что оказало значительное влияние на изучаемые показатели. В среднем за два года по урожайности выделился сорт Волжанин 50. Так, на Волгоградской ГСС он превысил стандарт на 0,47 т/га, по Еланскому ГСУ – на 0,43 т/га. При отсутствии осадков на Октябрьском ГСУ урожайность у обоих сортов оказалась низкой. На Башантинском ГСУ в Калмыкии, Волжанин 50 превысил стандарт на 0,50 т/га. В последние годы возрос интерес к сортам с более крупным зерном. К ним относится Волжанин 50. На Волгоградской ГСС новый сорт по массе 1000 зерен превысил стандарт на 116 г, на Октябрьском ГСУ – на 48 г. Самое крупное зерно массой 397 г сформировалось у нового сорта в 2017 году на Волгоградской ГСС. Продолжительность вегетационного периода у сортов нута изменялась в зависимости от сложившихся погодных условий. В среднем за два года сорт Волжанин 50 созревал одновременно или с разницей в 2...5 суток по сравнению с сортом-стандартом. На основании данных государственного сортоиспытания можно сделать вывод, что новый сорт Волжанин 50 превосходил по урожайности и крупности семян стандартный сорт Волгоградский 10. Сорт Волжанин 50 допущен к использованию в Волгоградской области и Республике Калмыкия в 2018 году.

The introduction of new varieties that have better properties than cultivated contributes to increasing yields, improving product quality. A new whole-seed variety of chickpea Volzhanin 50 has a number of positive properties that distinguish it from other cultivated varieties. Obtained by individual selection from a hybrid population from crossing the variety Volgograd 10 with a large seed sample from Syria. A kind of «Transkaukaziko karneum». It has a high resistance to lodging (5 points). Oval beans with a coraciform tip, high resistance to cracking and abscission (5 points). In competitive variety testing, the mass of 1000 grains on average over 3 years was 317 g. The variety is middle-ripening, ripens 2 to 5 days later than the standard, flowering occurs at 26 to 34 days, economic ripeness at 49 to 54 days from the beginning of flowering. Affected by disease and damaged by pests at the standard level. The protein content is 0,6 ... 1,0%. State variety testing was carried out on 4 varieties of 8 regions, of which 2 are located on chernozem soils (Elansky and Bashantinsky and 2 on light chestnut (Volgograd State Variety Testing Plot and Oktyabrsky). The hydrothermal conditions for the years of research (2016, 2017)) were different at which had a significant impact on the studied indicators. On average for two years, the Volzhanin 50 variety stood out in terms of yield, for example, at the Volgograd State Breeding Station it exceeded the standard by 0,47 t / ha, according to the Yelansky State Variety Testing Plot by 0,43 t/ha. On October State Variety Testing Plot the life expectancy of both varieties was low. At the Bashantinsky State Variety Testing Plot in Kalmykia, Volzhanin 50 exceeded the standard by 0,50 t/ha. In recent years, interest has grown in varieties with larger grains. Volzhanin 50 belongs to them. 1000 grains exceeded the standard by 116 g, at the October State Variety Testing Plot by 48 g. The largest grain weighing 397 g was formed in the Volgograd State Breeding Station in 2017. The length of the growing season for chickpea varieties varied depending on the prevailing weather conditions. For an average of two years, the «Volzhanin 50» variety ripened simultaneously or with a difference of 2 to 5 days compared with the standard variety. Based on the data of the state variety testing, it can be concluded that the new variety «Volzhanin 50» exceeded the standard variety Volgogradsky in yield and grain size 10. The variety Volzhanin 50 was approved for use in the Volgograd region and Republic of Kalmykia in 2018.

Ключевые слова: сорта нута, сортоиспытание, гидротермические условия, урожайность, масса 1000 зерен, высота растений, вегетационный период.

Key words: chickpea varieties, varietal testing, hydrothermal conditions, yield, mass of 1000 grains, plant height, vegetation period.

Цитирование. Балашов А.В., Балашов В.В., Малахова А.А., Мартынов Д.А. Волжанин 50 – новый перспективный сорт нута. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 69-75. DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-7.

Citation. Balashov A.V., Balashov V.V., Malakhova A.A., Martynov D.A. Volzhanin 50 – a new promising chickpea variety. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 69-75. (in Russian). DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-7.

Введение. Из зернобобовых культур в засушливых регионах России лучше приспособлен нут, обладающий высокой засухоустойчивостью, жаровыносливостью, не полегает, бобы при созревании не растрескиваются. В зерне содержится до 32 % белка, до 60 % углеводов, до 8 % жира, большое количество витаминов и минеральных солей. Он обладает высокими пищевыми достоинствами [1, 3, 9, 10, 11, 12].

Растения нута способны вступать в симбиоз с клубеньковыми бактериями и путём биологической азотфиксации усваивать из атмосферы за вегетацию 30...150 кг/га азота и более [2, 4, 5, 15].

Нут является хорошим предшественником. Урожайность зерна озимой пшеницы по черному пару после подсолнечника за 4 года составила 3,43 т/га, содержание клейковины – 21,2 %, по черному пару после нута соответственно – 3,68 т/га и 24,0 % [13].

Урожайность нута зависит от сложившихся погодных условий, внесения минеральных, органических удобрений, биологически активных веществ и технологии возделывания. Значительная роль в повышении урожайности и улучшения качества продукции принадлежит сорту [7, 6, 8]. Новый сорт Волжанин 50 имеет ряд положительных свойств, которые выделяют его среди других сортов [1].

Материалы и методы. Описание сорта Волжанин 50. Выведен индивидуальным отбором из гибридной популяции, полученной от скрещивания сорта Волгоградский 10 с крупносемянным образцом из Сирии. Разновидность *transkaukaziko karneum*.

Всходы опушённые, зелёные, растения кустовой формы, ветвей первого порядка 2...3, высокорослые (до 0,40 м и более), прикрепление нижних бобов от 0,19 м и выше. Стебель, листья опушённые, устойчивость к полеганию высокая (5 баллов). Цветки белые, одиночные. Бобы овальные с клювовидным кончиком, устойчивость к опадению и растрескиванию высокая (5 баллов). Семян в бобе 1...2, форма от округлой до угловатой, гладкие, белые с бежевым оттенком. В конкурсном сортоиспытании масса 1000 зерен в среднем за три года составила 317 г, что на 90 г крупнее стандарта. По урожайности превысил стандарт на 0,23 т/га, выход товарной фракции значительно выше стандарта.

Сорт среднеспелый, созревает на 2...5 суток позднее стандарта, цветение наступает на 26...34 сутки, хозяйственная спелость – на 49...54 сутки с начала цветения. На уровне стандарта поражается болезнями и повреждается вредителями, устойчивость к засухе. В зерне содержание белка на 0,6...1,0 % выше стандарта. Волжанин 50 допущен к использованию в Волгоградской области и Республике Калмыкия в 2018 году.

Результаты и обсуждение. Погодные условия на государственных сортоучастках были различны, что позволило оценить возможности нового сорта. Так, на Волгоградской ГСС в среднем за два года новый сорт превысил стандарт на 0,47 т/га, на Еланском ГСУ – 0,43 т/га. При отсутствии осадков на Октябрьском ГСУ урожайность у обоих сортов оказалась одинаково низкой. На Башантинском ГСУ в Калмыкии превысил стандарт на 0,50 т/га (таблица 1).

В последние годы появился интерес к сортам с более крупным зерном. К ним относится Волжанин 50. Данные сортоиспытания показали, что гидротермические условия оказывали значительное влияние на крупность зерна. В среднем за два года новый сорт по массе 1000 зерен превысил стандарт от 116 г на Волгоградской ГСС до 48 г по Октябрьскому ГСУ.

Таблица 1 – Урожайность нута Волжанин 50 в сравнении со стандартным сортом Волгоградский 10, т/га

Область	Сортоучасток	Сорт	Год		
			2016	2017	Среднее
Волгоградская	Волгоградская ГСС	Волгоградский 10	1,86	2,00	1,93
		Волжанин 50	2,32	2,49	2,40
	Еланский	Волгоградский 10	1,64	0,90	1,27
		Волжанин 50	2,08	1,50	1,70
	Октябрьский	Волгоградский 10	0,35	0,51	0,43
		Волжанин 50	0,35	0,52	0,44
Республика Калмыкия	Башантинский	Волгоградский 10	0,53	1,23	0,88
		Волжанин 50	0,85	1,90	1,38

На Еланском ГСУ и Башантинском ГСУ было отмечено превышение в 50 и 63 г соответственно. Самое крупное зерно с массой 397 г у нового сорта сформировалось в 2017 году на Волгоградской ГСС (рисунок 1).

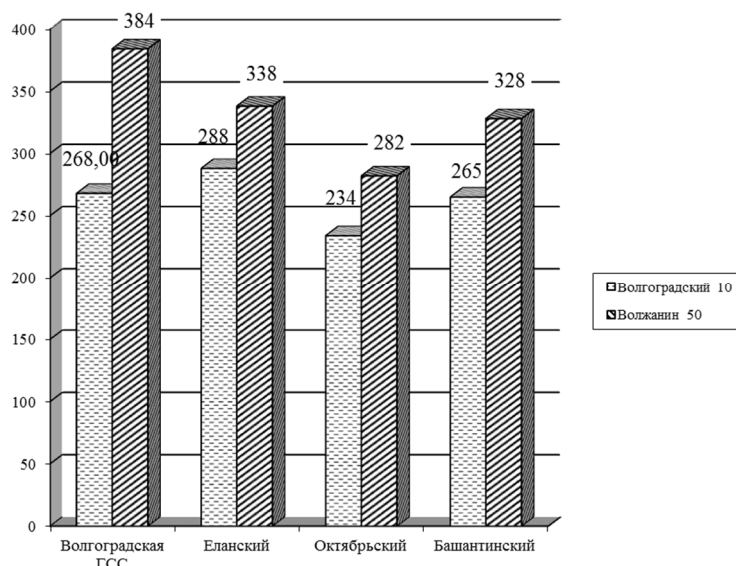


Рисунок 1 – Масса 1000 зерен нута Волжанин 50 в сравнении со стандартным сортом Волгоградский 10, г

Возделывание нута возможно только при применении комплекса машин, которые выдвигают ряд требований к высоте растений и высоте прикрепления нижнего боба. Изменчивость этих показателей зависит от зоны возделывания, площади питания, сроков посева, норм высева и агротехники.

Проведенные наблюдения во время сортоиспытаний показали, что по высоте растений в 2016 году на Октябрьском и Башантинском ГСУ сорт Волжанин 50 уступил стандарту 0,06 м, а на Волгоградской ГСС и Еланском ГСУ превысил стандарт на 0,03...0,04 м.

В условиях 2017 года различия по высоте растений нута составили от 0 до 0,16 м. Самыми низкорослыми были растения на Октябрьском ГСУ – 0,36 м (рисунок 2).

При возделывании нута важное значение имеет продолжительность вегетационного периода. Скороспелые сорта лучше используют запасы влаги и меньше подвержены влиянию засухи. На каждом этапе развития требования растений к условиям внешней среды изменяются и зависят от биологических особенностей сорта.

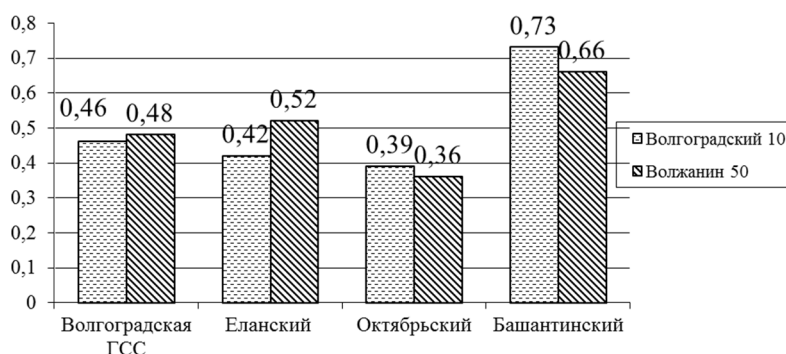


Рисунок 2 – Высота растений сорта Волжанин 50 в сравнении со стандартным сортом Волгоградский 10, м

Проведенные исследования показали, что продолжительность вегетационного периода у изучаемых сортов нута изменялась в зависимости от сложившихся погодноклиматических условий. В среднем за два года испытаний продолжительность периода вегетации у сорта Волжанин 50 была на 2 суток короче стандарта на Волгоградской ГСС и Еланском ГСУ. На остальных ГСУ не наблюдалось значительных различий в сравнении со стандартным сортом. Засушливые условия и отсутствие влаги в почве сокращали период вегетации. Так, на Октябрьском ГСУ период вегетации составил 60 суток, а на Волгоградской ГСС и Башантинском ГСУ на 30 суток больше.

Самый короткий период вегетации был отмечен в 2016 году на Октябрьском ГСУ – 53 суток, на Волгоградской ГСС сорт Волжанин 50 созрел за 99 суток.

На основании данных государственного сортоиспытания следует сделать вывод, что новый сорт Волжанин 50 превосходил по урожайности и крупности семян сорт-стандарт, а по продолжительности вегетации и высоте растений не уступал сорту Волгоградский 10.

Заключение. На сегодняшний день создано большое количество сортов нута. В последние годы возрос интерес к сортам с более крупным зерном, так как основная масса его вывозится за рубеж. В комплексе мероприятий, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, важное место принадлежит использованию высокоурожайных сортов, приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям. К ним относится Волжанин 50. Данные сортоиспытания показали, что на государственных сортоучастках погодные условия были различны, это позволило оценить возможности нового сорта. При отсутствии осадков на Октябрьском ГСУ на светло-каштановых почвах урожайность не превышала 0,5 т/га, в то же время на Волгоградской ГСС, расположенной в той же зоне, при выпадении осадков урожайность составила в среднем за два года 2,4 т/га. Новый сорт Волжанин 50 превосходил по крупности семян, продолжительности вегетации, высоте растений сорт-стандарт. Волжанин 50 внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Волгоградской области и Республике Калмыкии. Для ускоренного внедрения нового крупносемянного сорта, следует разработать технологию возделывания, соответствующую его биологическим особенностям и ареалу распространения. Своевременно организовать производство элитных семян.

Библиографический список

1. Балашов, В.В. Влияние минеральных удобрений и ризоторфина на урожайность нута в Левобережье Дона Волгоградской области [Текст] / В.В. Балашов, А.В. Балашов, В.В. Кудин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №4. – С. 20-23.

2. Балашов, В.В. Волгоградский нут [Текст] / В.В. Балашов, А.В. Балашов. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. – 108 с.
3. Булынец, С.В. Результаты изучения коллекционных образцов нута в условиях Тамбовской области [Текст] / С.В. Булынец, Л.Ю. Новиков, Г.А. Гриднев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 1. – С. 9-17.
4. Васильченко, С.А. Влияние инокуляции семян штаммами ризоторфина на урожайность нута в Южной зоне Ростовской области [Текст] / С.А. Васильченко, Е.В. ИONOва, Д.М. Марченко // Зерновое хозяйство России. – 2018. – №4. – С. 35-38.
5. Васильченко, С.А. Влияние агроприемов возделывания на урожайность нута в южной зоне Ростовской области [Текст] / С.А. Васильченко, Г.В. Метлина // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №3. – С. 59-63.
6. Васильченко, С.А. Влияние метеоусловий на урожайность и содержание белка в зерне нута при возделывании в южной зоне Ростовской области [Текст] / С.А. Васильченко, Г.В. Метлина, Н.В. Нехорошова // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №4. – С. 48-53.
7. Влияние предпосевной обработки разными штаммами *Risobium Cicer* семян образцов нута из коллекции ВИР на продуктивность в условиях Тамбовской области [Текст] / С.В. Булынец, Л.Ю. Новиков, Г.А. Гриднев, Е.А. Сергеев // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 2. – С. 23-28.
8. Германцева, Н.И. Культура нута в условиях меняющегося климата [Текст] / Н.И. Германцева // Аграрный Вестник Юго-Востока. – 2015. – №1. – С. 12-13.
9. Германцева, Н.И. Селекция нута на крупность семян [Текст] / Н.И. Германцева, Т.В. Селезнёва // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2018. – №2. – С. 6-8.
10. Использование нового пищевого ингредиента в производстве мясных продуктов функционального назначения [Текст] / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Ю.Д. Данилов и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №4 (52). – С. 219-229.
11. Оценка устойчивости к фузариозу коллекционного и селекционного материала нута [Текст] / В.И. Сичкар, И.В. Бабаянц, С.М. Пасичник, А.И. Кривенко, М.А. Бушулян // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 1. – С. 67-76.
12. Пташник, О.П. Изучение сортов нута в условиях степного Крыма [Текст] / О.П. Пташник // Зерновое хозяйство России. – 2016. – №2. – С. 10-13.
13. Селекции нута в Поволжье [Текст] / В.И. Жужукин, В.С. Горбунов, С.А. Зайцев, Д.П. Волков // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №6. – С. 21-24.
14. Isolation and Characterisation of *Rizobium* from Chickpea (*Cicer arietinum*) [Tekst] / Wadhwa Zeenat, Srivastava Vivek, Rani Raj, Tanvi, Makkar Kanchan, Jangra Sumit // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 6. – № 11. – P. 2880-2893.
15. Maqbool, M.A. Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) [Tekst] / M.A. Maqbool, M. Aslam, N. Ali // Plant Breeding. – 2017. – №136. – P. 300-318.

References

1. Balashov, V. V. Vliyanie mineral'nyh udobrenij i rizotorfina na urozhajnost' nuta v Levoberezh'e Dona Volgogradskoj oblasti [Tekst] / V. V. Balashov, A. V. Balashov, V. V. Kudinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - №4. - P. 20-23.
2. Balashov, V. V. Volgogradskij nut [Tekst] / V. V. Balashov, A. V. Balashov. - Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2013. - 108 p.
3. Bulyncev, S. V. Rezul'taty izucheniya kollekcionnyh obrazcov nuta v usloviyah Tambovskoj oblasti [Tekst] / S. V. Bulyncev, L. Yu. Novikov, G. A. Gridnev // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. - 2017. - № 1. - P. 9-17.
4. Vasil'chenko, S. A. Vliyanie inokulyacii semyan shtammami rizotorfina na urozhajnost' nuta v Yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [Tekst] / S. A. Vasil'chenko, E. V. Ionova, D. M. Marchenko // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2018. - №4. - P. 35-38.

5. Vasil'chenko, S. A. Vliyanie agropriemov vozdeleyvaniya na urozhajnost' nuta v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [Tekst] / S. A. Vasil'chenko, G. V. Metlina // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2017. - №3. - P. 59-63.

6. Vasil'chenko, S. A. Vliyanie meteouslovij na urozhajnost' i sodержanie belka v zerne nuta pri vozdeleyvanii v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [Tekst] / S. A. Vasil'chenko, G. V. Metlina, N. V. Nehoroshova // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2017. - №4. - P. 48-53.

7. Vliyanie predposevnoj obrabotki raznymi shtammami *Risobium Cicer* semyan obrazcov nuta iz kollekcii VIR na produktivnost' v usloviyah Tambovskoj oblasti [Tekst] / S. V. Bulyncey, L. Yu. Novikov, G. A. Gridnev, E. A. Sergeev // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. - 2017. - № 2. - P. 23-28.

8. Germanceva, N. I. Kul'tura nuta v usloviyah menyayuschegosya klimata [Tekst] / N. I. Germanceva // Agrarnyj Vestnik Yugo-Vostoka. - 2015. - №1. - P. 12-13.

9. Germanceva, N. I. Selekcija nuta na krupnost' semyan [Tekst] / N. I. Germanceva, T. V. Seleznjova // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. - 2018. - №2. - P. 6-8.

10. Ispolzovanie novogo pischevogo ingredienta v proizvodstve myasnyh produktov funkcional'nogo naznacheniya [Tekst] / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, Yu. D. Danilov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - №4 (52). - P. 219-229.

11. Ocenka ustojchivosti k fuzariozu kolekcionnogo i selekcionnogo materiala nuta [Tekst] / 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.

12. Ptashnik, O. P. Izuchenie sortov nuta v usloviyah stepnogo Kryma [Tekst] / O. P. Ptashnik // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2016. - №2. - P. 10-13.

13. Selekcii nuta v Povolzh'e [Tekst] / V. I. Zhuzhukin, V. S. Gorbunov, S. A. Zajcev, D. P. Volkov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2017. - №6. - P. 21-24.

14. Isolation and Characterisation of *Rizobium* from Chickpea (*Cicer arietinum*) [Tekst] / Wadhwa Zeenat, Srivastava Vivek, Rani Raj, Tanvi, Makkar Kanchan, Jangra Sumit // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. - 2017. - Vol. 6. - № 11. - P. 2880-2893.

15. Maqbool, M.A. Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) [Tekst] / M.A. Maqbool, M. Aslam, N. Ali // Plant Breeding. - 2017. - №136. - P. 300-318.

Информация об авторах

Балашов Андрей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, Северный квартал 8), доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник.

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8288-656X>. E-mail: balashov34@yandex.ru.

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.

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5473-2803>. E-mail: volgausselect@yandex.ru.

Малахова Алла Александровна, заведующая отделом селекции нута «Центр селекции и семеноводства» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2307-6468>. E-mail: malachovaavilov@mail.ru.

Мартынов Данил Александрович, магистр агротехнологического факультета Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский д. 26), магистр.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**ЭРОЗИОННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС
КАК ФАКТОР РЕЛЬЕФООБРАЗОВАНИЯ
EROSION AND HYDROLOGICAL PROCESS AS A FACTOR
OF MORPHOGENESIS**

А.Т. Барабанов доктор сельскохозяйственных наук
A. T. Barabanov

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

*Federal Research center of Agroecology, integrated land reclamation
and protective forestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Дата поступления в редакцию 30.04.2019
Received 30.04.2019

Дата принятия к печати 13.06.2019
Submitted 13.06.2019

Создание стройной теории рельефообразования было обусловлено необходимостью различать древнюю и современную (антропогенную) эрозию; учет значения растительности как важнейшего биотического фактора эрозионно-гидрологического процесса, связь древней эрозии с эпохами оледенения и ведущую роль смыва почвы в эрозионно-аккумулятивном процессе в сравнении с оврагообразованием. Она представлена в виде логико-графической модели формирования склонов и покровных лёссовых пород как результат единого эрозионно-аккумулятивного процесса. В ней по-новому изложен процесс формирования лёссовых пород, а распространение травянистой и лесной растительности в лесостепи увязано с почвообразованием и толщиной четвертичных покровных отложений. Главной причиной мозаичного распределения древесной и травянистой растительности и соответствующих им почв является различная влагоемкость слоистых литологически неоднородных и мощных более однородных толщ. Логико-графическая схема изменения склонов во время эрозионно-аккумулятивного процесса указывает на то, что их форма является адекватным отражением этого процесса, в связи с чем предложено выражать ее функцию посредством универсального логистического уравнения. Изложенные новые положения теории в значительной степени меняют представление об эрозионно-гидрологическом процессе. В связи с этим излагаются по-новому процессы поглощения в почву талых и дождевых вод. Это создает возможность совершенствовать существующие математические модели и разрабатывать новые. Теоретические кривые обеспеченности стока и установленная связь его с природными факторами позволили открыть закон лимитирующих факторов эрозионно-гидрологического процесса, а изложенная концепция ледяного экрана объясняет термоинфильтрацию талой воды в почву.

Justification of the need to distinguish between ancient and modern (anthropo-genetic) erosion; take into account the importance of vegetation as the most important biotic factor of erosion-hydrological process, the connection of ancient erosion with the glacial ages and the leading role of soil flushing in the erosion-accumulative process in comparison with ravine formation allowed to create a coherent theory of relief. It is presented in the form of a logical-graphical model of the formation of slopes and cover loess rocks, as a result of a single erosion-on-accumulative process. It presents a new process of formation of loess rocks, and the spread of grassy and forest vegetation in the forest-steppe is linked to soil formation and thickness of Quaternary cover deposits. The main reason for the mosaic distribution of woody and herbaceous vegetation and their respective soils is the different moisture content of layered lithologically heterogeneous and powerful more homogeneous thicknesses. The logical-graphic scheme of changes in slopes during the erosion-accumulative process indicates that their shape is an adequate reflection of this process, and therefore it is proposed to Express its function by means of a universal logistic equation. The stated new provisions of the theory largely change the idea of erosion-hydrological process. In this regard, the processes of absorption of melt and rain water into the soil are described in a new way. This makes it possible to improve existing mathematical models and develop new ones. Theoretical curves of runoff availability and its established

connection with natural factors allowed to discover the law of limiting factors of ero-Zion-hydrological process, and the stated concept of the ice screen explains the thermal filtration of melt water into the soil.

Ключевые слова: рельефообразование, эрозионно-гидрологический процесс, эрозионно-аккумулятивный процесс, функция формы склона, генезис почв, ледяной экран.

Key words: relief formation, erosion – hydrological process, erosion – accumulative process, function of slope shape, ice shield.

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2019-0003

«Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологических систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв» ФНЦ агроэкологии РАН

Цитирование. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологический процесс как фактор рельефообразования. *Известия НВ АУК.* 2019. 2(54). 76-82. DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-8.

Citation. Barabanov A.T. Erosion and hydrological process as a factor of morphogenesis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 76-82. (in Russian). DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-8.

Введение. В силу того обстоятельства, что рельеф территории является ведущим фактором в образовании эрозии, рельефообразованию всегда уделялось большое внимание как у нас в стране, так и за рубежом. Начало исследованию рельефообразования положил В.В. Докучаев. Огромный вклад в разработку теории эрозионно-гидрологического процесса и рельефообразования внесли А.С. Козменко и Г.П. Сурмач. На начальном этапе исследований рельефа на первое место выдвигались вопросы оврагообразования. Разработкой этих вопросов занимались многие ученые. Были предложены разнообразные классификации размывов по их положению (донные, береговые, склоновые) на водосборе и стадиям развития во времени (водороины, промоины, овраги). Значительно меньшее значение на начальном этапе исследований уделялось изучению стока талых и ливневых вод и смыва почв.

Материалы и методы. Методической основой в эрозионно-гидрологических исследованиях является система методов, используемых в разных науках (гидрологии, геологии, географии, почвоведении, земледелии, агролесомелиорации, математике, и др.), приспособленных к нашим целям и задачам [3-5, 7-9, 12]. Сейчас широко применяются статистические и генетические подходы и методы. Статистические методы играют важную роль в том случае, когда недостаточно данных для установления связи между факторами и выявления закономерностей процессов. Основной недостаток их заключается в невозможности познания генезиса процесса. Генетические методы дают возможность выявлять закономерности явлений и их генезис. Выявление взаимосвязи антропогенных и природных факторов осуществляется на основе системного подхода, проведением многофакторных исследований и математического анализа данных. Использование этих методов и подходов в многофакторных исследованиях дает возможность определить роль природных и антропогенных факторов во взаимодействии.

Результаты и обсуждение. *Теоретические основы рельефообразования.* Теоретической основой рельефообразования является учение об эрозионно-аккумулятивном процессе, фактором которого является гидрологический процесс. Он, в свою очередь, определяется характером поступления на почву осадков и ее инфильтрационной способностью. Эрозионный процесс в значительной степени зависит от наличия на поверхности земли растительности, а в лесных насаждениях – лесной подстилки. Выпол-

ненные А.С. Козменко исследования на Среднерусской возвышенности привели его к стройной системе взглядов на эрозию почв и рельефообразование [5]. Ему принадлежит обоснование необходимости различать древнюю и современную эрозию, придавать большую роль растительности в эрозионно-гидрологическом процессе. Он увязал древнюю эрозию с оледенениями, а современную – с антропогенной деятельностью. Он также впервые понял, что ведущую роль в эрозионно-гидрологическом процессе играет не оврагообразование, а смыв почвы. Важным шагом вперед в его теории рельефообразования по сравнению с высказываемыми ранее гипотезами было установление связи образования лёссов с эрозионно-гидрологическим процессом.

Теория рельефообразования А.С. Козменко получила развитие в работах Г.П. Сурмача. Он построил логико-графическую модель рельефообразования – формирования склонов, покровных лёссовых пород и гидрографической сети на Русской равнине (рисунок 1) [5]. Оно проходило в три цикла, в каждом из которых было 2-3 стадии. Модель отображает то, что образование рельефа и отложение лёсса – это результат единого эрозионно-аккумулятивного процесса. Она позволяет объяснить механизм эрозии и аккумуляции и залегание лёссовых пород на водоразделах. Г. П. Сурмач по-новому изложил процесс образования лёссов и впервые аргументированно увязал распространение в лесостепи травянистой и лесной растительности и формирования серых лесных и черноземных почв с мощностью четвертичных покровных отложений.

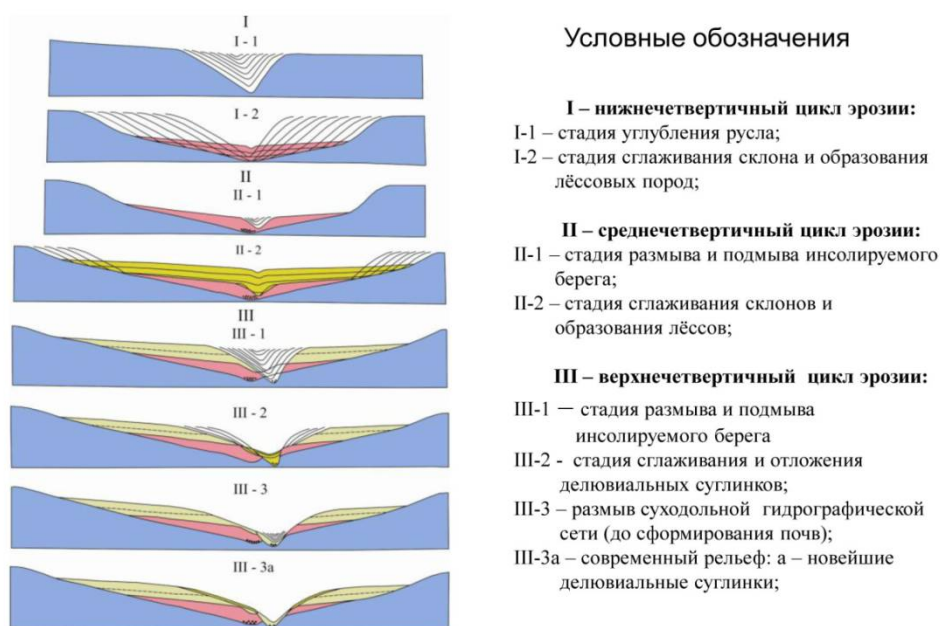


Рисунок 1 – Схема формирования склонов и покровных отложений в результате единого эрозионно-аккумулятивного процесса

Существовавшие тогда концепции и схемы развития склонов оказались не в состоянии объяснить появление лёссов на водоразделах и плато и образование разных форм склонов с лёссовым покровом. Ни одна из них не раскрывает причину того, почему в одинаковых климатических условиях одна часть территории оказалась занятой (в прошлом) лесом, а другая – степью. Он установил, что причина такого распределения лесов и степей лесостепи связана с особенностями литологического строения пород, которое возникло в ходе циклического развития эрозионно-аккумулятивных процессов в четвертичный период геологической истории Земли.

Г.П. Сурмач считал, что главной причиной мозаичного распределения древесной и травянистой растительных формаций и соответствующих им почв является различная влагоемкость слоистых литологически неоднородных и мощных более однородных толщ. Формирование серых лесных почв обусловлено благоприятным литологическим строением корнеобитаемой и подстилающей толщи почвогрунта (активная зона водообмена), способной удерживать гравитационную влагу и обеспечивать водой лесную растительность. Таким образом, он доказал, что синтез взаимодействующих факторов и процессов четвертичного времени, воссоздание картины формирования рельефа и становления литогенной (гидрогеологической) основы природных ландшафтов дают ключ к лучшему пониманию дальнейшего развития антропогенных ландшафтов и к научно-обоснованию мер по охране природы, включая меры по защите почв от эрозии. Рассмотрение процесса рельефообразования и отложения лёссов как единого эрозионно-аккумулятивного процесса позволило Г.П. Сурмачу решить важную проблему распределения в лесостепи лесов и степей и образования черноземов и серых лесных почв. Эта теория также объясняет произрастание в степной зоне лесов на водоразделах и в суходольной гидрографической сети (байрачные леса).

Функция формы склона и смыв почвы. Развитие теории Г.П. Сурмача продолжил его ученик Е.А. Гаршинев. Им уточнены условия формирования эрозионного рельефа; разработана схема изменения склонов в результате эрозионно-аккумулятивного процесса (рисунок 2) [1]; обосновано, что эрозионный промоинно-овражный размыв спонтанно и последовательно проходит стадии от обрывистых откосов к осыпным склонам делювиального смыва и аккумуляции.

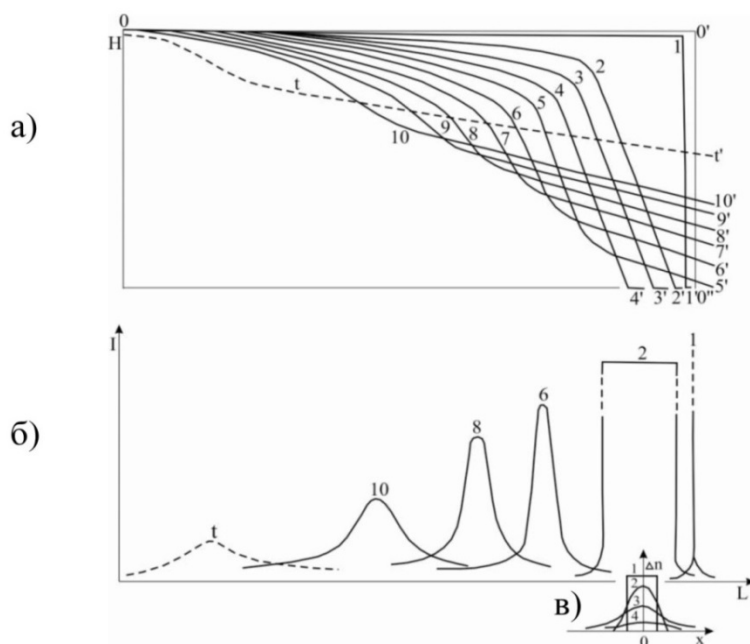


Рисунок 2 – Логико-графическая схема эволюции отметок H (а) и уклонов I (б) поверхности склона в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса. Диффузия избыточных носителей с поверхности субстрата (в)

На этой основе им впервые показано, что форма склонов является адекватным выражением эрозионно-аккумулятивного процесса, и предложено выражать функцию формы склона посредством логистического уравнения. Таким образом, им найдено универсальное математическое выражение для описания выпукло-вогнутых склонов как результата проявления эрозионно-гидрологического процесса. В связи с тем что закон, описывающий

форму склона и эрозионно-аккумулятивный процесс, един, им разработано уравнение для расчета смыва. Это позволило ему разработать оригинальную систему автоматизированного проектирования (САПР) противоэрозионных мероприятий. Она в 3-4 раза сокращает затраты на выполнение трудоемких графических работ и в 1,5-2 раза увеличивает производительность труда при проектировании.

Разработки вопросов теории рельефообразования, эрозионного и гидрологического процессов составляют единое целое. Г.П. Сурмач начиная с 1958 года организовал в лесостепной, степной зонах европейской части РФ стационарные исследования закономерностей формирования поверхностного стока и эффективности противоэрозионных мероприятий в опытной сети ВНИАЛМИ, которые проводятся и сейчас. Автором [1, 2] на основе обобщения этих данных ВНИАЛМИ, анализа результатов собственных исследований и литературных источников [1-4, 6-11] получена новая нормативная база для оценки весеннего стока с сельскохозяйственных угодий разной обеспеченности, построены изолинейные карты его средней величины с рыхлой и уплотненной пашни на европейской части РФ, рассчитаны модульные коэффициенты для перехода к стоку разной обеспеченности, выявлены природные факторы поверхностного стока на зяби и уплотненной пашне и дана оценка их роли. Установлено, что существенно на сток талых вод влияют только снегозапасы, увлажнение и глубина промерзания почвы, сформулирован закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод [2]. Суть закона состоит в том, что *при некотором (лимитирующем) значении одного из трех факторов (снегозапасы, увлажнение и глубина промерзания почвы) сток не формируется независимо от уровня двух других*. Определены лимитирующие уровни факторов, при которых сток не образуется. При уровнях факторов выше лимитирующих сток формируется, и величина его зависит от увлажнения почвы и снегозапасов.

На основе выдвинутой Е. А. Гаршиным [3] концепции «ледяного экрана», формирующегося на границе талого и мерзлого слоев почвы, поры полностью перекрываются льдом и инфильтрация влаги в обычном её понимании замещается процессом «термоинфильтрации». Ранее нами было установлено, что к концу весеннего снеготаяния мёрзлая почва успевает оттаять в результате термоинфильтрации в разные годы на глубину не более 30 см (в среднем 15-20 см). Верхний слой мёрзлой почвы (до ледяного экрана) при её оттаивании увлажняется до полной влагоемкости, т. е. оттаивающий слой почвы способен поглотить максимально возможное количество воды, равное объему свободных пор, т. е. общий объем пор минус запасы влаги в этом слое почвы. Остальная вода, накопленная в снежном покрове, стекает.

Заключение. Изложенные выше теоретические основы рельефообразования, эрозионно-гидрологического и эрозионно-аккумулятивного процессов и отложения лёссов позволили определить наиболее перспективные направления, пути и средства воздействия на них и разработать высокоэффективные приемы и технологии управления эрозионно-гидрологическим процессом. Исследование роли факторов и процессов четвертичного времени, воссоздание картины рельефообразования и формирования гидрогеологической основы природных ландшафтов дают ключ к пониманию дальнейшего развития антропогенных агролесоландшафтов и к обоснованию мер защиты почв от эрозии. Наиболее глубокое понимание связей различных факторов эрозионно-аккумулятивных процессов открывает перспективу регулирования этих процессов в условиях хозяйственной деятельности. Знание о происхождении чернозёмных и серых лесных почв в лесостепи очень важно для развития теории почвообразовательного процесса. Сравнительно небольшое варьирование в литологическом строении материнских и подстилающих пород в пределах лесостепи и степи определяет биологическую продуктивность травянистой и культурной растительности. Поэтому изучение этих свойств указанных пород будет иметь

большое значение для сельскохозяйственного производства. Теория рельефообразования позволяет глубже уяснить взаимосвязь леса с почвенно-грунтовыми условиями и более обоснованно подойти к оценке лесорастительных условий при создании лесонасаждений. Новые теоретические положения, изменяющие представление о гидрологических процессах, позволили по-новому трактовать условия просачивания снеговой воды в мерзлую почву, совершенствовать существующие математические модели и разрабатывать новые. Разработанные теоретические кривые обеспеченности стока, выявленные связи его с природными факторами позволили открыть закон лимитирующих факторов эрозионно-гидрологического процесса. Сформулированная концепция ледяного экрана объясняет процесс термоинфильтрации талой воды в почву.

Библиографический список

1. Барабанов, А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие [Текст] / А.Т. Барабанов. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.
2. Барабанов, А.Т. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги [Текст] / А.Т. Барабанов, А.И. Петелько // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №4(52). – С. 43-49.
3. Комиссаров, М.А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье [Текст] / М.А. Комиссаров, И.М. Габбасова // Почвоведение. – 2014. – №6. – С. 734-744.
4. Коронкевич, Н.И. Гидрологические последствия изменения землепользования в бассейне реки Москвы [Текст] / Н.И. Коронкевич, К.С. Мельник // Изв. РАН. Сер.: География. – 2015. – № 5. – С. 38-45.
5. Кулик, К.Н. Оригинальная теория рельефообразования и основы противоэрозионной мелиорации А.С. Козменко [Текст] / К.Н. Кулик, А.Т. Барабанов, В.И. Панов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3 (51). – С. 76-83.
6. Мухин, В.М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья [Текст] / В.М. Мухин // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. – Вып. 351. – 2014. – С. 108-140.
7. Моделирование процессов противоэрозионного земледелия и агролесомелиорации [Текст] / А.В. Панфилов, П.Н. Проездов, А.В. Розанов, А.В. Карпушкин // Аграрный научный журнал. – 2017. – №9. – С. 19-23.
8. Сухановский, Ю.П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы [Текст] / Ю.П. Сухановский // Почвоведение. – 2013. – № 4. – С. 474.
9. Шабаев, А.И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие [Текст] / А.И. Шабаев. – Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮБ», 2017. – 648 с.
10. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics [Текст] / S.T. Zhang, J.Z. Zhang, Y. Liu, Y.C. Liu // Hydrology research. – 2018. – Vol. 49. – Iss. 6. – P. 1991-2001.
11. Pimentel, D. Soil erosion threatens food production [Текст] / D. Pimentel, M. Burgess // Agriculture. – 2013. – №3(3). – P. 443-463.
12. The contribution of chestnut coppice forests on slope stability in abandoned territory: a case study [Текст] / C. Bassanelli, G.B. Bischetti, E.A. Chiaradia, L. Rossi, C. Vergani // Journal of Agricultural Engineering. – 2013. – Vol. XLIV (s2):e13. – P. 68-73.

References

1. Barabanov, A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledele [Текст] / A. T. Barabanov. - Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. - 188 p.
2. Barabanov, A. T. Prognozirovanie poverhnostnogo stoka talyh vod s sel'skohozyajstvennyh ugodij v lesostepnoj chasti bassejna Volgi [Текст] / A. T. Barabanov, A. I. Petel'ko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - №4(52). - P. 43-49.

3. Komissarov, M. A. Jeroziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah v yuzhnom Predural'e [Tekst] / M. A. Komissarov, I. M. Gabbasova // Pochvovedenie. - 2014. - №6. - P. 734-744.
4. Koronkevich, N. I. Gidrologicheskie posledstviya izmeneniya zemlepol'zovaniya v bassejne reki Moskvy [Tekst] / N. I. Koronkevich, K. S. Mel'nik // Izv. RAN. Ser.: Geografiya. - 2015. - № 5. - P. 38-45.
5. Kulik, K. N. Original'naya teoriya rel'efoobrazovaniya i osnovy protivoroziionnoj melioracii A. S. Kozmenko [Tekst] / K. N. Kulik, A. T. Barabanov, V. I. Panov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 3 (51). - P. 76-83.
6. Muhin, V. M. Metody prognozirovaniya pritoka vody v vodohranilishcha za period vesennego polovod'ya [Tekst] / V. M. Muhin // Trudy Gidrometcentra Rossii. Gidrometeorologicheskie prognozy. - Vol. 351. - 2014. - P. 108-140.
7. Modelirovanie processov protivoroziionnogo zemledeliya i agrolesomelioracii [Tekst] / A. V. Panfilov, P. N. Proezdov, A. V. Rozanov, A. V. Karpushkin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2017. - №9. - P. 19-23.
8. Suhanovskij, Yu. P. Veroyatnostnyj podhod k raschetu [roziionnyh poter' pochvy [Tekst] / Yu. P. Suhanovskij // Pochvovedenie. - 2013. - № 4. - P. 474.
9. Shabaev, A. I. Izbrannye trudy. Jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie [Tekst] / A. I. Shabaev. - Saratov: FGBNU "NIISXYuV", 2017. - 648 p.

Информация об авторе

Барabanов Анатолий Тимофеевич, заведующий лабораторией защиты почв от эрозии ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский пр., д. 97), доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9945-654X>. E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

УДК 333.1 (470.44/47)

DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-9

СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПОЛБЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

THE CREATION OF PROMISING VARIETIES OF SPRING SPELT WHEAT IN THE LOWER VOLGA REGION

А.В. Зеленов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

П.А. Смутнев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий
научный сотрудник

И.Н. Маркова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший
научный сотрудник

A.V. Zelenev¹, P.A. Smutnev², I.N. Markova²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

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

¹Volgograd State Agrarian University

²The Lower Volga Research Institute of Agriculture - a branch of the Federal Science
Center of Agroecology of Russian Academy of Sciences,
Volgograd region, Gorodishche district, Regional Agricultural Experimental Station

Дата поступления в редакцию 30.04.2019

Дата принятия к печати 21.06.2019

Received 30.04.2019

Submitted 21.06.2019

В статье приводятся результаты исследований по изучению образцов яровой полбы мировой коллекции ВНИИР в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья. Исследования проведены в 2014-2017 гг. на опытном поле Камышинской опытно-производственной лаборатории полевых культур. Почва опытного участка каштановая среднесиловая тяжелосуглинистая. Установлено,

что самое высокое число зерен в колосе яровой полбы обеспечивается у образцов №7146 поздне-спелого и №19363 с красным колосом, соответственно 13 и 12,8 шт. Наибольшая продуктивная кустистость растений яровой полбы отмечалась у образцов №20344 с белым опушенным колосом, черными остями – 9 и №14322 с белым колосом, черными остями – 8,3. Самая высокая масса 1000 зерен обеспечивается у образца №19363 с белым колосом – 41 г. Также превышали сорт стандарт Руно по этому показателю образцы №7517 с красным колосом и №19208 с белым колосом, соответственно на 17,2 и 15,3 %. При дальнейших исследованиях были выявлены наиболее продуктивные образцы яровой полбы: №4 (К-7497 Ульяновск) – 1,25 т/га; №7 (К-9228 Хивинка Астрахань) – 1,26 т/га; №9 (К-13011 Чувашия) – 1,33 т/га; №32 (К-21584 Amidannьен Франция) – 1,36 т/га. Наибольшую массу 1000 зерен имели следующие номера: №3 (К-7494 Башкирия) – 47 г; №7 (К-9228 Хивинка Астрахань) – 49,1 г; №9 (К-13011 Чувашия) – 47,8 г; №10 (К-14322 Парыш Иран) – 47,3 г. Максимальная урожайность яровой полбы получена в 2017 г. у сорта стандарта Руно при норме высева 3,5 млн всхожих семян на 1 га и внесением перед посевом аммиачной селитры дозой 30 кг д. в. – 1,97 т/га. Дальнейшее изучение лучших сортов яровой полбы при разных нормах высева будет продолжено для разработки общей и сортовой технологии возделывания этой культуры.

The article presents the results of research on the study of samples of spring spelt of the world collection of VNIIR in the dry steppe zone of the Lower Volga region. Studies were conducted in 2014-2017 on the experimental field of Kamyshin experimental production laboratory of field crops. The soil of the experimental site is chestnut, medium, heavy loamy. It is established that the highest number of grains in the ear of the spring spelt is provided in samples №7146 late-maturing and №19363 with a red spike, respectively, 13 and 12,8 pieces. The highest productive tillering of plants of spring spelt was observed in samples №20344 white pubescent spikes, black awns – 9 and №14322, with white spikes, black awns and 8,3. The highest weight of 1000 grains are provided in sample №19363 with white ear – 41 g. Also exceeded grade standard Fleece for this indicator samples №7517 with red spike and №19208 with white spike, respectively, 17,2 and 15,3 %. Further studies have identified the most productive samples of spring spelt: №4 (K-7497 Ulyanovsk) – 1,25 t/ha; №7 (K-9228 Khivinka Astrakhan) – 1,26 t/ha; №9 (K-13011 Chuvashia) – 1,33 t/ha; №32 (K21584 Amidannen France) – 1,36 t/ha. The highest weight of 1000 grains had the following numbers: №3 (K-7494 Bashkiria) – 47 g; №7 (K-9228 the in Hyvinkaa Astrakhan) of 49,1 g; №9 (K-13011 Chuvashia) – 47,8 g; №10 (K-14322 Paris Iran) of 47,3 g. The maximum yield of spring spelt was obtained in 2017 from the Runo standard variety with a seeding rate of 3,5 million germinating seeds per 1 ha and the introduction of ammonium nitrate before sowing with a dose of 30 kg of the active substance – 1,97 t/ha. Further study of the best varieties of spring spelt at different seeding rates will be continued for the development of General and varietal technology of cultivation of this crop.

Ключевые слова: селекция, перспективный сорт, яровая полба, коллекционный образец, число зерен в колосе, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен, урожайность, Нижнее Поволжье.

Key words: selection, promising variety, spring spelt, collection sample, the number of grains in the ear, productive bushiness, weight of 1000 grains, yield, Lower Volga region.

Цитирование. Зеленов, А.В. Смутнев П.А., Маркова И.Н. Создание перспективных сортов яровой полбы в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 82-89. DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-9.

Citation. Zelenev A.V., Smutnev P.A., Markova I.N. The creation of promising varieties of spring spelt wheat in the lower Volga region. *Proc of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2019. 2(54). 82-89. (in Russian). DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-9.

Введение. Полба [*Triticum dicoccum*] относится к виду пшеницы и является одной из древних сельскохозяйственных культур на Земле; использовалась нашими предками в качестве основной зерновой культуры. Особенность полбы (ломкость колосового стержня и невымолачиваемость зерна) не позволила механизировать ее производ-

ство, особенно посев и обмолот, подобно другим зерновым культурам. В настоящее время полба как ценная крупяная культура сохранилась только на неудобных для механизации горных ландшафтах и приусадебных участках. Одним из ценнейших ее свойств является неприхотливость к условиям произрастания, пластичность, высокая засухоустойчивость, холодостойкость, что очень важно для условий Нижнего Поволжья. Она обладает скороспелостью, устойчивостью к листовым и колосовым болезням. Все перечисленные качества полбы делают ее ценным компонентом для скрещивания с мягкой и особенно твердой пшеницей в качестве генетического источника хозяйственно-ценных признаков. Зерно полбы превосходит пшеницу по содержанию белка, богатого незаменимыми аминокислотами. Благодаря низкому содержанию клейковины, оно пригодно для получения только крупы, используемой для приготовления каши, супов людям, страдающим аллергией на глютеин. Высокая ценность, востребованность и значимость зерна полбы в питании человека стимулировали необходимость возрождения этой культуры [7, 10, 4, 6, 9, 2, 11, 12].

Материалы и методы. Целью исследования является изучение образцов яровой полбы мировой коллекции ВНИИР по хозяйственно-биологическим признакам в условиях Нижнего Поволжья.

Исследования проведены в 2014-2017 гг. на опытном поле Камышинской опытно-производственной лаборатории полевых культур Нижне-Волжского НИИСХ – филиала ФГБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН». Почва опытного участка каштановая, среднесиловатая, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое 1,8-2,4 %, валового фосфора и азота соответственно – 0,11 и 0,06 %.

В качестве объектов исследований использовали 22 образца полбы из мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова (*Triticum dicoccum* (Schrank) Schuebl).

Погодные условия 2014 г. для яровой полбы сложились благоприятные. Несмотря на то, что осадков за время вегетации выпало на 25 % меньше среднесиловатого значения – 65,4 мм, а сумма положительных температур за этот период была выше на 20 % – 1560,5 °С, урожайность яровой полбы в конкурсном сортоиспытании была относительно высокой для зоны – 1,5-1,8 т/га, при массе 1000 зерен 30-34 г. Объясняется это большим запасом влаги в почве, так как за период сентябрь 2013 г. – апрель 2014 г. осадков выпало в два раза больше среднего многолетнего значения 400,9 мм против 191,6 мм. Осадки, выпавшие в конце июня (26-27 числа), способствовали хорошему наливу зерна и увеличению продуктивности позднеспелых сортов. Вместе с тем, высокая влажность вызвала интенсивное развитие бурой ржавчины. Однако существенного влияния на снижение продуктивности поражение не имело. Погодные условия 2015 г. для яровых культур были крайне неблагоприятные. ГТК за период вегетации (май-июль) равнялся 0,4. Среднемесячный температурный режим был выше среднесиловатого в мае на 2,6 °С против 16,1 °С, в июне – на 5,7 °С против 20,3 °С, в июле – на 1,6 °С против 22,6 °С. За этот период выпало 75,7 мм осадков при норме 165 мм. С 21 мая по 10 июля эффективных осадков не выпадало. По сравнению с 2014 г. высота растений яровой полбы снизилась на 0,17-0,2 м или 30 %, масса 1000 зерен на 5-7 г или 20-25 %, урожайность на 40 %. Погодные условия 2016 г. были неблагоприятные для возделывания полбы. В результате два образца этой культуры были утрачены, так как не сформировали зерна. Провести индивидуальный отбор в этом году было невозможно из-за низкой продуктивности. Погодные условия 2017 г. для ранних яровых культур были благоприятные. Обильные осадки мая при низком температурном режиме способствовали хорошему развитию растений и удлинили вегетационный период на 20

дней. За время вегетационного периода выпало 154,5 мм осадков при норме 88 мм. Сумма эффективных температур на уровне среднемноголетних значений – 1287 °С. Гидротермический коэффициент составил 1,2 при норме 0,7, что позволило получить оптимальный урожай яровой полбы с хорошо выполненным зерном, высокой массой 1000 зерен и натурой зерна.

Подготовка почвы к посеву производилась по принятой в зоне агротехнике. Основная обработка на глубину 0,2-0,22 м выполнялась в конце августа – начале сентября. Весной проводили покровное боронование в два следа и предпосевную культивацию. Посев – ранний, по мере наступления физической спелости почвы. Коллекционные номера высевали сеялкой СКС-6-10 кассетами, широкорядным способом с междурядьями 0,45 м, деланками длиной 3 м. Число деланок определялось наличием семян в коллекционных образцах. Уборку проводили вручную.

В 2017 г. было продолжено испытание сорта стандарта яровой полбы Руно на нормы высева. Посев производили следующими нормами: 2; 3,5 и 4,5 млн всхожих семян на 1 га, с предпосевным внесением азотного удобрения (аммиачная селитра) дозой 30 кг д. в. на 1 га на норме 3,5 млн. Повторность 4-х кратная, площадь деланки 25 м². Для оценки продуктивности в опыте был посеян образец №32 (К-21584 Amidanpen Франция) этими же нормами высева в четырехкратной повторности.

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено, что из изучаемых трех сортов полбы – двухпленчатых Руно, Алькоран и одного голозерного Гремме по массе 1000 зерен и крупности выделяется пленчатый сорт Алькоран. Зерно сорта Руно оказалось мельче всех [1]. Продуктивная кустистость изучаемых образцов полбы находилась на уровне 1,9-2,8 продуктивных стеблей на растение. По этому показателю голозерные образцы несколько уступали пленчатым. По числу зерен в главном колосе голозерные образцы полбы превосходили показатели пленчатых форм и приближались к показателям стандартного сорта (30,5-32 зерен в колосе). К числу крупнозерных относили образцы голозерной полбы, масса 1000 зерен которых составила 45,2-45,8 г [3, 8].

Данные по элементам структуры урожая коллекционных образцов яровой полбы представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что самое высокое число зерен в колосе яровой полбы обеспечивается у образцов №7146 позднеспелого и №19363 с красным колосом, соответственно 13 и 12,8 шт., что выше стандарта сорта Руно №64738 на 41,3 и 39,1 %.

Наибольшая продуктивная кустистость растений яровой полбы отмечалась у образцов №20344 с белым опушенным колосом, черными остями – 9 и №14322 с белым колосом, черными остями – 8,3, что выше сорта стандарта Руно №64738 в 5,3 и 4,9 раза.

Самая высокая масса 1000 зерен обеспечивается у образца №19363 с белым колосом – 41 г, что выше стандарта на 28,1 %, у которого было не самое высокое количество зерен в колосе – 8,2 шт. и не самая большая продуктивная кустистость – 7. Также превышали сорт стандарт Руно по этому показателю образцы №7517 с красным колосом и №19208 с белым колосом, соответственно на 17,2 и 15,3 %.

Из лучших номеров в 2015 г. были отобраны для дальнейшей селекционной работы 122 индивидуальных растения, которые в 2016 г. были посеяны в селекционном питомнике 1 года, где было продолжено размножение и испытание коллекционных номеров яровой полбы. Сорт стандарт Руно был размножен в 2015 г. и посеян в 2016 г. отдельным блоком в конкурсном сортоиспытании для изучения зональной нормы высева. Сорт был посеян в четырех повторениях деланками 25 м² двумя нормами высева 2,5 и 3,5 млн всхожих семян на 1 га.

Таблица 1 – Элементы структуры урожая коллекционных образцов
яровой полбы в 2015 г.

№ образца	Морфологические различия	Число зерен в колосе, шт.	Продуктивная кустистость	Масса 1000 зерен, г
7146	Позднеспелый	13	2,5	24
7494	Красный колос	10,9	3,2	35,6
7497	Красный колос	10,2	4	35,4
	Белый колос	10,4	4	32,8
7498	Красный колос	10,8	3	27,6
7517	Красный колос	9,4	5	37,5
	Белый колос	11	5	21,4
9228	Красный колос	11	5,5	35
	Белый колос	9	5,6	31,3
13011	Красный колос	9,7	3,6	35,9
14322	Белый колос	11,3	4,9	31,4
	Белый колос, черные ости	12,2	8,3	26,6
18969	Белый колос	10	4,4	29,4
	Белый опушенный колос	12,2	4	29,3
	Белый опушенный колос, черные ости	11,6	3,7	34,4
19208	Белый колос	8,6	3,1	36,9
19285	Белый колос	9,6	4	36
19363	Красный колос	12,8	7	30
	Белый колос	8,2	7	41
	Белый колос, черные ости	8,6	6,4	32,6
20344	Белый колос	10,8	3,7	26,5
	Белый опушенный колос, черные ости	8,6	9	32
20579	Белый колос	11,2	4,4	28,2
22195	Белый колос	10,6	3,2	34,7
	Белый опушенный колос	10,4	5	22,6
	Белый опушенный колос, черные ости	11	3,6	35,8
22481	Красный колос	12,4	5,4	33,6
	Черный колос	11,6	4	22,8
30728	Белый колос	11,2	3	33,3
21419	Белый колос	11	4	35,3
21584	Белый колос	11	3	33
38816	Белый колос	10,6	3	34
38915	Красный колос	12	5,1	29
	Белый колос	10,4	4,4	30,2
	Белый колос, крупный	11,4	6	31,6
64738	Руно (St.)	9,2	1,7	32

Благоприятные для яровой полбы погодные условия 2017 г. способствовали хорошей формировке растений и более выраженному разделению по разновидностям в пределах коллекционных номеров. Дополнительно было отобрано из 4 номеров (5, 12, 13, 14) 11 образцов яровой полбы с учетом их разновидности. В питомнике было продолжено размножение и испытание коллекционных образцов яровой полбы. Из-за выпадения отдельных номеров в 2016 г. (не взошли или не образовали зерна) в 2017 г. в питомнике находилось на изучении 20 номеров яровой полбы, разделенных на 31 образец по разновидностям, и 3 номера, присланных из Украины.

Изучаемые образцы яровой полбы относятся к нескольким разновидностям: *Serbicum* – красный колос, красное зерно. К этой разновидности относится сорт Руно; *Volgense* – белый колос, красное зерно; *Nigrum* – черный колос, красное зерно; *Aggas* – белый опушенный колос с окрашенными темными остями, зерно красное. Последняя разновидность формирует более мощное растение с крупным колосом и зерном и представляет интерес для отбора исходного селекционного материала.

Из проанализированных данных по продуктивности следует отметить следующие образцы яровой полбы: №4 (К-7497 Ульяновск) – 1,25 т/га; №7 (К-9228 Хивинка Астрахань) – 1,26 т/га; №9 (К-13011 Чувашия) – 1,33 т/га; №32 (К-21584 Amidannьен Франция) – 1,36 т/га.

Наибольшую массу 1000 зерен имели следующие номера: №3 (К-7494 Башкирия) – 47 г; №7 (К-9228 Хивинка Астрахань) – 49,1 г; №9 (К-13011 Чувашия) – 47,8 г; №10 (К-14322 Парыш Иран) – 47,3 г. В 2017 г. по большинству образцов полбы получено достаточное количество семян для дальнейшего испытания на продуктивность.

Сорт-стандарт яровой полбы Руно был размножен в 2015 г. и посеян в 2016 г. отдельным блоком в конкурсном сортоиспытании для изучения зональной нормы высева. Его урожайность при норме 2,5 млн составила 0,64 т/га; при норме 3,5 млн – 0,8 т/га ($HCP_{05} = 0,03$ т/га).

Результаты научных исследований показывают, что в условиях Орловской области в 2014 г. самая высокая урожайность яровой полбы получена у сорта Руно – 2,93 т/га [5]. По общей урожайности голозерные образцы существенно уступили пленчатым полбам и стандартному сорту твердой пшеницы. Максимальную урожайность сформировал образец пленчатой полбы К-64408 (329 г/м²) [3, 13].

Данные наших исследований по урожайности сортов яровой полбы в зависимости от нормы высева приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность сортов яровой полбы при разных нормах высева в 2017 г., т/га

Сорт (фактор А)	Норма высева, млн. шт. всхожих семян на 1 га (фактор В)			
	2	3,5	3,5+N ₃₀	4,5
Руно (St.)	1,58	1,92	1,97	1,79
№32 (К-21584 Amidannьен Франция)	1,3	1,7	1,79	1,53
HCP ₀₅ , А	0,04			
HCP ₀₅ , В	0,09			
HCP ₀₅ , АВ	0,08			

Из данных таблицы 2 видно, что максимальная урожайность у яровой полбы получена в 2017 г. у сорта стандарта Руно при норме высева 3,5 млн всхожих семян на 1 га и внесением перед посевом аммиачной селитры дозой 30 кг д. в. – 1,97 т/га. Без внесения удобрения, но при этой же норме высева урожайность составила 1,92 т/га. Урожайность сорта №32 (К-21584 Amidannьен Франция) при этой норме высева и внесении аммиачной селитры была ниже, чем у сорта Руно и соответственно равнялась 1,79 и 1,7 т/га. При норме высева 2 и 4,5 млн шт. всхожих семян на 1 га этот показатель снижался у обоих сортов.

Заключение. В результате изучения в сухостепной зоне каштановых почв Нижнего Поволжья различных коллекционных образцов яровой полбы выявлены из них наиболее подходящие для местных условий, имеющие оптимальные число зерен и продуктивную кустистость, а также наиболее выполненное крупное зерно с самой высокой массой. Дальнейшее изучение отобранных лучших сортов яровой полбы при разных нормах высева будет продолжено для разработки общей и сортовой технологии возделывания этой культуры. Несмотря на высокую продуктивную кустистость яровой полбы, снижение и увеличение нормы высева для этой культуры нецелесообразно.

Библиографический список

1. Исследования свойств полбы [Текст] / С.В. Зверев, И.А. Панкратьев, О.В. Политуха, Л.В. Чиркова, И.С. Витол, А.А. Стариченков // Хлебопродукты. – 2016. – №1. – С. 66-67.
2. Использование древних видов пшеницы для укрепления иммунной системы детского организма [Текст] / С.К. Темирбекова, Э.Ф. Ионов, Н.Э. ИONOва, Ю.В. Афанасьева // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2014. – №1-2(10-11). – С. 46-48.
3. Кобылянский, В.Д. Агробиологическая оценка образцов голозерной полбы в условиях Красноярской лесостепи [Текст] / В.Д. Кобылянский, Н.А. Суриh, Н.М. Попова / Фундаментальные исследования. – 2013. – №10. – С. 601-605.
4. Оценка в эколого-географическом эксперименте адаптивности генотипов твердой пшеницы и дифференцирующей способности условий среды (годы, пункты) [Текст] / П.Н. Мальчиков, В.С. Сидоренко, М.Г. Мясникова, Д.В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №2. – С. 120-126.
5. Перспективы выращивания новых сортов твердой пшеницы в условиях Орловской области [Текст] / В.И. Зотиков, В.С. Сидоренко, Н.Е. Павловская, П.Н. Мальчиков, Е.В. Костромичева, И.Н. Гагарина, В.А. Костромичева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №2(14). – С. 52-58.
6. Петров, С.В. Формирование урожая яровой пшеницы Disosum (полба) в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан [Текст] / С.В. Петров, И.М. Сержанов, Ф.Ш. Шайхутдинов // Зерновое хозяйство России. – 2014. – №6. – С. 31-38.
7. Полба и спельта – возвращение к истокам [Текст] / С.В. Зверев, О.В. Политуха, А.А. Стариченков, П.С. Абрамов // Хранение и переработка: научно-практический журнал. – 2015. – №6-7(194). – С. 48-50.
8. Попова, Н.М. Эколого-селекционная оценка образцов полбы [Текст] / Н.М. Попова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – №5. – С. 15-20.
9. Создание и выявление ценных селекционных линий крупяного направления на основе межвидовых гибридов твердой пшеницы и полбы [Текст] / В.С. Сидоренко, П.Н. Мальчиков, М.Г. Мясникова, Г.А. Бударина, Д.В. Наумкин, В.А. Костромичева, Ж.В. Старикова, Ф.В. Тугарева, А.А. Горьков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – №4(24). – С. 106-115.
10. Сорта яровой пшеницы в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области [Текст] / А.В. Зеленев, И.Н. Маркова, В.Н. Питоня, П.А. Смутнев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №4. – С. 39-45.
11. Ходаницкий, В. Полба и спельта: новые перспективы выращивания [Текст] / В. Ходаницкий, О. Ходаницкая // Пропозиция. – 2017. – №3. – С. 84-88.
12. Indirect selection for grain yield in spring bread wheat in diverse nurseries worldwide using parameters locally determined in north-west Mexico [Текст] / M. Gutierrez, M.P. Reynolds, W.R. Raun, M.L. Stone // The Journal of Agricultural Science. – 2012. – Vol. 150. – Is. 1. – P. 23-43.
13. Persson, T. Impact of projected mid-21st century climate and soil extrapolation on simulated spring wheat grain yield in Southeastern Norway [Текст] / T. Persson, S. Kvaerno // The Journal of Agricultural Science. – 2017. – Vol. 155. – Is. 3. – P. 361-377.

Reference

1. Issledovaniya svojstv polby [Tekst] / S. V. Zverev, I. A. Pankrat'ev, O. V. Polituha, L. V. Chirkova, I. S. Vitol, A. A. Starichenkov // Hleboprodukty. - 2016. - №1. - S. 66-67.
2. Ispol'zovanie drevnih vidov pshenicy dlya ukrepleniya immunnnoj sistemy detskogo organizma [Tekst] / S. K. Temirbekova, Je. F. Ionov, N. Je. Ionova, Yu. V. Afanas'eva // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. - 2014. - №1-2(10-11). - P. 46-48.
3. Kobylyanskij, V. D. Agrobiologicheskaya ocenka obrazcov голозерной polby v usloviyah Krasnoyarskoj lesostepi [Tekst] / V. D. Kobylyanskij, N. A. Surin, N. M. Popova / Fundamental'nye issledovaniya. - 2013. - №10. - P. 601-605.

4. Ocenka v jekologo-geograficheskom jeksperimente adaptivnosti genotipov tverdoj pshenicy i differenciruyushej sposobnosti uslovij sredy (gody, punkty) [Tekst] / P. N. Mal'chikov, V. S. Sidorenko, M. G. Myasnikova, D. V. Naumkin // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. - 2016. - №2. - S. 120-126.

5. Perspektivy vyraschivaniya novyh sortov tverdoj pshenicy v usloviyah Orlovskoj oblasti [Tekst] / V. I. Zotikov, V. S. Sidorenko, N. E. Pavlovskaya, P. N. Mal'chikov, E. V. Kostromicheva, I. N. Gagarina, V. A. Kostromicheva // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. - 2015. - №2(14). - S. 52-58.

6. Petrov, S. V. Formirovanie urozhaya yarovoj pshenicy *Dicoccum* (polba) v usloviyah Predkamskoj zony Respubliki Tatarstan [Tekst] / S. V. Petrov, I. M. Serzhanov, F. Sh. Shajhutdinov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2014. - №6. - S. 31-38.

7. Polba i spel'ta - vozvraschenie k istokam [Tekst] / S. V. Zverev, O. V. Polituha, A. A. Starichenkov, P. S. Abramov // Hranenie i pererabotka: nauchno-prakticheskij zhurnal. - 2015. - №6-7(194). - S. 48-50.

8. Popova, N. M. Jekologo-selekcionnaya ocenka obrazcov polby [Tekst] / N. M. Popova // Vestnik KrasGAU. - 2017. - №5. - S. 15-20.

9. Sozdanie i vyyavlenie cennyh selekcionnyh linij krupyanogo napravleniya na osnove mezhhvidovyh gibridov tverdoj pshenicy i polby [Tekst] / V. S. Sidorenko, P. N. Mal'chikov, M. G. Myasnikova, G. A. Budarina, D. V. Naumkin, V. A. Kostromicheva, Zh. V. Starikova, F. V. Tugareva, A. A. Gor'kov // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. - 2017. - №4(24). - S. 106-115.

10. Sorta yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti [Tekst] / A. V. Zelenev, I. N. Markova, V. N. Pitonya, P. A. Smutnev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - №4. - S. 39-45.

11. Hodanickij, V. Polba i spel'ta: novye perspektivy vyraschivaniya [Tekst] / V. Hodanickij, O. Hodanickaya // Propoziciya. - 2017. - №3. - S. 84-88.

12. Indirect selection for grain yield in spring bread wheat in diverse nurseries worldwide using parameters locally determined in north-west Mexico [Tekst] / M. Gutierrez, M.P. Reynolds, W.R. Raun, M.L. Stone // The Journal of Agricultural Science. - 2012. - Vol. 150. - Is. 1. - P. 23-43.

13. Persson, T. Impact of projected mid-21st century climate and soil extrapolation on simulated spring wheat grain yield in Southeastern Norway [Tekst] / T. Persson, S. Kvaerno // The Journal of Agricultural Science. - 2017. - Vol. 155. - Is. 3. - P. 361-377.

Информация об авторах

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

Смутнев Павел Анатольевич, заведующий Камышинским отделом селекции Нижне-Волжского научно исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 403013, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции, ул. Центральная, 12), кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>. E-mail: smut-pavel@yandex.ru

Маркова Ирина Николаевна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник Камышинского отдела селекции Нижне-Волжского научно исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 403013, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции, ул. Центральная, 12). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-0554>.

E-mail: nwniish@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 633.863.2:631.5

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-10

**К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
САФЛОРА КРАСИЛЬНОГО В УСЛОВИЯХ
ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**TO THE QUESTION OF INCREASING OF PRODUCTIVITY
OF DYER'S-SAFFRON (*Carthamus tinctorius*)
IN THE CONDITIONS OF VOLGO-DON INTERFLUVE**

И.В. Киричкова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.В. Мелихов, аспирант

А. М. Васильев, магистр

I.V. Kirichkova, A.V. Melikhov, A.M. Vasilyev

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 22.03.2019
Received 22.03.2019

Дата принятия к печати 13.05.2019
Submitted 13.05.2019

Агротехника возделывания является важным мероприятием в увеличении урожайности и повышении качества сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L. Биологические и морфологические особенности культуры и ее сорта определяют оптимальные параметры технологических приемов возделывания. Сафлор *Carthamus tinctorius* L. – сельскохозяйственная культура, обладающая большой ценностью, а агротехника возделывания в Нижнем Поволжье практически не изучалась. Способы основной и предпосевной обработки почвы влияют на эффективность возделывания сафлора в условиях, где основным лимитирующим фактором является почвенная влага. Научно-исследовательские опыты заложены в 2015 году и проводились в течение четырех лет на территории Волго-Донского междуречья в УНПЦ «Горная Поляна», где преимущественно преобладают светло-каштановые почвы с содержанием гумуса 2,3 %. Волго-Донское междуречье находится в южной части Волгоградской области, которая является наиболее засушливой. Для определения оценки основных способов обработки почвы под сафлор красильный *Carthamus tinctorius* L. сорт Заволжский, сорт Александрит, сорт Ершовский 4 (факторы А, В) проведены специальные эксперименты. В исследованиях изучались: отвальная вспашка – на 0,25...0,27 м (ПН-4-35), мелкая обработка БДТ – на 0,1...0,12 м, обработка рабочим органом Рапа – на 0,30...0,32 м, обработка рабочим органом Ранчо – на 0,30...0,32 м. В статье рассматривается несколько видов основной обработки почвы: отвальная вспашка, мелкое рыхление, Ранчо, Рапа – и влияние их на продуктивность сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L. на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья. Наибольшая урожайность получена у сорта Александрит при основной обработке орудием Ранчо, так как создание лучшего водно-воздушного и питательного режима корневой системы обеспечивается разуплотнением почвы глубокорыхлителем. Полученные данные позволяют заключить, что наиболее продуктивными являются сорт Александрит и сорт Ершовский, урожайность которых в среднем составила 1,03 т/га и 1,00 при соответствующей обработке орудием Ранчо. Изучаемые сорта характеризуются очень высокой засухоустойчивостью. Обобщая полученные результаты, можно заключить, что изученные сорта эффективно возделывать в условиях Волго-Донского междуречья. Уровень рентабельности при выращивании сафлора *Carthamus tinctorius* L. с применением БДТ-7 выше по сравнению с отвальной вспашкой на 31,0...44,0 %, с обработкой рабочими органами ранчо и Рапа на 31,0...41,0 %.

Agrotechnics of cultivation is an important event in increasing yields and improving the quality of safflower of the dyeing *Carthamus tinctorius* L. Biological and morphophysiological characteristics of the crop and its varieties determine the optimal parameters of technological methods of cultivation. Safflower *Carthamus tinctorius* L. is an agricultural crop of great value, and the agricultural technology of cultivation in the Lower Volga region has not been practically studied. The methods of basic and pre-sowing tillage

affect the efficiency of safflower cultivation in conditions where the main limiting factor is soil moisture. Research experiments were established in 2015 and were carried out for four years on the territory of the Volga-Don interfluvium in the Teaching and Research Production Center «Gornaya Polyana», where light-brown soils predominate. With a humus content of 2,3%, the Volga-Don interfluvium is located in the southern part of the Volga-grad region, which is the most arid. To determine the assessment of the main methods of tillage for safflower dye *Carthamus tinctorius* L., Zavolzhsky variety, Alexandrite variety, Ershovsky 4 variety (factor A, B), special experiments were conducted. The studies studied: waste plowing at 0,25-0,27 m (PN-4-35), small processing of Disk harrow «BDT» at 0,1-0,12 m, processing by the working Rapa organ at 0,30-0,32 m, processing by the working part «Rancho» at 0,30-0,32 m. The article discusses several types of primary tillage: oval plowing, small tillage, ranch, rapa and their influence on the productivity of safflower of the dye *Carthamus tinctorius* L. on the light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium. The highest yields were obtained from the Alexandrite variety with the main treatment with the Rancho's tool, since the creation of the best water-air and nutrient regime of the root system is ensured by the decompaction of the soil with the deep-ripper. The data obtained allow us to conclude that the most productive are the Alexandrite variety and the Ershovsky variety, whose yield is on average 1,03 t / ha and 1,00 with appropriate processing by the Rancho implements. The studied varieties are characterized by very high drought resistance. Summarizing the obtained results, we can conclude that the studied varieties are effectively cultivated in the conditions of the Volga-Don interfluvium. The obtained data allow us to conclude that the most productive varieties are Alexandrite and Ershovsky 4, whose average yield was 1,03 t / ha and 1,00 for the main tillage with a ranch implement. Summarizing the obtained results, we can conclude that the studied varieties are characterized by high drought tolerance and are efficiently cultivated in the conditions of the Volga-Don interfluvium. The level of profitability when growing *Carthamus tinctorius* L. safflower using Disk harrow «BDT-7» is higher compared to dump plowing by 31,0–44,0%, with processing by the working parts of the ranch and Rapa by 31,0-41,0%.

Ключевые слова: сафлор масличный, обработка почвы, урожайность, отвальная вспашка, мелкая обработка, Рана, Ранчо.

Key words: oil safflower, tillage, yield, dump plowing, small processing, Rapa, Ranch.

Цитирование. Киричкова И.В., Мелихов А.В., Васильев А. М. К вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в условиях Волго-Донского междуречья. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 90-98. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-10.

Citation. Kirichkova I.V., Melikhov A.V., Vasiliev A.M. To the question of increasing the productivity of safflower dye in the conditions of the Volga-Don interfluvium. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 90-98. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-10.

Введение. Агротехника возделывания является важным мероприятием в увеличении урожайности и повышении качества сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L. [16, 20, 24, 23, 17].

Биологические и морфофизиологические особенности культуры и ее сорта определяют оптимальные параметры технологических приемов возделывания [1, 25].

Сафлор *Carthamus tinctorius* L. в засушливых условиях незаменим, однако технология его выращивания изучена в недостаточной степени.

Повышение продуктивности сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L. зависит от основной обработки при выращивании его в условиях засухи [18, 21]. В разных регионах нашей страны способы и глубина обработки зависят от природно-климатических условий.

Увеличение урожайности сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L. достигнуто при отвальной глубокой обработке (0,22...0,25 м), которая позволяет лучше проникнуть корням данной культуры и обеспечивает комфортный воздушно-питательный режим. Это доказывают многочисленные научные и практические испытания в засушливой зоне [1].

Научные изыскания доказали, что проникновение в почву орудиями основной обработки возможно на меньшую глубину, при которой урожайность сафлора *Carthamus tinctorius* L. не только остается на уровне, но и повышается. В достаточно увлажненных регионах страны с легкой структурированной почвой сельскохозяйственная техника уменьшает количество проходов и глубину проникновения рабочих органов в почву [5].

Прогрессивные современные направления – это минимизация обработки почвы, позволяющая снизить затраты на выращивание сельскохозяйственных культур. Для их развития и внедрения необходимы специальные сеялки и другая сельскохозяйственная техника. При соблюдении данных условий возможна оптимизация технологий возделывания и уменьшение глубины обработки.

Следует принимать во внимание, что Волго-Донское междуречье – это самая засушливая сухостепная зона светло-каштановых почв Нижнего Поволжья и при новой спецтехнике минимальная обработка менее эффективна по сравнению с классической. Для того чтобы добиться максимальной экономичности, необходимо учитывать, основным условием выбора способа обработки почвы является учет конкретных условий и адаптация к ним [5, 13].

Материалы и методы. Научно-исследовательские опыты заложены в 2015 году и проводились в течение четырех лет на территории Волго-Донского междуречья в УНПЦ «Горная Поляна», где преимущественно преобладают светло-каштановые почвы с содержанием гумуса 2,3 %. Волго-Донское междуречье находится в южной части Волгоградской области, которая является наиболее засушливой. Для определения оценки основных способов обработки почвы под сафлор красильный *Carthamus tinctorius* L. сорт Заволжский 1, сорт Александрит, сорт Ершовский 4 (фактор А, В) проведены специальные эксперименты (таблица 1). В исследованиях изучались: отвальная вспашка – на 0,25...0,27 м (ПН-4-35), мелкая обработка БДТ – на 0,1...0,12 м, обработка рабочим органом Рапа – на 0,30...0,32 м, обработка рабочим органом Ранчо – на 0,30...0,32 м.

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант А, (в трехкратной повторности), площадь делянки 525м ²		
Обработка рабочим органом «Рапа» на 0,3-0,32м		
Обработка рабочим органом «Ранчо» на 0,3-0,32м		
Мелкая обработка БДТ на 0,1- 0,12м		
Отвальная вспашка на 0,2-0,22м		
Вариант В. Сорта сафлора красильного <i>Carthamus tinctorius</i> L., районированные в сухостепной зоне Нижнего Поволжья		
Заволжский 1	Александрит	Ершовский 4

В период проведения научных опытов использовали методические рекомендации Б.А. Доспехова (1985), П.Н. Константинова (1952), А.А. Кудрявцева (1959), В.И. Сазонова (1962) и «Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте» под ред. Б.М. Смирнова (1973).

Дважды учитывали густоту стояния сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L.: при полных всходах и перед уборкой в соответствии с методикой сортоиспытания (1971).

Фенологические и биометрические наблюдения по Методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1983).

Отбор почвенных образцов осуществляли по общепринятой методике в соответствии с ГОСТ 174301 – 83.

Оптимальная норма высева сафлора *Carthamus tinctorius* L. на семена – 300 тысяч всхожих семян на 1 га [4, 5, 8]. Глубина заделки семян 5...6 см, а при сухой почве – 7...8 см. Возможен посев широкорядным способом с междурядьем 0,45 и 0,60...0,70 м, возмож-

но применять междурядье 0,23 м. В УНПЦ «Горная Поляна» нами высевался сафлор *Carthamus tinctorius* L. с междурядьем 0,23 м. Количество семян зависит от условий влажности к моменту посева. При достаточном увлажнении берётся максимальное значение, при недостаточном – минимальное. В наших исследованиях оптимальная норма высева сафлора *Carthamus tinctorius* L. на семена – 300 тыс. всхожих семян на 1 га [3, 2, 6, 7].

Учет урожая производили по делянкам прямым комбайнированием.

Результаты и обсуждение. По биологическим особенностям сафлор *Carthamus tinctorius* L. непритязателен к почвенным условиям, и все-таки наивысшая продуктивность сафлора *Carthamus tinctorius* L. формируется на черноземных и каштановых почвах. Лучше всего сафлор *Carthamus tinctorius* L. произрастает после озимых и яровых колосовых культур, а также пропашных культур. Срок возвращения культуры на предыдущее место – 4-5 лет [8, 9, 10].

При оптимальном травостое Сафлор *Carthamus tinctorius* L. не угнетается сорняками. В наших исследованиях наименьшее количество сорняков на варианте вспашка ПЛН-4-35 составило 5 шт./м². На вариантах мелкой обработки почвы количество сорняков изменялось от 10 до 12 шт./м² [14, 15].

При возделывании сафлора *Carthamus tinctorius* L. устанавливают норму удобрений расчетным методом с учетом выноса питательных элементов растением из почвы. Фосфорно-калийные удобрения вносят под зябь, в случае возделывания по безотвальной технологии перед дискованием азотные удобрения вносят в предпосевную культивацию.

Посевы сафлора *Carthamus tinctorius* L. повреждаются вредителями (сафлоровая муха, тля, долгоносик и совка). Обработка препаратом Кинфос – 0,25 л/га или другим инсектицидом против тли и мухи проводится в период 4-6 листьев.

Фаза развития сафлора *Carthamus tinctorius* L. «ветвление – бутонизация» является важной в формировании урожая, и в этот период почвенная влага должна быть оптимальной [22, 19].

Убирают сафлор *Carthamus tinctorius* L. прямым комбайнированием при влажности семян 10-12 %. Уборка сафлора *Carthamus tinctorius* L. не вызывает сложностей, так как семена у него не осыпаются. Её начинают при полной спелости семян обычно в конце лета. К обмолоту приступают, когда растения и корзинки станут соломенного цвета и семена будут жесткими [19].

В 2015 году урожайность сафлора под влиянием обработки изменялась от 0,88 т/га до 1,1 т/га (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние способов основной обработки на продуктивность сафлора *Carthamus tinctorius* L., 2015 г.

Вариант опыта	Урожайность т/га	
	Сорт Заволжский 1	Сорт Александрит
Отвальная вспашка ПЛН-4-35	0,90	0,91
Мелкая обработка БДТ-7	0,92	1,10
Ранчо	0,90	1,00
Рапа	0,88	0,94
НСР 0,25	0,04	0,05

Наибольшая урожайность у сорта сафлора *Carthamus tinctorius* L. Александрит на варианте безотвальной вспашки БДТ-7, что составляет 1,1 т/га, у сорта Заволжский 1 на данном варианте ниже и составляет 0,92 т/га. На вариантах безотвальной вспашки, Рапа, Ранчо урожайность сафлора *Carthamus tinctorius* L. сравнительно одинакова и составляет в среднем 0,9 т/га.

В 2016 году урожайность сафлора *Carthamus tinctorius* L. в зависимости от сорта и основной обработки почвы изменялась от 0,94 т/га до 1,6 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние способов основной обработки на продуктивность сафлора *Carthamus tinctorius* L., 2016 г.

Варианты опыта	Урожайность, т/га		
	Сорт Заволжский 1	Сорт Александрит	Сорт Ершовский 4
Отвальная вспашка ПЛН-4-35	0,96	1,03	0,95
Мелкая обработка БДТ-7	0,94	0,99	0,98
Ранчо	0,96	1,06	1,04
Рапа	0,96	1,02	1,01
НСР _{0,5} - 0,05	0,05	0,04	0,04

В наших исследованиях 2016 года в УНПЦ «Горная Поляна» наибольшая урожайность у сорта Александрит на варианте обработки Ранчо и составляет 1,06 т/га, наименьшая урожайность на данном варианте у сорта Заволжский 1 и составляет 0,96 т/га. Впервые, в 2016 году начали освоение сорта Ершовский 4, который также показал лучшие результаты на варианте Ранчо, урожайность составляет 1,04 т/га. Наименьшая урожайность у сорта Заволжский 1 на всех вариантах обработки почвы в таблице 3.

Несмотря на то что погодные условия 2017 года не способствовали повышению продуктивности сафлора красильного *Carthamus tinctorius* L., сохраняется хронология урожайности каждого сорта в зависимости от основной обработки почвы.

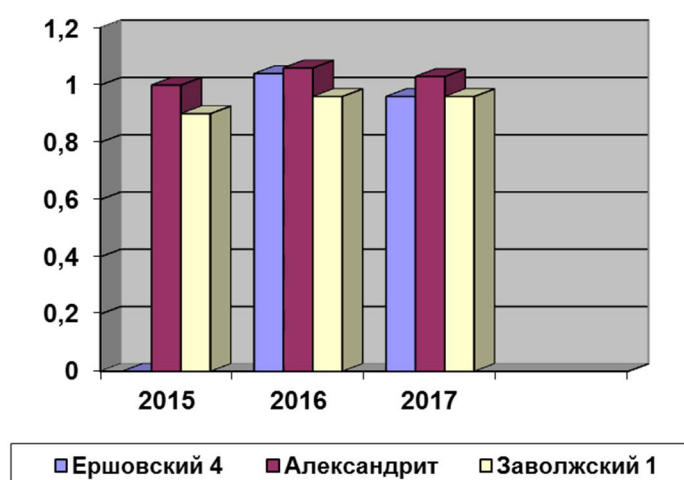


Рисунок 1 – Урожайность сортов сафлора *Carthamus tinctorius* L. при обработке Ранчо

Наибольшая урожайность на варианте Ранчо у сорта Александрит и составляет 1,03 т/га, наименьшая урожайность у сорта Заволжский 1 при мелкой обработке почвы (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние способов основной обработки на продуктивность сафлора *Carthamus tinctorius* L., 2017 год

Вариант опыта	Урожайность, т/га		
	Сорт Заволжский 1	Сорт Александрит	Сорт Ершовский 4
Отвальная вспашка ПЛН-4-35	0,89	0,95	0,93
Мелкая обработка БДТ-7	0,86	0,90	0,92
Ранчо	0,94	1,03	0,96
Рапа	0,95	0,97	1,00
НСР _{0,5}	0,05	0,05	0,05

Заключение. Таким образом, наибольшая урожайность получена у сорта Александрит по основной обработке орудием Ранчо, так как разуплотнение почвы глубокорыхлителем способствует созданию лучшего водно-воздушного и питательного режима корневой системы. Полученные данные позволяют заключить, что наиболее продуктивными являются сорта Александрит и Ершовский 4, урожайность которых в среднем составила 1,03 т/га и 1,00 при основной обработке почвы орудием Ранчо.

Обобщая полученные результаты, можно заключить, что изученные сорта характеризуются высокой засухоустойчивостью и их эффективно возделывать в условиях Волго-Донского междуречья.

Уровень рентабельности при выращивании сафлора *Carthamus tinctorius* L. с применением БДТ-7 выше по сравнению с отвальной вспашкой на 31,0...44,0 %, с обработкой рабочими органами Ранчо и Рапа – на 31,0...41,0 %.

Библиографический список

1. Богосорьянская, Л.В. Влияние макро и микроудобрений на урожай и качество семян сафлора красильного [Текст] / Л.В. Богосорьянская // Плодородие. – 2009. – №2. – С. 14-16.
2. Боровская, И.Ю. Обоснование и усовершенствование методов определения устойчивости подсолнечника к возбудителям основных болезней по характеру ее изменчивости [Текст] / И.Ю. Боровская, В.П. Петренко // Земледелие. – 2018. – №2. – С. 18-20.
3. Бочкарев, Б.Н. Хозяйственно-биологические признаки семян и корреляции между ними у родительских линий и гибридов подсолнечника [Текст] / Б.Н. Бочкарев, В.В. Волгин // Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – №2. – С. 13-19.
4. Васильева, Д.С. Масличные культуры [Текст] / Д.С. Васильева, Н.Г. Потеха // Технические культуры. – М.: Агропромиздат, 2014. – С. 70-154.
5. Влияние репродукции генетической структуры сорта и условий года выращивания на качество семян подсолнечника [Текст] / А.Д. Бочкова, Е.А. Перетягин, В.И. Хатнянский, В.А. Камардин, Е.С. Крюкова // Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – №2. – С. 3-12.
6. Зубков, В.В. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности [Текст] / В.В. Зубков, А.В. Милехин, В.А. Куркин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – №5. – С. 17-20.
7. Иванов, В. М. Влияние элементов технологии посева на продуктивность сафлора в Волгоградском Заволжье [Текст] / В.М. Иванов, В.В. Толмачев // Перспективы развития аридных территорий через интеграции науки и практики. – М.: Изд-во Вестник РАСХН, 2012. – С. 354-357.
8. Иванов, В.М. Сроки, нормы и способы посева в Волгоградском Заволжье [Текст] / В.М. Иванов, В.В. Толмачев // Аграрный вестник Урала – 2010. – № 7. – С. 72-74.
9. Казарина, А.В. Изучение мировой коллекции льна масличного как исходного материала для селекции в условиях лесостепи Среднего Поволжья [Текст] / А.В. Казарина // Успехи современного естествознания. – 2018. – №1. – С. 18-22.
10. Киричкова, И.В. Продуктивность многолетних трав в зависимости от способов основной обработки почвы в условиях Нижнего Поволжья [Текст] / И.В. Киричкова, А. И. Беленков // Известия ТСХА. – 2009. – №2. – С. 47-52.
11. О селекции подсолнечника в Тамбовском НИИ [Текст] / Л.Н. Вислобокова, И.И. Мустафин, З.И. Мазурина, С.В. Иванов // Земледелие. – 2018. – №3. – С. 20-26.
12. Пузиков А.Н. Усовершенствование технологии возделывания подсолнечника в южной лесостепи Западной Сибири [Текст] / А.Н. Пузиков, Ю.Н. Суворова // Земледелие. – 2019. – №1. – С. 27-30.
13. Семеноводство подсолнечника: агротехнические, экологические, генетические, и экономические аспекты [Текст] / А.Д. Бочкова, Е.А. Перетягин, В.И. Хатнянский, В.А. Камардин, Е.С. Крюкова, К.М. Кривошлыков // Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – №2. – С. 88-114.

14. Соловов, С.Я. Эффективность применения удобрений при возделывании подсолнечника с различной нормой высева семян на черноземе обыкновенном западного Предкавказья [Текст] / С.Я. Соловов, А. С. Бушнев // Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2017. – №2. – С. 27-32.
15. Comparison of the agronomic effects of maturity and ploidy in perennial ryegrass [Текст] / G.A. Burns, T.J. Gilliland, D. Grogan, P. O'Kiely // Grassland -a European Resource Book of Abstracts. 24th General Meeting of the European Grassland Federation. – Lublin, Poland. 3-7 June 2012. – Oficyna Wydawnicza Garmond. – Poznań, 2012. – P. 63.
16. Effect of nano-silicon foliar application on safflower growth under organic and inorganic fertilizer regimes [Текст] / M. Janmohammadi, T. Amanzadeh, N. Sabaghnia, V. Ion // Botanica Lithuanica. – 2016. – №22(1). – P. 53-64. doi:10.1515/botlit-2016-0005.
17. Effect of growth stage based irrigation on soil water extraction and water use efficiency of spring safflower cultivars [Текст] / S. Singh, S. V. Angadi, K. K. Grover, R. S. Hilaire, S. Begna // Agricultural Water Management. – 2016. – №177. – P. 432-439. doi:10.1016/j.agwat.2016.08.023.
18. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices [Текст] / M. Khalili, A. Pour-Aboughadareh, M. R. Naghavi, E. Mohammad-Amini // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2014. – №42(1). – P. 214-218. doi:10.15835/nbha4219331.
19. Huyghe, C. Agronomic value and provisioning services of multi-species swards [Текст] / C. Huyghe, I. Litrico F. Surault // Grassland -a European Resource Book of Abstracts. 24th General Meeting of the European Grassland Federation. Lublin, Poland. 3-7 June 2012. – Oficyna Wydawnicza Garmond. – Poznań, 2012. – P. 7.
20. Mojarad, R. M. Z. Prediction of safflower yield under different saline irrigation strategies using AquaCrop model in semi-arid regions [Текст] / R. M. Z. Mojarad, M. Feizi, M. Ghobadina // Australian Journal of Crop Science. – 2018. – №12(8). – P. 1241-1249. doi:10.21475/ajcs.18.12.08.PNE946.
21. Padmavathi, P. Impact of climate change on safflower (*carthamus tinctorius* L) in India and Mexico [Текст] / P. Padmavathi, S. M. Virmani // Journal of Agrometeorology. – 2013. – №15(1). – P. 58-61.
22. Past lessons and future prospects: plant breeding for yield and persistence in cool-temperate pastures [Текст] / A. J. Parsons, G. R. Edwards, P. C. D. Newton, D. F. Chapman, J. R. Caradus, S. Rasmussen, J. S. Rowarth // Grass and Forage Science. – 2011. – Vol. 66. – Issue 2. – P. 153-172.
23. Santos, R. F. Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages [Текст] / R.F. Santos, D. Bassegio, M. Silva de Almeida // Agricultural Water Management. – 2017. – №186. – P. 66-74. doi:10.1016/j.agwat.2017.02.013.
24. Soil amendments of fly ash: Effects on function and biochemical activity of *carthamus tinctorius* L. plants. [Текст] / Q. Qurratul, S. Jan, R. Khan, M. Mahmooduzzafar, T. O. Siddiqi // Israel Journal of Plant Sciences. – 2013. – №61. – P. 12-24. doi:10.1080/07929978.2014.945313.
25. Zareie, S. Screening of iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices [Текст] / S. Zareie, G. Mohammadi-Nejad, S. Sardouie-Nasab // Australian Journal of Crop Science. – 2013. – 7(7). – P. 1032-1037.

References

1. Bogosor'yanskaya, L. V. Vliyanie makro i mikroudobrenij na urozhaj i kachestvo semyan saflora krasil'nogo [Текст] / L. V. Bogosor'yanskaya // Plodorodie. - 2009. - №2. - P. 14-16.
2. Borovskaya, I. Yu. Obosnovanie i usovershenstvovanie metodov opredeleniya ustojchivosti podsolnechnika k vzbuditelyam osnovnyh boleznej po harakteru ee izmenchivosti [Текст] / I. Yu. Borovskaya, V. P. Petrenkova // Zemledelie. - 2018. - №2. - P. 18-20.
3. Bochkarev, B. N. Hozyajstvenno-biologicheskie priznaki semyanok i korrelyacii mezhdu nimi u roditel'skih linij i gibridov podsolnechnika [Текст] / B. N. Bochkarev, V. V. Volgin // Maslichnye kul'tury: nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. - 2017. - №2. - P. 13-19.
4. Vasil'eva, D. S. Maslichnye kul'tury [Текст] / D. S. Vasil'eva, N. G. Poteha // Tehnicheskie kul'tury. - M.: Agropromizdat, 2014. - P. 70-154.

5. Vliyanie reprodukcii geneticheskoy struktury sorta i uslovij goda vyraschivaniya na kachestvo semyan podsolnechnika [Tekst] / A. D. Bochkova, E. A. Peretyagin, V. I. Hatnyanskij, V. A. Kamardin, E. S. Kryukova // Maslichnye kul'tury: nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. - 2017. - №2. - P. 3-12.
6. Zubkov, V. V. Perspektivy ispol'zovaniya masla semyan saflora krasil'nogo v pischevoj i farmacevticheskoy promyshlennosti [Tekst] / V. V. Zubkov, A. V. Milehin, V. A. Kurkin // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. - 2014. - №5. - P. 17-20.
7. Ivanov, V. M. Vliyanie jelementov tehnologii poseva na produktivnost' saflora v volgogradskom Zavolzh'e [Tekst] / V. M. Ivanov, V. V. Tolmachev // Perspektivy razvitiya aridnyh territorij cherez integracii nauki i praktiki. - M.: Izd-vo Vestnik RASXN, 2012. - P. 354-357.
8. Ivanov, V. M. Sroki, normy i sposoby poseva v Volgogradskom Zavolzh'e [Tekst] / V. M. Ivanov, V. V. Tolmachev // Agrarnyj vestnik Urala - 2010. - № 7. - P. 72-74.
9. Kazarina, A. V. Izuchenie mirovoj kollekcii l'na maslichnogo kak isxodnogo materiala dlya selekcii v usloviyah lesostepi Srednego Povolzh'ya [Tekst] / A. V. Kazarina // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. - 2018. - №1. - P. 18-22.
10. Kirichkova, I. V. Produktivnost' mnogoletnih trav v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki pochvy v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / I. V. Kirichkova, A. I. Belenkov // Izvestiya TSXA. - 2009. - №2. - P. 47-52.
11. O selekcii podsolnechnika v Tambovskom NII [Tekst] / L. N. Vislobokova, I. I. Mustafin, Z. I. Mazurina, S. V. Ivanov // Zemledelie. - 2018. - №3. - P. 20-26.
12. Puzikov A. N. Usovershenstvovanie tehnologii vozdeleyvaniya podsolnechnika v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri [Tekst] / A. N. Puzikov, Yu. N. Suvorova // Zemledelie. - 2019. - №1. - P. 27-30.
13. Semenovodstvo podsolnechnika: agrotehnicheskie, jkologicheskie, geneticheskie, i jkonomicheskie aspekty [Tekst] / A. D. Bochkova, E. A. Peretyagin, V. I. Hatnyanskij, V. A. Kamardin, E. S. Kryukova, K. M. Krivoshlykov // Maslichnye kul'tury: nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. - 2017. - №2. - P. 88-114.
14. Solovov, S. Ya. Jefferektivnost' primeneniya udobrenij pri vozdeleyvanii podsolnechnika s razlichnoj normoj vyseva semyan na chernozeme obyknovennom zapadnogo Predkavkaz'ya [Tekst] / S. Ya. Solovov, A. S. Bushnev // Maslichnye kul'tury: nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. - 2017. - №2. - P. 27-32.
15. Comparison of the agronomic effects of maturity and ploidy in perennial ryegrass [Tekst] / G.A. Burns, T.J. Gilliland, D. Grogan, P. O'Kiely // Grassland -a European Resource Book of Abstracts. 24th General Meeting of the European Grassland Federation. - Lublin, Poland. 3-7 June 2012. - Oficyna Wydawnicza Garmond. - Poznań, 2012. - P. 63.
16. Effect of nano-silicon foliar application on safflower growth under organic and inorganic fertilizer regimes [Tekst] / M. Janmohammadi, T. Amanzadeh, N. Sabaghnia, V. Ion // Botanica Lithuanica. - 2016. - №22(1). - P. 53-64. doi:10.1515/botlit-2016-0005.
17. Effect of growth stage based irrigation on soil water extraction and water use efficiency of spring safflower cultivars [Tekst] / S. Singh, S. V. Angadi, K. K. Grover, R. S. Hilaire, S. Begna // Agricultural Water Management. - 2016. - №177. - P. 432-439. doi:10.1016/j.agwat.2016.08.023.
18. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices [Tekst] / M. Khalili, A. Pour-Aboughadareh, M. R. Naghavi, E. Mohammad-Amini // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. - 2014. - №42(1). - P. 214-218. doi:10.15835/nbha4219331.
19. Huyghe, C. Agronomic value and provisioning services of multi-species swards [Tekst] / C. Huyghe, I. Litrico F. Surault // Grassland -a European Resource Book of Abstracts. 24th General Meeting of the European Grassland Federation. Lublin, Poland. 3-7 June 2012. - Oficyna Wydawnicza Garmond. - Poznań, 2012. - P. 7.
20. Mojarad, R. M. Z. Prediction of safflower yield under different saline irrigation strategies using AquaCrop model in semi-arid regions [Tekst] / R. M. Z. Mojarad, M. Feizi, M. Ghobadinia // Australian Journal of Crop Science. - 2018. - №12(8). - P. 1241-1249. doi:10.21475/ajcs.18.12.08.PNE946.
21. Padmavathi, P. Impact of climate change on safflower (carthamus tinctorius L) in India and Mexico [Tekst] / P. Padmavathi, S. M. Virmani // Journal of Agrometeorology. - 2013. - №15(1). - P. 58-61.

22. Past lessons and future prospects: plant breeding for yield and persistence in cool-temperate pastures [Tekst] / A. J. Parsons, G. R. Edwards, P. C. D. Newton, D. F. Chapman, J. R. Caradus, S. Rasmussen, J. S. Rowarth // Grass and Forage Science. – 2011. – Vol. 66. – Issue 2. – P. 153-172.

23. Santos, R. F. Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages [Tekst] / R.F. Santos, D. Bassegio, M. Silva de Almeida // Agricultural Water Management. – 2017. – №186. – P. 66-74. doi:10.1016/j.agwat.2017.02.013.

24. Soil amendments of fly ash: Effects on function and biochemical activity of carthamus tinctorius L. plants. [Tekst] / Q. Qurratul, S. Jan, R. Khan, M. Mahmooduzzafar, T. O. Siddiqi // Israel Journal of Plant Sciences. – 2013. – №61. – P. 12-24. doi:10.1080/07929978.2014.945313.

25. Zareie, S. Screening of iranian safflower genotypes under water deficit and normal conditions using tolerance indices [Tekst] / S. Zareie, G. Mohammadi-Nejad, S. Sardouie-Nasab // Australian Journal of Crop Science. – 2013. – 7(7). – P. 1032-1037.

Информация об авторах

Киричкова Ирина Владимировна, профессор кафедры « Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6946-7851>. **E-mail:** kirichkova.iv@yandex.ru.

Мелихов Алексей Владимирович, аспирант кафедры « Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26). **E-mail:** alex.i@mail.ru.

Васильев Алексей Михайлович, магистр кафедры « Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26). **E-mail:** vasiliev.A@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.11:631.527.32

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-11

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ПОДЗОНЕ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

INFLUENCE OF THE MAIN TREATMENT OF SOIL ON THE YIELD OF HYBRIDS OF SUNFLOWER IN THE SUBSONA OF THE SOUTH CHERNOZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION

Г.А. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.Г. Екатериничева, кандидат экономических наук, доцент

С.А. Чижиков, аспирант

G.A.Medvedev, N.G.Ekaterinicheva, S.A. Chizhikov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 28.01.2019

Received 28.01.2019

Дата принятия к печати 23.04.2019

Submitted 23.04.2019

На основании проведенных исследований 2017-2018 гг. в двухфакторном полевом опыте было показано положительное влияние глубокой отвальной обработки почвы на продуктивность трех гибридов подсолнечника Гарант, Пионер 66 и Пионер 109 на южных черноземах Волгоградской области. Несмотря на то что годы наблюдения по количеству выпавших осадков были различными, закономерности по накоплению доступной влаги по вариантам опыта сохранялись. Как по годам, так и в среднем за два года наибольшие запасы доступной влаги накапливала отвальная вспашка, затем нулевая и мелкая обработка. Больших различий по по-

левой всхожести у обоих гибридов по вариантам основной обработки почвы не было отмечено. Что касается степени засоренности посевов подсолнечника, то здесь различия по вариантам обработки почвы были более значительными. Больше всего сорняков было на нулевой обработке и меньше всего на отвальной вспашке во все фазы развития гибридов. Мелкая обработка по степени засоренности занимала промежуточное положение. Наибольшую урожайность все гибриды формировали на отвальной вспашке и меньшую на нулевой обработке, как по годам наблюдений, так и в среднем за два года. Из гибридов наиболее урожайным оказался Пионер 109. Этот гибрид на отвальной вспашке превосходил гибрид Гарант на 17,0 %, а гибрид Пионер 66 – на 7,4 %. Такая же закономерность отмечена и по другим обработкам почвы. Из-за лучшей влагообеспеченности в 2017 году все гибриды, взятые на изучение, сформировали урожайность на 23,5-37,2 % больше, чем в 2018 году. Установлено, что в подзоне южных черноземов все взятые на изучение гибриды в годы исследования оказались высокопродуктивными. Наиболее высокоэффективным оказался гибрид Пионер 109 на отвальной вспашке – 427,2 %. У остальных гибридов рентабельность изменялась от 311,3 до 403,5 %.

Based on the studies conducted in 2017-2018. in a two-factor field experiment, the positive effect of deep soil tillage on the productivity of three sunflower hybrids «Garant, Pioneer 66 and Pioneer 109» on the southern chernozems of the Volgograd region was shown. In spite of the fact that the years of observation in terms of the amount of precipitation were different, but the patterns of accumulation of available moisture on the variants of experience remained. Both over the years and on average in two years, the largest reserves of available moisture accumulated dump plowing, then zero and shallow processing. It was noted that there were no major differences in field germination of both hybrids in the variants of the main tillage. As for the degree of contamination of sunflower crops, the differences in soil treatment options were more significant. Most of the weeds were at zero processing and least of all at dump plowing during all phases of the development of hybrids. Minor processing according to the degree of contamination occupied an intermediate position. All hybrids formed the highest yields on land plowing and less on zero processing, both according to the years of observation, and on average over two years. Of the hybrids, the «Pioneer 109» turned out to be the most productive. This hybrid at dump plowing was superior to the «Garant» hybrid by 17,0%, and the «Pioneer 66» hybrid by 7,4%. The same pattern was also noted for other soil treatments. Due to the best moisture supply in 2017, all the hybrids taken for the study, formed a yield of 23,5-37,2% more than in the year of 2018. It was established that in the subzone of southern black soils, all the hybrids taken for study, during the years of research, turned out to be highly profitable. The «Pioneer 109» hybrid on the dump plowing was 427,2%. The remaining hybrids profitability varied from 311,3 to 403,5%.

Ключевые слова: основная обработка почвы, гибриды подсолнечника, урожайность, засоренность, полевая всхожесть, экономическая эффективность.

Key words: basic tillage, sunflower hybrids, yield, contamination, field germination, economic efficiency.

Цитирование. Медведев Г.А., Екатериничева Н.Г., Чижиков С.А. Влияние основной обработки почвы на урожайность гибридов подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2019. 2(54). 98-105. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-11.

Citation. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Chizhikov S. A. Influence of the main tillage on the yield of sunflower hybrids in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 98-105. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-11.

Введение. В Волгоградской области подсолнечник является основной масличной культурой. Здесь посевные площади под подсолнечником ежегодно составляют 520-650 тыс. га [3, 10]. Несмотря на большие площади под подсолнечником, средняя урожайность его в области пока остается низкой. Важным резервом повышения урожайности подсолнечника, наряду с внедрением новых высокопродуктивных гибридов, является совершенствование технологии возделывания подсолнечника для конкретных

почвенно-климатических условий хозяйства. Особенно спорным до настоящего времени остается вопрос о системе и глубине основной обработки почвы. Большинство исследователей [1, 2, 5, 7, 8, 9, 12] отмечают положительное действие глубокой обработки почвы под подсолнечник, объясняя это мощной стержневой корневой системой этой культуры. Другие авторы [3, 4, 6, 10, 11, 13] в целях экономии энергетических затрат пропагандируют мелкую и даже нулевую обработки почвы. Это и послужило обоснованием для выбора темы наших исследований.

Материалы и методы. Двухфакторные полевые опыты были заложены нами на южных черноземах Алексеевского района Волгоградской области в 2017...2018 гг. Фактор А включал три приема основной обработки почвы:

1. Отвальная вспашка плугом ПН- 8-35 на 0,28-0,30 м.
2. Мелкая обработка агрегатом АКМ-6 на 0,12-0,14 м.
3. Нулевая обработка.

Фактор В – гибриды:

1. Гарант. 2. Пионер 66. 3. Пионер 109.

Предшественник в опыте – озимая пшеница, идущая по пару. Повторность опыта трехкратная, площадь учетной делянки 100 м². Все гибриды высевали с нормой высева 50 тыс. всхожих семян на гектар.

2017 год по погодным условиям был сравнительно влажным, а 2018 – более сухим. Агротехника в опыте включала отвальную зяблевую вспашку на контрольном варианте плугом ПН-8-35, мелкую обработку АКМ-6 на втором варианте, а на нулевой обработке перед посевом вносили гербицид Гардоголд в дозе 3,0 л/га, а по всходам Экспресс Сан – 0,04 л/га. На двух первых вариантах проводилась междурядная культивация по мере появления сорняков.

Результаты. Наши наблюдения показали, что влияние изучаемых факторов начинает проявляться с первых фаз развития взятых на изучение гибридов (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние основной обработки почвы на полевую всхожесть и сохранность растений к уборке в среднем за 2017-2018 гг.

Обработка почвы	Гибрид	Получено всходов, тыс./га	Полевая всхожесть, %	Сохранилось к уборке, тыс./га	% сохранности
Отвальная вспашка	Гарант	41,9	83,8	30,8	73,6
	Пионер 66	42,1	84,2	31,9	75,8
	Пионер 109	42,3	84,6	32,2	76,2
Мелкая обработка	Гарант	40,4	80,8	29,6	73,2
	Пионер 66	40,6	81,1	30,1	74,3
	Пионер 109	40,8	81,5	30,4	74,5
Нулевая обработка	Гарант	41,4	82,8	30,3	73,2
	Пионер 66	41,5	83,0	30,7	74,0
	Пионер 109	41,7	83,4	30,9	74,3

Обсуждение. Из данных таблицы 1 видно, что в годы проведения опытов погодные условия благоприятствовали получению дружных всходов. На всех вариантах опыта полевая всхожесть в среднем за два года не опускалась ниже 80 %. Самые высокие показатели 84,2-84,6 % были зафиксированы на отвальной вспашке. Разница между гибридами на всех обработках почвы по полевой всхожести не превышала 1 %. Основные обработки почвы на этот показатель оказывали несколько большее влияние. У всех гибридов на мелкой обработке полевая всхожесть семян оказалась на 2,0-3,1 % ниже, чем на отвальной вспашке. Нулевая обработка по полевой всхожести уступала отвальной вспашке, но превосходила на столько же мелкую обработку. Следует отметить, что на сохранность растений к уборке способы основной обработки почвы существенного

влияния не оказывали. Больше всего сохранилось растений у гибрида Пионер 109 – 76,2 %, а меньше всего у гибрида Гарант – 73,2 %. Поскольку в зоне рискованного земледелия решающее воздействие на величину урожая оказывает влага, то на этом показателе следует остановиться более подробно (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние основной обработки почвы на структуру суммарного водопотребления гибридами подсолнечника

Год	Гибрид	Содержание продуктивной влаги в 1 м почвы, мм		Осадки за период вегетации, мм	Использовано влаги из почвенных запасов, мм	Суммарное водопотребление, мм
		перед посевом	перед уборкой			
Отвальная вспашка						
2017	Гарант	167,1	27,4	272,5	139,7	412,2
	Пионер 66	167,1	25,1	272,5	142,0	414,5
	Пионер 109	167,1	16,9	272,5	150,2	422,7
2018	Гарант	136,3	15,2	188,4	121,1	309,5
	Пионер 66	136,3	14,7	188,4	121,6	310,1
	Пионер 109	136,3	14,5	188,4	121,8	310,3
Мелкая обработка						
2017	Гарант	144,5	21,7	272,5	122,8	395,3
	Пионер 66	144,5	20,3	272,5	124,2	396,7
	Пионер 109	144,5	20,0	272,5	124,7	397,2
2018	Гарант	122,4	10,1	188,4	112,3	300,7
	Пионер 66	122,4	11,4	188,4	111,0	299,4
	Пионер 109	122,4	11,3	188,4	111,1	299,5
Нулевая обработка						
2017	Гарант	152,3	23,2	272,5	129,1	401,6
	Пионер 66	152,3	21,4	272,5	130,9	403,4
	Пионер 109	152,3	21,7	272,5	130,6	403,1
2018	Гарант	126,5	10,3	188,4	116,2	304,6
	Пионер 66	126,5	12,4	188,4	114,1	302,5
	Пионер 109	126,5	11,6	188,4	114,9	303,3

Суммарное водопотребление в 2017 году было на 33-35 % выше, чем в 2018. Однако в пределах одного года больших отличий между вариантами опыта не было отмечено. Самое низкое суммарное водопотребление было зафиксировано на варианте с мелкой обработкой, но эта разница не превышала 1-2 % по годам.

На величину и качество урожая существенное влияние оказывают сорняки в посевах подсолнечника (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на динамику засоренности посевов (в среднем за 2017-2018 гг.)

Обработка почвы	Гибрид	Количество сорняков по фазам, шт./м ²		
		всходы	цветение	созревание
Отвальная вспашка	Гарант	8	12	13
	Пионер 66	6	12	12
	Пионер 109	6	11	12
Мелкая обработка	Гарант	10	18	22
	Пионер 66	9	16	20
	Пионер 109	9	15	19
Нулевая обработка	Гарант	4	20	25
	Пионер 66	3	21	23
	Пионер 109	4	21	22

Анализируя данные таблицы 3, следует отметить, что в начале вегетации подсолнечника больших отличий по засоренности между вариантами не было отмечено. Но все же на 2-3 сорняка было больше на вариантах с мелкой обработкой. В последующие фазы различия по вариантам заметно усилились. Уже к моменту цветения подсолнечника засоренность на всех вариантах заметно увеличилась, причем на нулевой обработке сорняков оказалось почти вдвое больше, чем на отвальной вспашке. Мелкая обработка по засоренности занимала промежуточное положение. По гибридам заметных отличий по засоренности не было. Разница по числу сорняков между гибридами не превышала 2-3 сорняка. К фазе созревания число сорных растений в посевах еще увеличилось, но закономерности по вариантам опыта сохранились. Все это сказалось на урожайности гибридов (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность гибридов подсолнечника при различных способах основной обработки почвы

Обработка почвы	Гибрид	Урожайность, т/га		
		2017 г.	2018 г.	Средняя
Отвальная вспашка	Гарант	2,73	2,21	2,47
	Пионер 66	2,96	2,42	2,69
	Пионер 109	3,25	2,54	2,89
Мелкая обработка	Гарант	2,45	1,93	2,19
	Пионер 66	2,63	2,05	2,34
	Пионер 109	2,72	2,16	2,44
Нулевая обработка	Гарант	2,23	1,62	1,93
	Пионер 66	2,54	1,81	2,18
	Пионер 109	2,67	1,75	2,21
НСР ₀₅		А-0,15	0,12	
		В- 0,13	0,10	
		АВ-0,15	0,13	

Из приведенных в таблице 4 данных видно, что как по годам, так и в среднем за два года наиболее высокую урожайность имели гибриды на отвальной вспашке, затем на мелкой и нулевой обработках почвы.

В среднем за два года наивысшую урожайность имел гибрид Пионер 109 на отвальной вспашке – 2,89 т/га. Это на 0,45 т/га или на 18,4 % больше, чем на мелкой обработке и на 0,68 т/га или на 30,8 % больше, чем на нулевой обработке. Гибрид Пионер 109 на нулевой обработке имел урожайность на 0,23 т/га или на 10,4 % меньше, чем на мелкой обработке. При оптимальном сочетании факторов гибрид Пионер 109 имел урожайность на 17,0 % выше, чем Гарант, и на 7,4 % выше, чем гибрид Пионер 66.

Такая же закономерность отмечается и по другим обработкам почвы. Из-за лучшей влагообеспеченности в 2017 году все изучаемые гибриды сформировали урожайность на 23,5-37,2 % больше, чем в 2018 году.

В связи с тем, что хозяйства, занимающиеся возделыванием подсолнечника, интересуют не только величина урожая, но и экономика производства, мы приводим и экономические расчеты (таблица 5).

Из данных таблицы 5 видно, что все экономические показатели в среднем за два года оказались несколько лучше на отвальной вспашке у гибрида Пионер 109. Он имел наименьшую себестоимость одной тонны семян, наибольшую расчетную прибыль на гектар и наибольшую рентабельность. Второе место по основным экономическим показателям занимает мелкая обработка почвы агрегатом АКМ-6, и самые низкие показатели оказались на нулевой обработке. Самые высокие производственные издержки, есте-

ственно, оказались на варианте с отвальной вспашкой, и по гибридам изменялись от 9720 до 9848 руб./га. Самые низкие производственные издержки оказались на мелкой обработке – от 8226 до 8453 руб./га. Из гибридов, взятых на исследование, наиболее эффективным оказался Пионер 109. Его рентабельность по обработкам почвы колебалась от 368,1 % на нулевой обработке, до 427,2 % на отвальной вспашке. На мелкой обработке рентабельность этого гибрида составила 419,6%. Гибрид Пионер 66 по рентабельности также превосходил контрольный гибрид Гарант на 24,5-53,1 % по обработкам почвы, но несколько уступал гибриду Пионер 109.

Таблица 5 – Влияние основной обработки почвы на экономические показатели возделывания гибридов подсолнечника (среднее за 2017-2018 гг.)

Обработка почвы	Гибрид	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные издержки, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Расчетная прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
Отвальная Вспашка	Гарант	2,47	44460	9720	3968	34659	356,6
	Пионер 66	2,69	48420	9752	3662	38569	395,5
	Пионер 109	2,89	52020	9848	3442	42072	427,2
Мелкая обработка	Гарант	2,19	39420	8226	3756	31194	379,2
	Пионер 66	2,34	42120	8364	3574	33757	403,5
	Пионер 109	2,44	43920	8453	3464	35468	419,6
Нулевая обработка	Гарант	1,93	34740	8447	4376	26294	311,3
	Пионер 66	2,18	39240	8452	3877	30788	364,3
	Пионер 109	2,21	39780	8499	3845	31283	368,1

Закключение. На основании проведенных исследований можно заключить, что в условиях Алексеевского района Волгоградской области для получения высоких урожаев подсолнечника следует применять отвальную вспашку на 0,28-0,30 м и высевать гибрид Пионер 109. Это позволит ежегодно получать более 2,5 т/га маслосемян и повысить рентабельность производства до 427,2 %.

Библиографический список

1. Борисенко, И.Б. Основная обработка почвы модернизированными чизельными орудиями [Текст]/ И.Б. Борисенко, А.Е. Новиков, М.А. Садовников// Сельскохозяйственные машины и технологии.-2017.-№5.-С.27-32.
2. Бушуев, А.С. Влияние систем основной обработки почвы на продуктивность звеньев зернопропашного севооборота с масличными культурами и озимой пшеницей на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья [Текст]/ А.С. Бушуев// Масличные культуры: Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2015. – Вып. 1(161). – С. 72-83.
3. Егорова, Г.С. Урожайность подсолнечника в зависимости от способов основной обработки почвы и препаратов Энергия М и Циркон на черноземах Волгоградской области [Текст]/ Г.С. Егорова, А.В.Тивелев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №4. – С. 23-26.
4. Кирюшин, В.И. Проблемы минимализации обработки почвы: перспективы и задачи исследований [Текст]/В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2013. – №7. – С. 3-6.
5. Пыхтин, И.Г. Современные проблемы применения различных систем и способов основной обработки почвы [Текст]/ И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев// Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №1. – С.3-6.
6. Плескачев, Ю.Н. Инновационные способы обработки почвы при возделывании ячменя [Текст]/ Ю.Н.Плескачев, И.Б.Борисенко, В.Ю.Мисюряев//Плодородие. – 2012. – №6. – С. 18-22.
7. Сабитов, М.М. Эффективность способов обработки почвы и средств химизации в зерновом севообороте [Текст]/ М.М. Сабитов, Р.Б. Шарипова// Достижения науки и техники АПК. – 2015. – №10. – С. 31-34.

8. Тишков, Н.М. Урожайность масличных культур в зависимости от системы основной обработки почвы в севообороте [Текст] / Н.М. Тишков, А.С. Бушнев// Масличные культуры: Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2012. – Вып. 2(151-152). – С. 121-126.
9. Тишков, Н.М. Засоренность посевов масличных культур при различных способах основной обработки почвы в севообороте [Текст] / Н.М. Тишков, А.С. Бушнев// Масличные культуры: Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. – 2012. – Вып. 1(150). – С. 100-106.
10. Чурзин, В.Н. Урожайность генотипов подсолнечника в зависимости от основной обработки почвы и регуляторов роста растений на черноземах Волгоградской области [Текст] / В.Н. Чурзин, В.П. Воронина, Н.Н. Дудникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №3 (27). – С. 53-56.
11. Pimntel, D. Soil Erosion Threatens Food Production [Текст] / D. Pimntel, M. Burgess // Agriculture. – 2013. – №3. – P. 443-463.
12. Samofalova, I.A. Effect of the Main Treatment Methods on the Qualitative Composition of Humus Sod-Podzolic Soils in the Perm Region [Текст] / I.A. Samofalova, A.N. Alikina, N.Y. Kamenskih// Soil-Water Journal. – 2013. – Vol. 2. – №2(1). – P. 951-958.
13. The effect of various long-term tillage systems on soil properties and spring barley yield [Текст] / J. Malecka, A. Blecharczyk, Z. Sawinska, T. Dobrzaniec// Nyrkish journal of Agriculture and Forestry. – 2012. – Vol. 36. – Issue 2. – P. 217-226.

References

1. Borisenko, I. B. Osnovnaya obrabotka pochvy modernizirovannymi chizel'nymi orudiyami [Текст] / I. B. Borisenko, A. E. Novikov, M. A. Sadovnikov// Sel'skohozyajstvennye mashiny i tehnologii. -2017. -№5. - P.27-32.
2. Bushuev, A. S. Vliyanie sistem osnovnoj obrabotki pochvy na produktivnost' zven'ev zernopropashnogo sevooborota s maslichnymi kul'turami i ozimoy pshenicej na chernozeme vyshe-lochenom Zapadnogo Predkavkaz'ya [Текст] / A. S. Bushuev// Maslichnye kul'tury: Nauch. -- tehn. byul. VNIIMK. - 2015. - Vol. 1(161). - P. 72-83.
3. Egorova, G. S. Urozhajnost' podsolnechnika v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i preparatov Jenergiya M i Cirkon na chernozemah Volgogradskoj oblasti [Текст] / G. S. Egorova, A. V. Tivelev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - №4. - P. 23-26.
4. Kiryushin, V. I. Problemy minimalizacii obrabotki pochvy: perspektivy i zadachi issledovaniy [Текст] / V. I. Kiryushin // Zemledelie. - 2013. - №7. - P. 3-6.
5. Pyhtin, I. G. Sovremennye problemy primeneniya razlichnyh sistem i sposobov osnovnoj obrabotki pochvy [Текст] / I. G. Pyhtin, A. V. Gostev// Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2012. - №1. - P.3-6.
6. Pleskachev, Yu. N. Innovacionnye sposoby obrabotki pochvy pri vozdeystvii yachmenya [Текст] / Yu. N. Pleskachev, I. B. Borisenko, V. Yu. Misyuryaev// Plodorodie. - 2012. - №6. - P. 18-22.
7. Sabitov, M. M. Jefferktivnost' sposobov obrabotki pochvy i sredstv himizacii v zernovom sevooborote [Текст] / M. M. Sabitov, R. B. Sharipova// Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2015. - №10. - P. 31-34.
8. Tishkov, N. M. Urozhajnost' maslichnyh kul'tur v zavisimosti ot sistemy osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote [Текст] / N. M. Tishkov, A. S. Bushnev// Maslichnye kul'tury: Nauch. -- tehn. byul. VNIIMK. - 2012. - Vol. 2(151-152). - P. 121-126.
9. Tishkov, N. M. Zasorenost' posevov maslichnyh kul'tur pri razlichnyh sposobah osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote [Текст] / N. M. Tishkov, A. S. Bushnev// Maslichnye kul'tury: Nauch. -- tehn. byul. VNIIMK. - 2012. - Vol. 1(150). - P. 100-106.
10. Churzin, V. N. Urozhajnost' genotipov podsolnechnika v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki pochvy i regulatorov rosta rastenij na chernozemah Volgogradskoj oblasti [Текст] / V. N. Churzin, V. P. Voronina, N. N. Dudnikova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - №3 (27). - P. 53-56.
11. Pimntel, D. Soil Erosion Threatens Food Production [Текст] / D. Pimntel, M. Burgess // Agriculture. – 2013. – №3. – P. 443-463.

12. Samofalova, I.A. Effekt of the Main Treatment Vethods on the Qualitative Composition of Humus Sod-Podzolic Soils in the Perm Region [Tekst] / I.A. Samofalova, A.N. Alikina, N.Y. Kamenskih// Soil-Wattr Journal. – 2013. – Vol. 2. – №.2(1). – P. 951-958.

13. The effectof various long-term tillage systems on soil properties and spring bprley yield [Tekst] / J. Malecka, A. Bleharczyk, Z. Sawinska, T. Dobrzenieck// Nyrkish journal jf Agriculture and Forestry. – 2012. – Vol. 36. – Issue 2. – P. 217-226.

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» 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: gennadij.medvj@mail.ru.

Екатеринычева Наталья Геннадьевна, доцент кафедры «Философия, политология и право» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ,400002,г.Волгоград,пр-т, Университетский,26), кандидат экономических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>.

Чижилов Сергей Андреевич, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ,400002,г.Волгоград,пр-т, Университетский,26).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 635.21: 631.526.32 (470 56)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-12

ПОДБОР СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОРОШЕНИИ

SELECTION OF POTATO VARIETIES FOR SOIL-CLIMATIC CONDITIONS IN ORENBURG REGION ON IRRIGATION

А.А. Мушинский, доктор сельскохозяйственных наук

Е. В. Аминова, кандидат сельскохозяйственных наук

А. Ж. Саудабаева, кандидат биологических наук

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

*ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук», Оренбург, Россия*

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

Дата поступления в редакцию 14.03.2019

Дата принятия к печати 13.06.2019

Received 14.03.2019

Submitted 13.06.2019

На сегодняшний день картофель *Solanum tuberosum* L. является четвертой по значимости продовольственной культурой в мире. Преимущество этой культуры состоит в способности давать высокий урожай в широком спектре агроэкосистем. В статье представлены результаты сравнительного исследования отечественных и зарубежных сортов картофеля, гарантирующих высокую урожайность и приспособленность к почвенно-климатическим условиям Оренбургской области. Исследовано восемнадцать сортов картофеля (Фреско, Кузовок, Сантэ, Ред Скарлетт, Буррен, Барна, Невский, Спиридон, Тарасов, Импала, Ицил, Любава, Шери, Розара, Захар, Агат, Кавалер, Браслет). Закладка опыта осуществлялась на базе ООО «Агрофирма «Промышленная» в 2016 - 2018 гг., координаты участка: широта 51°49'56.43°, долгота 55°30'45.24°. Ежегодно вносилось удобрение с дозой N₇₅ P₁₂₀ K₁₁₂ кг. д. в. Почвенный покров опытного участка – чернозём южный террасовый среднелугосный среднемощный. Наблюдения и исследования проводились с использованием «Методики полевого опыта» (Доспехов Б.А., 1985) и «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1975), а лабораторные исследования – в Центре коллективного

пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН. Важнейшей целью настоящей работы явилось изучение и выделение наиболее адаптивных к местным условиям перспективных сортов, сочетающих высокую продуктивность с комплексом хозяйственно-ценных признаков. По результатам эксперимента установлена максимальная урожайность (46,5 и 44,8 т/га) у сортов Кавалер и Барна, что превысило показатель стандарта Невский на 42 и 45 % соответственно. Максимум выхода товарной продукции был получен у сортов Тарасов (97,6 %), Захар (97,3 %) и Барна (97,2 %). Были выделены наиболее приспособленные к условиям Оренбургской области сорта картофеля, объединяющие в себе максимальное содержание крахмала (>14 %) и сухого вещества (>20 %) в клубнях: Кавалер, Любава, Тарасов и Барна. В результате 3-х летнего изучения выделены сорта картофеля (Кавалер, Барна), которые сочетают высокую продуктивность с комплексом хозяйственно-ценных признаков и представляют особый интерес для дальнейшей селекционной работы и внедрения в производство в почвенно-климатических условиях в Оренбургской области.

To date, potatoes *Solanum tuberosum* L. is the fourth most important food crop in the world. The advantage of this crop is the ability to produce high yields in a wide range of agroecosystems. The article presents the results of a comparative study of domestic and foreign potato varieties that guarantee high yield and adaptability to soil and climatic conditions of the Orenburg region. Eighteen of the studied potato varieties (Fresco, Kuzovok, Sante, Red Scarlett, Burren, Barna, Nevsky, Spiridon, Tarasov, Impala, Icil, Lubava, Sheri, Rosary, Zahar, Agate, Kavalier, Bracelet). Laying of experience was carried out on the basis of LLC "Agrofirma "Industrial" in 2016 - 2018, the coordinates of the site: latitude 51.4956.43, longitude 55.3045.24. Fertilizer with a dose of N₇₅ P₁₂₀ K₁₁₂ was introduced annually kg d. v. Soil cover of the experimental plot - southern black soil alluvial terrace medium medium. Observations and studies were carried out using the "Methods of field experience" (Dospekhov, 1985) and "the Methodology of state variety testing of crops" (1975), and laboratory studies in the Center for collective use of GNU FNTS BST wounds. The most important purpose of this work was to study and identify the most adaptive to local conditions promising varieties that combine high productivity with a complex of economic and valuable features. According to the results of the experiment, the maximum yield (46.5 and 44.8 t/ha) of varieties Kavalier and barn was established, which exceeded the Nevsky standard by 42 and 45 %, respectively. The maximum yield of commercial products was obtained from varieties Tarasov (97.6 %), Zahar (97.3 %) and barn (97.2 %). The most adapted to the conditions of the Orenburg region potato varieties combining the maximum content of starch (>14 %) and dry matter (>20 %) in tubers: Kavalier, Lubava, Tarasov and barn were identified. As a result of a 3 - year study, potato varieties (Kavalier, Barna) were identified that combine high productivity with a complex of economically valuable traits and are of particular interest for further breeding and introduction into production in soil and climatic conditions in the Orenburg region.

Ключевые слова: урожайность, клубень, биохимический состав, картофель, сорт.

Key words: yield, tuber, biochemical composition, potato, variety.

Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2020 гг.

ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0011)

Цитирование. Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 105-112. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-12.

Citation. Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Saudabayeva A. Z. Selection of potato varieties for soil-climatic conditions in Orenburg region on irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 105-112. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-12.

Введение. Развитие АПК в настоящее время будет определяться продолжающимся ростом народонаселения и возможностью снабжения агропромышленного комплекса ресурсами, необходимыми для повышения продуктивности агрофитоценозов и получения высококачественной растениеводческой продукции [8, 11].

Картофель является самой перспективной продовольственной культурой наряду с пшеницей (*Triticum aestivum* L.) и рисом (*Oryza sativa* L.) [3, 4]. Авторы Koch M. (Naumann M., Pawelzik E.) указывают в своей статье, что Индия является вторым по величине картофелепроизводителем в мире. В то же время в 2014 году общий объем возделывания картофеля в Китае ориентировочно 90 млн тонн (25 % мирового производства картофеля) (CSB, 2014).

Интересно то, что изменение климата оказывает значительное действие на пригодность сельскохозяйственных растений и изменчивость урожайности в сельскохозяйственных системах за счет сдвигов в структуре погоды (осадков и температуры) и экстремальных погодных явлений (засух) [12].

Агроклиматические условия основных картофелепроизводящих регионов России обуславливаются составом и плодородием почв, количеством выпадения осадков в период вегетации, а также суммой эффективных температур и безморозным периодом. Следует учитывать, что перечисленные факторы обуславливают использование картофелем агроклиматического потенциала территорий, уровень риска и прогноз урожайности [6]. Температура считается самым неконтролируемым фактором, который вызывает прекращение роста, что приводит к потере надземной биомассы и, следовательно, урожайности.

Сорт является одним из главных моментов, определяющих продуктивный потенциал и стабильность производства картофеля высокого качества [1, 5]. Но не каждый сорт способен из года в год давать значительные урожаи [5]. Установлено, что зарубежные сорта, интенсивно завозимые в регионы России и имеющие наибольший потенциал, очень быстро «вырождаются», так как менее приспособлены к местному климату и неустойчивы к наиболее распространённым болезням [5]. Немаловажно отметить, что возделывание картофеля и получение его стабильных урожаев возможно практически в каждом регионе России.

На нынешний год районировано двадцать семь сортов картофеля по Оренбургской области, но фактическое распространение имеют два-три сорта.

Цель исследований – провести экологическое испытание сортов картофеля различного эколого-географического происхождения в условиях Оренбургской области на орошении и выделить по комплексу хозяйственно-ценных признаков для дальнейшего внедрения в производство.

Задача исследований – изучить испытываемые сорта картофеля и выделить по продуктивности и хозяйственно-ценным признакам с надежной экологической адаптацией для почвенно-климатических условий Оренбургской области.

Материалы и методы. Закладка опыта, наблюдения и исследования осуществлялись согласно «Методике полевого опыта» (Доспехов, 1985), «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1975). По ГОСТ 23493 – 79, ГОСТ 7176 – 85, ГОСТ Р 51808 – 2013 определяли структуру и товарность урожая, калибровали образцы по фракциям. По ГОСТ 7194 – 81 определяли содержание сухого вещества и крахмала в клубнях.

Полевой опыт проводили с 2016 по 2018 гг. на орошаемом участке ООО «Агрофирма «Промышленная», координаты опытного участка: широта 51°49'56.43°, долгота 55°30'45.24°. Ежегодно на опытном участке проводили внесение удобрений с общей нормой N₇₅ P₁₂₀ K₁₁₂, кг. д. в.: 157 кг. д. в. фосфорных и калийных удобрений под вспашку и весной – 150 кг. д. в. аммофоса вразброс с заделкой доминатором AMAZONE.

Опыт закладывается методом расщепленных делянок. Площадь делянки 140 м² (длина 40 м, ширина 2,8 м). Учётная площадь 70 м² (длина 50 м, ширина – 1,4 м). Расположение вариантов в повторении систематическое. Повторность трехкратная. Уборка клубней картофеля на опытных делянках проводилась вручную.

Поливы проводились дождевальными машинами ДМ – 100 «Фрегат» от 6 до 7, с оросительной нормой 2100...3150 м³/га, поливная норма в 2016 и 2017 гг. изменялась от 300 до 450 м³/га, а в 2018 – от 320 до 550 м³/га.

Почвенный покров опытного участка – чернозём южный террасовый среднегумусный среднемощный (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели почв опытного участка

Тип почвы	Гумус, %	NO ₃ ⁻ мг/100 г почвы	P ₂ O ₅ мг/100 г почвы	K ₂ O мг/100 г почвы
Чернозём южный	4,2	6,88	2,59 - 3,89	33 – 45

За период наблюдений с 2016 по 2018 гг. климатические условия были разнообразными, что позволило многосторонне оценить сорта картофеля. Засушливые погодные условия во время вегетации складывались в 2017 году и 2018 году, количество осадков составило 53 мм и 49 мм.

В схему опыта были включены посадки данных сортов: Любава, Невский, Кузовок, Фреско, Барна, Буррен, Ред Скарлетт, Фреско, Спиридон, Тарасов, Сантэ, Импала, Шери, Розара, Захар, Агат, Ицил, Кавалер, Браслет. В качестве контроля были взяты сорта: Невский и Спиридон.

Результаты и обсуждение. Анализ данных трёхлетних исследований показывает, что в 2016 году были отмечены наиболее благоприятные погодные условия для роста растений и клубненакопления картофеля. В рассматриваемом году максимальная урожайность была у следующих сортов: Кавалер (56,5 т/га), Барна (54,8 т/га), Тарасов (57,1 т/га), Любава (49,6 т/га), на контрольных сортах урожайность ограничивалась 41,8 т/га (Невский) и 43,5 т/га (Спиридон) (рисунок 1).

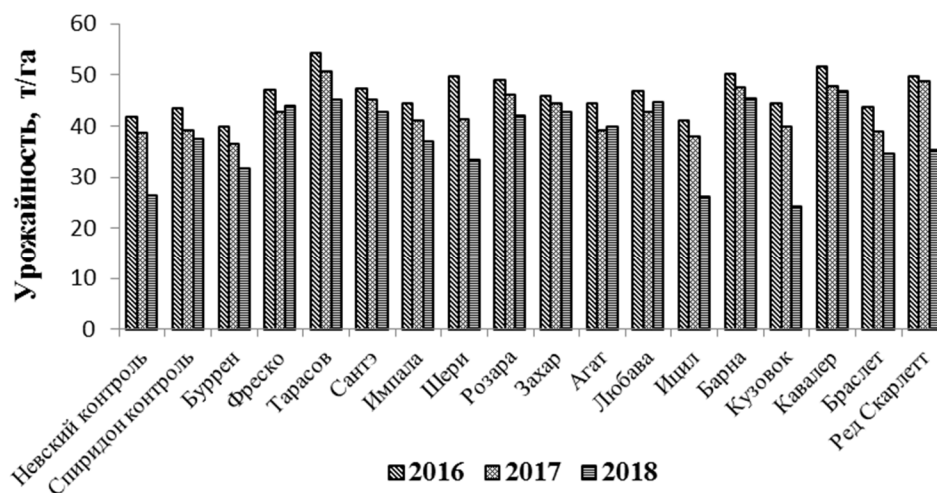


Рисунок 1 – Урожайность исследуемых сортов картофеля в среднем (2016 - 2018 гг.)

В среднем за годы проведения исследований более высокая урожайность отмечалась у исследуемых сортов: Кавалер (49,5 т/га), Барна (47,8 т/га), Любава (46,6 т/га), Тарасов (46,1 т/га), в то же время на контрольных вариантах она составила 29,0 т с 1 га (Невский) и 39,6 т с 1 га (Спиридон). В свою очередь, на остальных вариантах урожайность варьировала от 23,7 т/га (Кузовок) до 43,6 т/га (Фреско).

По усреднённым результатам экспериментальных данных видно, что высокий уровень продуктивности картофеля зависел прежде всего от количества и массы клубней в кусту ($R=0,71$). Положительная корреляция указывает на сочетание высокой продуктивности сорта с его многоклубневостью (таблица 2).

Таблица 2 – Качественные показатели испытываемых сортов картофеля, 2016-2018 гг.

Сорт	Количество клубней в кусту, шт.	Масса товарного клубня, г	Масса клубней, г/куст	Отклонение от контроля	Товарность, %
Среднеранние					
Невский (контроль)	9±2,5	65	539,1	-	95,0
Розара	10±2	109	1098,8	559,7	95,9
Шери	14±1,5	77	980,1	441	96,5
Импала	14±1	67	887,8	348,7	96,7
Ред Скарлетт	8±1	120	983,5	444,4	96,9
Любава	15±1,2	60	769	229,9	96,1
Браслет	9±1,8	84	746,6	207,5	95,5
Ицил	10±1,2	62	590,9	51,8	93,4
Фреско	10±1,4	74	706,8	167,7	96,6
Барна	12±1,3	95	1123,3	584,2	97,2
Агат	12±1,8	76	909,1	370	95,1
Сантэ	9±3,2	98	890,7	351,6	96,0
НСР ₀₅	3,2	-	109,2	-	-
Среднепоздние					
Спиридон (контроль)	11±1	68	710,3	-	96,4
Кузовок	11±1	55	566,5	-143,8	94,5
Тарасов	13±2,1	89	1109,9	399,6	97,6
Кавалер	15±1,9	74	1024,2	313,9	96,4
Буррен	11±1,2	94	1011,1	300,8	96,3
Захар	11±0,9	91	990,6	280,3	97,3
НСР ₀₅	1,5	-	101,4	-	-
R		0,71		-	-

Примечание: R – коэффициент корреляции.

Анализируя данные таблицы 2, следует отметить, что статистически достоверно отличались по массе клубней среди среднеранних сортов от контроля Невский: Барна (на 584,2 г), Розара (на 559,7 г), Ред Скарлетт (на 444,4 г), Шери (на 441 г), а у среднепоздних сортов от стандарта Спиридон: Кавалер (на 313,9 г), Буррен (на 300,8 г), Тарасов (на 399,6 г). Однако сорта Кузовок (на -143,8 г) и Ицил (на 51,8 г) не имели существенных различий по данному показателю.

Исходя из результатов испытаний можно заключить, что наибольший выход товарной продукции по опыту был у следующих сортов картофеля: Тарасов – 97,6 %, Захар – 97,3 %, Барна – 97,2 %, Буррен – 96,3 %, у остальных сортов товарность была на уровне контроля 95,1...96,6 % (таблица 2).

Безусловно, одним из регулирующих факторов конкурентного преимущества и целевого использования картофеля считается его качество, которое определено соотношением в клубнях химических компонентов. На основе литературных источников известно, что крахмалистость картофеля меняется в зависимости от погодных условий и географической зоны [8, 9].

Ранее мы в своих работах [5] указывали, что выявление сортовых и агротехнических характеристик накопления крахмала в клубнях представляет собой практическое значение, так как при более высокой величине этого показателя возрастает пищевая и техническая ценность картофеля и его лёжкость. На основании проведенных нами исследований установлено, что наибольшее содержание крахмала отмечено у сорта Любава – 15,3 %, Кузовок и Барна - 14,7 %, а у остальных исследуемых сортов этот показатель варьировался от 12,1 % (Ред Скарлетт) до 14,5 % (Кавалер) (рисунок 2).

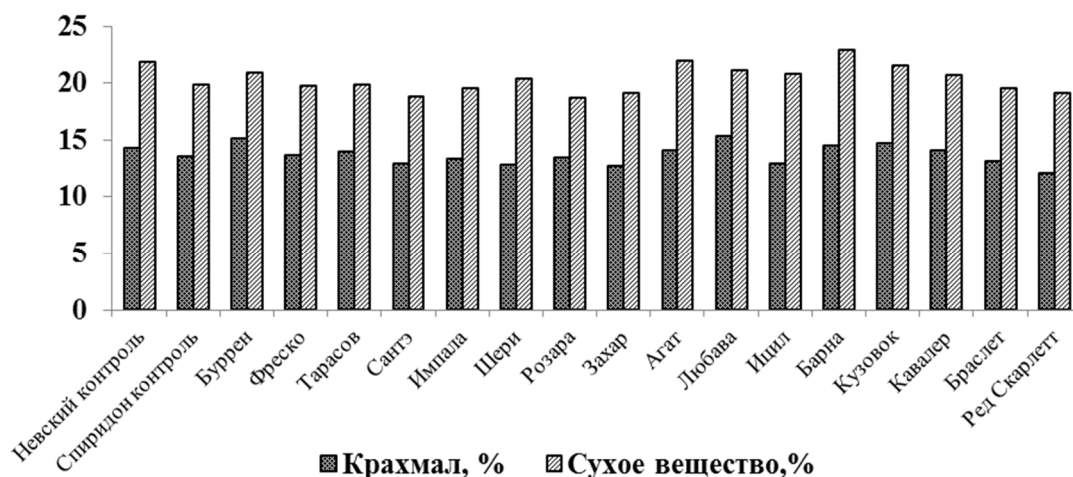


Рисунок 2 – Содержание крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля за 2016...2018 гг., %

Из приведенных данных рисунка 4 следует, что повышенное содержание сухого вещества в клубнях было у сортов Барна (22,9 %) и Агат (21,9 %), а на остальных вариантах изменялось от 18,7 % (Розара) до 22,1 % (Спиридон).

Клубни с малым накоплением сухого вещества имеют плотную консистенцию и не распадаются при варке. Большой разваримостью обладали сорта Невский, Агат, Барна, средней разваримостью – Ред Скарлетт. Неразваримыми оказались Импа, Захар, Браслет.

Анализ расчёта показателей экономической эффективности показал, что наибольший уровень рентабельности был у сортов: Кавалер – 276,5 %, Любава – 271,2 % и Буррен – 265,8 %.

Заключение. Подводя итог, следует отметить, что все изученные сорта картофеля экономически выгодны для возделывания на территории Оренбургской области. Сорта Тарасов, Захар и Барна показали максимальный выход товарной продукции (97,6 %, 97,3 % и 97,2 % соответственно). Выделены сорта Кавалер, Любава, Тарасов и Барна, сочетающие максимальное содержание крахмала (>14 %) и сухого вещества (>20 %) в клубнях. Таким образом, сорта картофеля Кавалер и Барна представляют особый интерес для дальнейшей селекционной работы и внедрения в производство в почвенно-климатических условиях в Оренбургской области с урожайностью 44-50 т/га клубней, товарностью 95-97 %, содержанием крахмала свыше 14,0 % и сухого вещества более 20 %.

Библиографический список

1. Адаптивный потенциал фотосинтеза и продукционного процесса у местных форм и сортообразцов гречихи (*Fagorutum esculentum* Moench) разных периодов селекции [Текст]/ А.В. Амилин, А.Н. Фесенко, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51. – №1. – С. 79-88.
2. Болиева, З. А. Оценка качества клубней отечественных и зарубежных сортов картофеля в условиях предгорной зоны РСО-Алания [Текст]/ З. А. Болиева, Л. Ю. Доева, С. В. Лихненко // Научная жизнь. – 2015. – №1. – С. 70-73.
3. Гавриленко, Т.А. Межвидовая гибридизация картофеля: теоретические и прикладные аспекты [Текст]/ Т.А. Гавриленко, А.П. Ермишин // Вавиловский журнал селекции и генетики. – 2017. – Т. 21. – № 1. – С. 16-29.
4. Киру, С. Д. Мобилизация, сохранение и изучение генетических ресурсов культивируемого и дикорастущего картофеля [Текст]/ С. Д. Киру, Е. В. Рогозина // Вавиловский журнал селекции и генетики. – 2017. – Т. 21. – № 1. – С. 7-15.

5. Мушинский, А. А. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий степной зоны Южного Урала [Текст]/ А. А. Мушинский, Е. В. Аминова, Е. В. Герасимова //Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 4. – С. 51-54.
6. Сорта картофеля, возделываемые в России: 2013 [Текст] : Справочное издание / Б. В. Анисимов, С. Н. Еланский, В. Н. Зейрук и др. – М.: Агроспас, 2013. – 144 с.
7. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка) [Текст]/ В. А.Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов, Р. С. Кираев, И. О. Чанышев / Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа, 2011. – 97 с.
8. Devaux, A. Potatoes for Sustainable Global Food Security [Tekst]/ A. Devaux, P. Kromann, O. Ortiz // Potato Res. – 2014. –Vol. 57. – P. 185–199.
9. Genome-wide analysis of starch metabolism genes in potato (*Solanum tuberosum* L.) [Tekst]/ Jessica K. Van Harsselaar, Julia Lorenz, Melanie Senning, Uwe Sonnewald, Sophia Sonnewald // BMC Genomics. – 2017. – P.18-37.
10. Koch, M. Cracking and fracture properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relation to dry matter, starch, and mineral distribution [Tekst]/ M. Koch, M. Naumann, E. Pawelzik // J. Sci Food Agric. – 2018. – V. 99. – №6. – P. 3149-3156.
11. Ortiz, O. The historical, social, and economic importance of the potato crop [Tekst] / O. Ortiz, V. Mares // Kumar Chakrabarti S., Xie C., Kumar Tiwari J. (Eds.) The Potato Genome. Compendium of Plant Genomes. //Springer. – 2017. – P.1-10.
12. Summary for policymakers [Tekst] / C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, L.L. White (eds) // Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press. – Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 2014. – P. 1–32.

References

1. Adaptivnyj potencial fotosinteza i produkcionnogo processa u mestnyh form i sortobrazcov grechih (Fagopyrum esculentum Moench) raznyh periodov selekcii [Tekst]/ A. V. Amilin, A. N. Fesenko, E. I. Chekalin, V. V. Zaikin // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. - 2016. - T. 51. - №1. - P. 79-88.
2. Bolieva, Z. A. Ocenka kachestva klubnej otechestvennyh i zarubezhnyh sortov kartofelya v usloviyah predgornoj zony RSO-Alaniya [Tekst]/ Z. A. Bolieva, L. Yu. Doeveva, S. V. Lihnenko // Nauchnaya zhizn'. - 2015. - №1. - P. 70-73.
3. Gavrilenko, T. A. Mezhhvidovaya gibridizaciya kartofelya: teoreticheskie i prikladnye aspekty [Tekst]/ T. A. Gavrilenko, A. P. Ermishin // Vavilovskij zhurnal selekcii i genetiki. - 2017. - T. 21. - № 1. - P. 16-29.
4. Kiru, S. D. Mobilizaciya, sohranenie i izuchenie geneticheskikh resursov kul'tiviruemogo i dikorastushchego kartofelya [Tekst]/ S. D. Kiru, E. V. Rogozina // Vavilovskij zhurnal selekcii i genetiki. - 2017. - T. 21. - № 1. - P. 7-15.
5. Mushinskij, A. A. Podbor sortov kartofelya dlya pochvenno-klimaticheskikh uslovij stepnoj zony Yuzhnogo Urala [Tekst]/ A. A. Mushinskij, E. V. Aminova, E. V. Gerasimova //Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2017. - T. 31. - № 4. - P. 51-54.
6. Sorta kartofelya, vozdel'yaemye v Rossii: 2013 [Tekst] : Spravochnoe izdanie / B. V. Anisimov, S. N. Elanskij, V. N. Zejruk i dr. - M.: Agrosapas, 2013. - 144 p.
7. Jekologicheskaya plastichnost' sel'skohozyajstvennyh rastenij (metodika i ocenka) [Tekst]/ V. A. Zykin, I. A. Belan, V. S. Yusov, R. S. Kiraev, I. O. Chanyyshev / Bashkirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. - Ufa, 2011. - 97 p.
8. Devaux, A. Potatoes for Sustainable Global Food Security [Tekst]/ A. Devaux, P. Kromann, O. Ortiz // Potato Res. – 2014. –Vol. 57. – P. 185–199.
9. Genome-wide analysis of starch metabolism genes in potato (*Solanum tuberosum* L.) [Tekst]/ Jessica K. Van Harsselaar, Julia Lorenz, Melanie Senning, Uwe Sonnewald, Sophia Sonnewald // BMC Genomics. – 2017. – P.18-37.

10. Koch, M. Cracking and fracture properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relation to dry matter, starch, and mineral distribution [Tekst] / M. Koch, M. Naumann, E. Pawelzik // J. Sci Food Agric. – 2018. – V. 99. – №6. – P. 3149-3156.

11. Ortiz, O. The historical, social, and economic importance of the potato crop [Tekst] / O. Ortiz, V. Mares // Kumar Chakrabarti S., Xie C., Kumar Tiwari J. (Eds.) The Potato Genome. Compendium of Plant Genomes. // Springer. – 2017. – P.1-10.

12. Summary for policymakers [Tekst] / C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, L.L. White (eds) // Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press. – Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 2014. – P. 1–32.

Информация об авторах

Мушинский Александр Алексеевич, заведующий отделом картофелеводства ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РФ, 460000, г. Оренбург, 9 января, 29) доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7805-6707>. **E-mail:** san2127@yandex.ru.

Аминова Евгения Владимировна, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РФ, 460000, г. Оренбург, 9 января, 29), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6945-2214>. **E-mail:** aminowa.eugenia2015@yandex.ru.

Саудабаева Алия Жонысовна, научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РФ, 460000, г. Оренбург, 9 января, 29) кандидат биологических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5274-8657>. **E-mail:** aleka_87@bk.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.527:633.11

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-13

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

THE INFLUENCE OF METHODS OF MAIN TREATMENT FOR THE CHANGE OF AGRO-PHYSICAL INDICATORS AND YIELD OF WINTER WHEAT ON LIGHT-CHESTNUT SOILS OF THE VOLGA-DON INTERFLUVE

В.Н. Чурзин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.В. Кубраков, аспирант

V.N. Churzin, E.V. Kubrakov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 11.02.2019
Received 11.02.2019

Дата принятия к печати 22.04.2019
Submitted 22.04.2019

Среди агрофизических показателей почвы велика роль в формировании запасов влаги в почве показателей пористости аэрации и капиллярной пористости. Светло-каштановые почвы характеризуются достаточно высокой общей пористостью, которая в пахотном слое достигает 53,0 % и снижается до 52,0...45,0 % в иллювиальных горизонтах. Так, по мелкой обработке в

условиях достаточного увлажнения, что отмечалось в 2016 и 2017 годах, за счет капиллярной пористости условия по влагообеспеченности различались незначительно, что позволяет заменять вспашку мелкой обработкой. Значения общей пористости, пористости аэрации и капиллярной пористости оказывали влияние на величину доступной влаги и ее сохранность. Капиллярная пористость играет значительную роль в накоплении влаги в почве: обеспечивает проникновение воды в нижние слои почвы, так как пористость аэрации в период парования за счет приемов ухода за паром и в зависимости от осадков может снижаться. Стабильность урожая озимой пшеницы в зоне исследований определяют весенние запасы продуктивной влаги. Величина суммарного водопотребления в 2016 году по мелкой обработке в количестве 245,3 мм и 251,6 мм на варианте обработки «Ранчо» и, соответственно, 232,6 мм и 235,3 мм в 2017 году обеспечивала урожайность озимой пшеницы с применением препаратов от 3,97 до 5,80 т/га. В условиях сильной засухи мелкая обработка пара под озимую пшеницу, в отличие от предыдущих лет, резко снизила урожайность, максимальной она была на варианте применения БиоГумат «ЭКОСС-20» и достигала 1,24 т/га.

Among the agrophysical indicators of soil, the role of aeration and capillary porosity in the formation of moisture reserves in soil is significant. Light chestnut soils are characterized by a fairly high total porosity, which in the arable layer reaches 53,0% and decreases to 52,0-45,0% in the illuvial horizons. So, for shallow processing in conditions of sufficient moisture, which was noted in 2016 and 2017 due to capillary porosity, the conditions for moisture content differed slightly, which allows replacing plowing with shallow processing. Values of total porosity, porosity of aeration and capillary porosity influenced the amount of available moisture and its preservation. Capillary porosity plays a significant role in the accumulation of moisture in the soil. Capillary porosity ensures the penetration of water into the lower layers of the soil, since the porosity of aeration in the period of fallowing can be reduced by taking care of the steam and depending on precipitation. The stability of the winter wheat crop in the research zone is determined by the spring reserves of productive moisture. The total water consumption in 2016 for fine processing in the amount of 245,3 mm and 251,6 mm on the Ranch treatment option and, respectively, 232,6 mm and 235,3 mm in 2017 provided the yield of winter wheat using preparations from 3,97 to 5,80 t / ha. Under severe drought conditions, small-scale steam treatment for winter wheat, unlike in previous years, sharply reduced yields, it was at its maximum on the Biomass «ECOSS-20» application and reached 1,24 t / ha.

Ключевые слова: способы обработки, агрофизические показатели почвы, урожайность.

Key words: processing methods, soil agrophysical indicators, yield.

Цитирование. Чурзин В.Н., Кубраков Е.В. Влияние способов основной обработки на изменение агрофизических показателей, формирование запасов влаги в почве и урожайность озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 112-119. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-13.

Citation. Churzin V.N., Kubrakov E.V. The influence of methods of main treatment for the change of agro-physical indicators and yield of winter wheat on light-chestnut soils of the Volga-Don interfluvium. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 112-119. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-13.

Введение. В Нижнем Поволжье запасы влаги в почве зависят от водопроницаемости, фильтрации влаги и, как показали исследования, от способов основной обработки пара. Значительную роль в этом играют агрофизические свойства почвы, погодные условия по периодам вегетации, что отмечено многими исследованиями [2, 3, 9, 10, 11, 12, 13].

Материалы и методы. Задача исследований заключалась в оценке способов основной обработки пара на агрофизические показатели, накопление доступной влаги в почве по периодам вегетации. Исследования проводили по общепринятым методикам в УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ.

Варианты опыта:

1. Отвальная обработка на 0,23-0,25 м (ПН-4-35).
2. Обработка рабочим органом «Ранчо» с рыхлением на 0,30-0,32 м и оборотом пласта на 0,14-0,15 м.
3. Мелкая обработка (БДМ-4) на 0,10-0,12 м.

В пахотном слое почвы гумуса – 1,89 %, повторность по вариантам 3-х кратная, учетная площадь — 72 м². Нормы высева – 3,5 млн всхожих семян на гектар. Сорт озимой пшеницы Камышанка 5.

Результаты. Агрофизические показатели почвы – основные фундаментальные свойства почвы, без которых невозможны расчеты и количественная оценка почв [2, 7, 3, 4]. Показатели, характеризующие водно-физические свойства почвы опытного участка, определяли в метровом слое почвы через 0,10 м.

Значения общих физических и водных свойств почв опытного участка имеют отчетливые различия. Так, плотность сложения и плотность твердой фазы увеличиваются вниз по профилю, что связано с уменьшением содержания гумуса. В слое 0,0-0,30 м показатель плотности равен 1,23 т/м³, в слое 0,0-1,0 м, соответственно, – 1,38 т/м³. Светло-каштановые почвы характеризуются достаточно высокой общей пористостью, которая в пахотном слое достигает 53,0 % и снижается до 52,0-45,0 % в иллювиальных горизонтах.

Способы основной обработки черного пара изменяли агрофизические показатели почвы (таблица 1). В 2016 году плотность сложения почвы в слое 0,00 – 0,30 м весной была выше по мелкой обработке (1,28 т/м³), при 1,23 и 1,21 т/м³, соответственно, по отвальной вспашке рабочим органом «Ранчо». На данных обработках выше были общая пористость и пористость аэрации, величина которых по отвальной обработке, соответственно, была 53,0 и 33,2 %. Капиллярная пористость по обработкам отличалась незначительно и достигала по отвальной обработке 19,8 %, по обработке «Ранчо» – 19,5 %, по мелкой обработке – 19,5 %. Капиллярная пористость обеспечивает проникновение атмосферных осадков в нижние слои почвы, так как пористость аэрации в период парообразования за счет приемов ухода за паром и в зависимости от осадков может снижаться.

Таблица 1 – Агрофизические показатели почвы в слое 0...0,30 м по вариантам обработки почвы в пару, 2016 год

Вариант	Отвальная обработка	Обработка рабочим органом «Ранчо»	Мелкая обработка
2016 год, 12.04			
Плотность сложения, т/м ³	1,23	1,21	1,28
Общая пористость, %	53,0	54,0	51,2
Пористость аэрации, %	33,2	34,5	31,7
Капиллярная пористость, %	19,8	19,5	19,5
Влажность в слое 0,0-1,0 м, %	16,1	16,1	15,2
Запасы доступной влаги, мм	107,6	107,6	95,2
2016 год, 16.09			
Плотность сложения, т/м ³	1,25	1,22	1,31
Общая пористость, %	52,0	53,0	50,0
Пористость аэрации, %	30,0	31,0	27,1
Капиллярная пористость, %	22,0	22,0	22,9
Влажность в слое 0,0-1,0 м, %	17,6	18,0	17,5
Запасы доступной влаги, мм	128,9	133,8	127,0

В 2017 году значительные атмосферные осадки, величина которых в период парообразования достигала более 240 мм, не привели к изменению агрофизических показателей по вариантам обработок (таблица 2). Так, значения общей пористости к периоду сева

(10.09) в слое 0,00 – 0,30 м имели значения от 52,0 % на мелкой обработке и до 54,0 % по отвальной обработке и обработке рабочим органом «Ранчо». Осадки увеличили величину пористости аэрации по отношению к показателю весеннего значения, что характеризует хорошее усвоение осадков в верхних слоях почвы.

**Таблица 2– Агрофизические показатели почвы в слое 0,00...0,30 м
по вариантам обработки почвы в пару, 2017 год**

Вариант	Отвальная обработка	Обработка рабочим органом «Ранчо»	Мелкая обработка
2017 год, 10.04			
Плотность сложения, т/м ³	1,23	1,23	1,25
Общая пористость, %	53,0	53,0	52,0
Пористость аэрации, %	34,1	33,6	33,1
Капиллярная пористость, %	18,9	19,4	18,9
Влажность в слое 0,0-1,0 м, %	15,4	15,8	15,1
Запасы доступной влаги, мм	98,0	103,5	93,8
2017 год, 10.09			
Плотность сложения, т/м ³	1,20	1,20	1,22
Общая пористость	54,0	54,0	53,0
Пористость аэрации, %	34,7	34,3	34,0
Капиллярная пористость, %	19,3	19,7	19,0
Влажность в слое 0.0-1,0 м, %	16,1	16,4	15,6
Запасы доступной влаги, мм	107,6	111,8	100,7

В 2018 году при отсутствии осадков в период ухода за паром отмечалось увеличение показателя плотности сложения по обработкам за летний период до 1,30 т/м³ по мелкой обработке, при значениях 1,27...1,26 т/м³ на отвальной обработке и «Ранчо». Отсутствие осадков и культивации уменьшили значения капиллярной пористости до 16,4 % на мелкой обработке и до 1,66...1,68 % соответственно на отвальной обработке и «Ранчо» (таблица 3).

**Таблица 3 – Агрофизические показатели почвы в слое 0,00...0,30 м
по вариантам обработки почвы в пару, 2018 год**

Вариант	Отвальная обработка	Обработка рабочим органом «Ранчо»	Мелкая обработка
2018 год, 09.04			
Плотность сложения, т/м ³	1,25	1,25	1,30
Общая пористость	52,0	52,0	50,0
Пористость аэрации, %	34,1	34,4	32,0
Капиллярная пористость, %	17,9	17,6	18,0
Влажность в слое 0,0-1,0 м, %	14,3	14,1	13,8
Запасы доступной влаги, мм	82,8	80,0	75,9
2018 год, 25.09			
Плотность сложения, т/м ³	1,27	1,26	1,30
Общая пористость, %	52,0	52,0	50,0
Пористость аэрации, %	35,4	35,2	33,6
Капиллярная пористость, %	16,6	16,8	16,4
Влажность в слое 0,0-1,0 м, %	13,1	13,3	12,6
Запасы доступной влаги, мм	66,2	69,0	59,3

Среди агрофизических показателей почвы по данным [2, 3] велика роль в формировании запасов влаги в почве показателей общей и капиллярной пористости, что нашло подтверждение и в наших опытах. Так, по мелкой обработке в условиях достаточного

увлажнения, что отмечалось в 2016 и 2017 годах, за счет капиллярной пористости условия по влагообеспеченности различались незначительно, что позволяет заменять вспашку мелкой обработкой. Такое строение и сложение почвы при мелкой обработке при значительных осадках в летний период обеспечивает быстрое поступление влаги в нижние горизонты и ее сохранность. Запасы доступной влаги в слое 0,0-1,0 м по мелкой обработке при посеве в 2016 и 2017 гг. были близки к запасам влаги по отвальной обработке и обработке «Ранчо» и составили 127,0...100,7 мм. В 2018 году величина доступной влаги на мелкой обработке (59,3 мм) была значительно ниже по отношению к отвальной обработке (66,2 мм) и обработке рабочим органом «Ранчо» – 69,0 мм.

Значения общей пористости, пористости аэрации и капиллярной пористости оказывали влияние на величину доступной влаги и ее сохранность. Капиллярная пористость играет значительную роль в накоплении влаги в почве.

При мелкой обработке почвы отмечается тенденция снижения запасов доступной влаги в почве по сравнению с отвальной вспашкой и применением рабочего органа «Ранчо» как в сухие годы (2018 г.), так и во влажные годы (2016, 2017 г.), что обусловило и различия в суммарном водопотреблении. Этот факт отмечается и в ранее проведенных исследованиях [7, 1, 8, 4, 9, 10, 12, 13].

Величина суммарного водопотребления в посевах 2016 года в количестве 245,3 мм по мелкой обработке и 251,6 мм, по обработке «Ранчо» и в посевах 2017 года, соответственно, 232,6 и 235,3 мм обеспечивала урожайность озимой пшеницы с применением препарата «ЭкоСС-20» на варианте обработки «Ранчо» по годам от 5,30 до 4,40 т/га, прибавка к контролю достигала от 0,50 до 0,80 т/га. На варианте мелкой обработки соответственно по урожайности 4,40 т/га и 3,97 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние способов основной обработки почвы и препаратов на урожайность озимой пшеницы по годам, т/га

Вариант	2016 год	2017 год	2018 год
Отвальная обработка			
Контроль (б/о)	4,72	3,36	1,80
БиоГумат «ЭКОСС-20»	5,80	4,05	2,30
Гумат+7 калия	-	3,68	2,20
Обработка «Ранчо»			
Контроль, б/о	4,80	3,60	1,61
БиоГумат «ЭКОСС-20»	5,30	4,40	2,10
Гумат+7 калия	-	3,86	1,94
Мелкая обработка			
Контроль, б/о	4,20	3,39	1,04
БиоГумат «ЭКОСС-20»	4,70	3,97	1,24
Гумат+7 калия	-	3,40	1,20

2016 год НСР₀₅ – общая 0,24. А (обработки) – 0,12; В (питание) – 0,08; АВ – 0,12.

2017 год НСР₀₅ – общая 0,21: А (обработки) – 0,12; В (питание) – 0,10; АВ – 0,10.

2018 год НСР₀₅ – общая 0,25: А (обработки) – 0,16; В (питание) – 0,12; АВ – 0,10.

Заключение. Светло-каштановые почвы характеризуются достаточно высокой общей пористостью, которая в пахотном слое достигает 53,0 % и снижается до 52,0-45,0 % в иллювиальных горизонтах.

Среди агрофизических показателей почвы велика роль в формировании запасов влаги в почве показателей пористости аэрации и капиллярной пористости. Так, по мелкой обработке в условиях достаточного увлажнения, что отмечалось в 2016 и 2017 годах, за счет капиллярной пористости условия по влагообеспеченности различались незначительно, что позволяет заменять вспашку мелкой обработкой.

Проведенные исследования показали, что значения общей пористости, пористости аэрации и капиллярной пористости оказывали влияние на величину доступной влаги и ее сохранность. Капиллярная пористость играет значительную роль в накоплении влаги в почве. Стабильность урожая озимой пшеницы в зоне исследований определяют весенние запасы продуктивной влаги. Величина суммарного водопотребления в 2016 году по мелкой обработке в количестве 245,3 мм и 251,6 мм на варианте обработки «Ранчо» и, соответственно, 232,6 мм и 235,3 мм в 2017 году обеспечивала урожайность озимой пшеницы с применением препаратов от 3,97 до 5,80 т/га.

В условиях сильной засухи мелкая обработка пара под озимую пшеницу, в отличие от предыдущих лет, резко снизила урожайность, максимальной она была на варианте применения БиоГумат «ЭКОСС-20» и достигала 1,24 т/га при 2,30 т/га по отвальной обработке и 2,10 т/га по обработке «Ранчо».

Библиографический список

1. Агрофизические аспекты формирования запасов влаги при различных способах обработки почв [Текст]/ Е.П. Денисов, К.Е. Денисов, И.С. Полетаев, Е.В. Полуэктов // Аграрный научный вестник. Естественные науки. – 2016. – №9. – С. 21-26.
2. Борин, А.А. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность культур севооборота [Текст]/ А.А. Борин, А.Э. Лощина // Земледелие. – 2015.- № 7 – С. 17-20.
3. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного [Текст]/ В.Н. Романов, В.К. Ивченко, И.О. Ильченко, М.В. Луганцева // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – № 5. – С. 32-34
4. Возможности минимизации обработки чернозёмных почв в Воронежской области [Текст]/ В.И. Турусов, В.М. Гармашов, В.А. Шевченко, С.Е. Дудченко // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 12. – С. 5-8.
5. Горянин, О.И. Влияние технологических систем на агрофизические свойства почвы в степном Заволжье [Текст]/ О.И. Горянин, Е.В. Щербинина, И.Ф. Медведев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2017. – № 2. – С. 3-9.
6. Данилов, А.Н. Роль удобрений и обработки почвы в формировании агрохимических и водно-физических свойств черноземов Правобережья Саратовской области [Текст]/ А.Н. Данилов, А.В. Летучий // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 12. – С. 5-8.
7. Данилов, А.Н. Сравнительная оценка удобрений и способов основной обработки почвы в полевом севообороте [Текст] / А.Н. Данилов, А.В. Летучий // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 6. – С. 3-7.
8. Лебедева, Т.И. Влияние на урожайность озимых зерновых культур различных приемов паровой обработки в условиях среднего Предуралья [Текст]/ Т.И. Лебедева, Ю.Н. Зубарев, Н.Ю. Каменских // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – №1 (56). – С. 32-33.
9. Турусов, В.И. Эффективность различных приемов и систем основной обработки почвы в звене севооборота горох – озимая пшеница в условиях Юго-Востока ЦЧР [Текст]/ В.И. Турусов, В.М. Гармашов // Земледелие. – 2018. – № 4. – С. 9-14.
10. Усенко, В.И. Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки [Текст]/ В.И. Усенко, С.В. Усенко // Земледелие. – 2018. – №2. – С. 14-15.
11. Фурсова, А.Ю. Влияние систем удобрения, способов и приемов обработки почвы на плодородие чернозема выщелоченного в посевах озимой пшеницы Ставропольской возвышенности [Текст]/ А.Ю. Фурсова, А.Н. Есаулко // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – №4 (20). –С. 175-176.
12. Чурзин, В.Н. Роль атмосферных осадков и почвенной влаги в зависимости от способов основной обработки черного пара при выращивании озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области [Текст] / В.Н.Чурзин, А.А.Серебряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3 (35). – С. 83-88.

13. Чурзин, В.Н. Роль способов основной обработки почвы в накоплении почвенной влаги и использования атмосферных осадков при выращивании озимой пшеницы на светлосерых почвах Волгоградской области [Текст]/ В.Н. Чурзин, Е.В. Кубраков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4 (52). – С. 1-6.

14. Mukhopadhyay, S.S. Nanotechnology in agriculture : prospects and constraints [Текст]/ S.S. Mukhopadhyay // Nanotechnol. Sci. Appl. – 2015. – № 8. – P. 55-66.

15. Sekhon, B.S. Nanotechnology in agri-food production: an overview [Текст]/ B.S. Sekhon // Nanotechnol. – 2014. – № 7. – P. 31-53.

16. Toigildin A.L. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the Volga region forest steppe [Текст]/ A. L. Toigildin, V.I. Morozov, M.I. Podsevalov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – №6. – P. 2203-2209.

References

1. Agrofizicheskie aspekty formirovaniya zapasov vlagi pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochv [Текст]/ E. P. Denisov, K. E. Denisov, I. S. Poletaev, E. V. Polu]ktov // Agrarnyj nauchnyj vestnik. Estestvennyye nauki. - 2016. - №9. - P. 21-26.

2. Borin, A. A. Vliyanie obrabotki pochvy v komplekse s primeneniem udobrenij i gerbicidov na urozhajnost' kul'tur sevooborota [Текст]/ A. A. Borin, A. Je. Loschinina // Zemledelie. - 2015. -- № 7 - P. 17-20.

3. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote na dinamiku vlazhno-sti i agrofizicheskie svoystva chernozema vyschelochennogo [Текст]/ V. N. Romanov, V. K. Ivchenko, I. O. Ilchenko, M. V. Luganceva // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2018. - № 5. - P. 32-34

4. Vozmozhnosti minimizatsii obrabotki chernoz mnyh pochv v Voronezhskoj oblasti [Текст]/ V. I. Turusov, V. M. Garmashov, V. A. Shevchenko, S. E. Dudchenko // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2014. - № 12. - P. 5-8.

5. Goryanin, O. I. Vliyanie tehnologicheskikh sistem na agrofizicheskie svoystva pochvy v stepnom Zavolzh'e [Текст]/ O. I. Goryanin, E. V. Scherbinina, I. F. Medvedev // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. - 2017. - № 2. - P. 3-9.

6. Danilov, A. N. Rol' udobrenij i obrabotki pochvy v formirovanii agrohimicheskikh i vodnofizicheskikh svoystv chernozemov Pravoberezh'ya Saratovskoj oblasti [Текст]/ A. N. Danilov, A. V. Letuchij // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. - 2013. - № 12. - P. 5-8.

7. Danilov, A. N. Sravnitel'naya ocenka udobrenij i sposobov osnovnoj obrabotki pochvy v polevom sevooborote [Текст] / A. N. Danilov, A. V. Letuchij // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. -2015. - № 6. - P. 3-7.

8. Lebedeva, T. I. Vliyanie na urozhajnost' ozimyh zernovykh kul'tur razlichnykh priemov parovoj obrabotki v usloviyakh srednego Predural'ya [Текст]/ T. I. Lebedeva, Yu. N. Zubarev, N. Yu. Kamenskih // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2018. -№1 (56). - P. 32-33.

9. Turusov, V. I. Jefferktivnost' razlichnykh priemov i sistem osnovnoj obrabotki pochvy v zvene sevooborota goroh - ozimaya pshenica v usloviyakh Yugo-Vostoka CChR [Текст]/ V. I. Turusov, V. M. Garmashov // Zemledelie. - 2018. - № 4. - P. 9-14.

10. Usenko, V. I. Vodnyj rezhim vyschelochennogo chernozema v zavisimosti ot predshestvennika i priema osnovnoj obrabotki [Текст]/ V. I. Usenko, S. V. Usenko // Zemledelie. -2018. - №2. - P. 14-15.

11. Fursova, A. Yu. Vliyanie sistem udobreniya, sposobov i priemov obrabotki pochvy na plodorodie chernozema vyschelochennogo v posevah ozimoy pshenicy Stavropol'skoj vozvyshechnosti [Текст]/ A. Yu. Fursova, A. N. Esaulko // Vestnik APK Stavropol'ya. - 2015. - №4 (20). -P. 175-176.

12. Churzin, V. N. Rol' atmosferykh osadkov i pochvennoj vlagi v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki chernogo para pri vyraschivani ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoj oblasti [Текст] / V. N. Churzin, A. A. Serebryakov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 3 (35). - P. 83-88.

13. Churzin, V. N. Rol' sposobov osnovnoj obrabotki pochvy v nakoplenii pochvennoj vlagi i ispol'zovaniya atmosferykh osadkov pri vyraschivani ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoj oblasti [Текст]/ V. N. Churzin, E. V. Kubrakov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 4 (52). - P. 1-6.

14. Mukhopadhyay, S.S. Nanotechnology in agriculture : prospects and constraints [Tekst] / S.S. Mukhopadhyay // Nanotechnol. Sci. Appl. – 2015. – № 8. – P. 55-66.
15. Sekhon. B.S. Nanotechnology in agri-food production: an overview [Tekst]/ B.S. Sekhon // Nanotechnol. – 2014. – № 7. – P. 31-53.
16. Toigildin A.L. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the Volga region forest steppe [Tekst]/ A. L. Toigildin, V.I. Morozov, M.I. Podsevalov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – №6. – P. 2203-2209.

Информация об авторах

Чурзин Виктор Николаевич, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26), доктор сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2198-0277>. E-mail: Rastenievodstvo44@mail.ru

Кубраков Евгений Владимирович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.6.02

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-14

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ NEW TECHNOLOGY OF ARRANGEMENT OF RUNOFF-REGULATION SHELTERBELTS ON SLOPING LANDS

А.Т. Барабанов¹, доктор сельскохозяйственных наук

А.И. Петелько², доктор сельскохозяйственных наук

А.В. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Выпова², соискатель

A.T. Barabanov, A.I. Petel'ko, A.V. Kulik, A.V. Vypova

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения (ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград

²Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция - филиал
ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук, Мценск

¹ Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences (FSC of Agroecology RAS)

²Novosil Zonal Agroforestry Land Reclamation Experimental Station - a branch of
«Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation of the Russian
Academy of Sciences », Mtsensk

Дата поступления в редакцию 20.03.2019
Received 20.03.2019

Дата принятия к печати 13.05.2019
Submitted 13.05.2019

Проанализированы существующие технологии размещения противоэрозионных лесных полос на склоновых землях, дана их оценка, выявлены недостатки и определены пути их совершенствования. Изучены инструктивные указания и рекомендации по проектированию, созданию и эксплуатации защитных лесных насаждений. Во всех инструкциях и рекомендациях основными критериями размещения стокорегулирующих и ветроломных лесополос были рельеф и господствующее направление вредоносных ветров. В них предписывалось ветроломные лесополосы размещать поперек направления вредоносных ветров, а стокорегулирующие – поперек склона. При этом показатели крутизны склона, по которым размещались лесополосы, по мере получения новых знаний изменялись в сторону уменьшения. В рекомендациях ВНИАЛМИ по лесомелиорации в 1989 году рекомендовалось уже размещать стокорегулирующие лесополосы на склонах только с учетом рельефа, то есть поперек склона или по горизонталям независимо от уклона. Улучшенная технология размещения противоэрозионных лесных полос на склоновых землях создана на основе материалов экспериментальных исследований ВНИАЛМИ и его опытных станций, действующих нормативных

документов по защитному лесоразведению, а также разработанных в последние годы теоретических положений регулирования поверхностного стока путем воздействия на природные факторы (снегозапасы, глубину промерзания и влажность почвы) и созданных новых приемов защиты почвы от эрозии, влияющих на эти факторы. Она предусматривает размещение лесополос на склонах при агролесомелиоративном адаптивно-ландшафтном обустройстве территории на основе разработок о форме склона как функции эрозии и аккумуляции. Оно осуществляется путем расчета поверхностного стока талых вод, смыва почв, расстояний между лесополосами и др. Величина стока определяется по картам, смыв почвы рассчитывается с учетом величины поверхностного стока талых вод, уклона местности, влияния на него природных и антропогенных факторов.

Existing technologies for placement of anti-erosion forest belts on sloping lands were analyzed, an assessment was given to them, shortcomings were identified and ways for their improvement were identified. The guidelines and recommendations for the design, creation and operation of protective forest plantations have been studied. In all instructions and recommendations, the main criteria for the placement of stockpiling and wind-break forest belts were the topography and the prevailing direction of harmful winds. They prescribed wind-break forest belts to be placed across the direction of harmful winds, and the flow-control belts should be placed across the slopes of the trans-rivers. At the same time, the indicators of the steepness of the slope, along which the forest-strips were placed, changed to the extent of decreasing as they gained new knowledge. In recommendations of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Agroforestry Institute» for forest reclamation in 1989, it was recommended to place drain control forest belts on the slopes only taking into account the relief, that is, across the slope or horizontally, regardless of the slope. Improved technology of placement of anti-erosion forest belts on sloping lands was created on the basis of experimental research materials by Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Agroforestry Institute» and its experimental stations, current regulatory documents on protective forestation, as well as theoretical provisions developed in recent years for controlling surface runoff by influencing natural factors (snow reserves, depth of freezing and soil moisture) and created new methods of protecting the soil from erosion, affecting these factors. It provides for placement of forest belts on the slopes of agroforestry adaptive-landscape arrangement of the territory based on developments on the shape of the slope as a function of erosion and accumulation. It is carried out by calculating surface runoff of melt water, washing away the soil, distances between the forest belts, etc. calculated taking into account the magnitude of the surface runoff of melt waters, the slope of the terrain, and the influence of natural and anthropogenic factors on it.

Ключевые слова: эрозия почв, стокорегулирующие лесные полосы, конструкция лесополос, ветровой режим, крутизна склона, карта стока, технология размещения лесополос.

Key words: soil erosion, forest drainage, forest belt construction, wind regime, slope steepness, flow map, forest belt placement technology.

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

Цитирование. Барабанов А.Т., Петелько А.И., Кулик А.В., Выпова А.В. Новая технология размещения стокорегулирующих лесных полос на склоновых землях. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 119-126. DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-14.

Citation. Barabanov A.T., Petel'ko A.I., Kulik A.V., Vypova A.V. New technology of arrangement of runoff-regulation shelterbelts on sloping lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 119-126. (in Russian). DOI: 10.32786 / 2071-9485-2019-02-14.

Введение. С целью регулирования стока и предотвращения смыва необходимо знать закономерности эрозионно-гидрологического процесса, изучить влияние на него совокупности природных и антропогенных факторов [3, 7, 10, 13]. На современном этапе

главным является рациональное использование земель и повышение их плодородия [8, 14]. Для получения высокой эффективности необходимо проводить комплексные мероприятия. Особая роль в них отводится противоэрозионным защитным лесным насаждениям. Они являются долговременными средствами защиты почв от эрозии, и от их правильного размещения зависит мелиоративная и противоэрозионная эффективность [11, 15]. Лесные полосы на сельскохозяйственных землях образуют каркас противоэрозионной защиты, и от их расположения в рельефе в большой степени зависит эффективность комплекса в целом [1, 12]. В целях эффективного задержания стока и борьбы с эрозией очень важно, чтобы в эрозионно-опасных районах основные лесные полосы располагались в тесной увязке с рельефом – поперек склона или приблизительно вдоль горизонталей.

Материалы и методы. Технология размещения противоэрозионных лесных полос на склоновых землях по мере развития защитного лесоразведения изменялась и совершенствовалась. Главным вопросом, который приходилось решать прикладной лесной мелиорации, является их пространственное размещение.

Почти во всех инструктивных документах обычно рекомендовалось полезащитные лесные полосы размещать поперек господствующих дефлирующих ветров с отклонениями до 30-40° на склонах крутизной от 1,5-2,0° до 3-4°, а в районах, сильно подверженных эрозии, этот предел затем понижался до 1°.

В инструктивных указаниях 1966 года рекомендовалось на склонах более 1,5-2° водорегулирующие (теперь стокорегулирующие) лесные полосы размещать поперек склонов.

В 1973 году инструктивными указаниями предусматривалось размещение противоэрозионных лесных полос на склоновых землях по следующим критериям: на водосборе при крутизне склона меньше 2° лесополосы размещали поперек господствующего вредоносного ветра, а при крутизне склона больше 2° – поперек склона.

В инструктивных указаниях по созданию защитных лесонасаждений в 1979 году стокорегулирующие лесополосы рекомендовалось размещать поперек склона на склонах более 2°, а в районах сильно подверженных эрозии более 1°. Расстояния между ними определялись на основе гидрологических расчетов. То есть на склонах крутизной менее 1-2° независимо от их длины лесополосы размещались поперек вредоносных господствующих ветров.

В инструктивных указаниях 1987 года стокорегулирующие лесополосы на склонах крутизной свыше 1,5-2° рекомендуется размещать поперек склона.

Результаты и обсуждение. Из вышесказанного следует, что существующие технологии размещения противоэрозионных лесных полос на склоновых землях изменялись в сторону уменьшения критерия крутизны склонов, который был недостаточно обоснован. Это связано с многолетней традицией отдавать приоритет ветроломным функциям лесополос. В качестве доказательства такого подхода к обоснованию критерия крутизны склона обычно приводилось то, что средне- и сильносмытые почвы приурочены к склонам круче 2-4°. Однако это не является веским аргументом, так как размещение лесополос осуществляется не только с учетом крутизны, но и длины склона.

Важным доказательством необходимости размещения лесополос с учетом крутизны склона могло бы быть сильное изменение их ветроломного влияния при отклонении от перпендикулярного направления относительно дефлируемых ветров. Однако этот вопрос не был решен, необходима дополнительная аргументация. Анализ ветрового режима, осуществленный Гаршиным Е.А. (2002) по материалам более 2000 метеостанций страны, позволил сделать ему вывод о том, что на значительной части территории России размещение лесополос с большим отклонением от господствующего направления ветра (на угол 45 и даже 90°) приводит к незначительному уменьшению их ветроломной эффективности.

Очень важным аргументом в пользу критерия размещения лесных полос с учетом рельефа местности (поперек склона), а не направления вредоносных ветров служит тот факт, что сток талых вод формируется на склонах независимо от их крутизны [9, 4]. Результаты наших исследований и анализ литературных данных показывают, что весенний сток формируется на любых склонах и он почти не зависит от их крутизны. Если почва промерзла глубже 50 см и она сильно увлажнена, то сток формируется на склонах любой крутизны [2, 5, 6].

Эти выводы очень важны для районов, где совместно проявляется эрозия и дефляция (Нечерноземье, ЦЧО, Среднее Поволжье). Здесь лесополосы должны размещаться только с учетом рельефа местности. В районах Северного Кавказа, Средней Азии, Западной Сибири, где сильно выражено господствующее направление дефлируемых ветров, при принятии решения о размещении лесополос необходимо учитывать и их направление. В районах, где слабо выражено преобладающее направление ветров, необходимость размещения лесополос с учетом рельефа местности не означает, что ветроломная роль лесополос при этом снижается. Она будет примерно одинаковой по всем направлениям ветра. Таким образом, при размещении лесополос с учетом рельефа, достигается оптимальное использование всех их функций: стокорегулирующей, противоэрозионной и противодефляционной.

Итак, на основе анализа этих материалов можно заключить, что в районах, где протекают процессы эрозии и дефляции, размещать лесополосы необходимо с учетом рельефа, т. е. использовать в первую очередь стокорегулирующую и противоэрозионную функции лесополос. В связи с этим была разработана новая контурно-мелиоративная система земледелия, предусматривающая размещение стокорегулирующих лесополос с учетом рельефа – поперек склона или вдоль горизонталей.

В разработанных в 1989 г. во ВНИАЛМИ «Рекомендациях по лесной мелиорации при контурной организации территории в районах активного проявления водной эрозии» был предложен новый подход к размещению противоэрозионных лесных полос на склоновых землях. В рамках противоэрозионной организации территории с выраженным рельефом противоэрозионные и стокорегулирующие лесные полосы рекомендовалось размещать независимо от уклона поперек склона (по контуру горизонталей).

Новая технология размещения противоэрозионных лесных полос при агролесомелиоративном адаптивно-ландшафтном обустройстве территории создана на основе разработок Е.А. Гаршинева о форме склона как функции эрозии и аккумуляции (1999). Оно осуществляется в несколько этапов: расчет поверхностного стока талых вод, смыва почв, расстояний между лесополосами и другими рубежами. Величина стока необходима для расчёта смыва почвы. Используя карты среднего весеннего стока с зяби и уплотнённой пашни (рисунок 1) [1] и модульные коэффициенты (таблица 1), можно рассчитывать показатели стока разной обеспеченности и применять их при размещении системы стокорегулирующих лесополос на водосборах.

Для расчета смыва почв на топографической карте наносятся основные линии тока, по которым рассчитываются характеристики формы склонов и значения уклонов и смыва почвы. Расчет смыва почв производят по формуле Е.А. Гаршинева (2002):

$$W = \alpha \cdot K \cdot h^s \cdot I,$$

где α – коэффициент размерности и пропорциональности (табличное значение для разных видов угодий); K – произведение коэффициентов, учитывающих влияние на смыв почвенных условий (тип почвы, гранулометрический состав, степень смытости), агротехнических приемов и др.; $s = 0,95$ – параметр; h – слой стока; I – уклон.

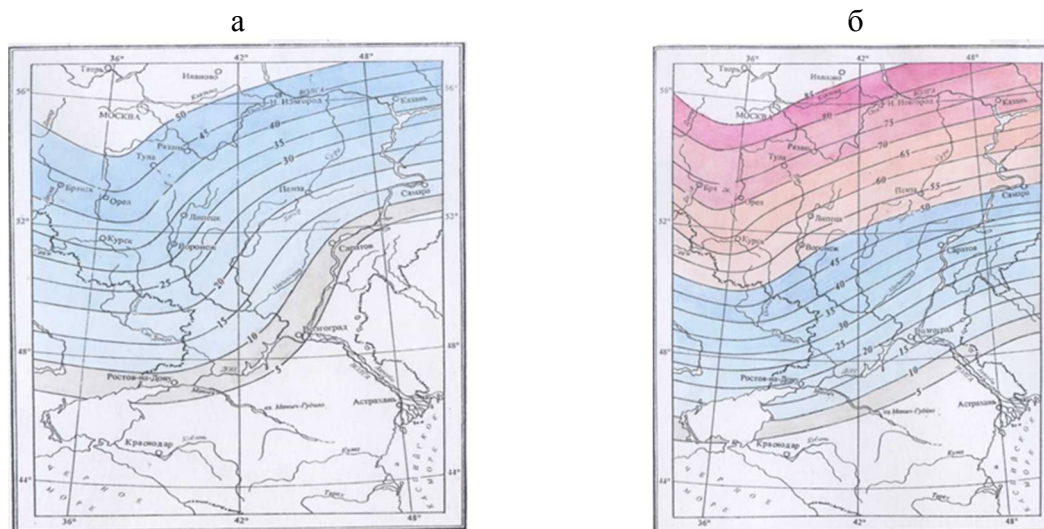


Рисунок 1 – Изолинейные карты поверхностного стока талых вод на рыхлой (а) и уплотненной (б) пашне в европейской части РФ

Таблица 1 – Модульные коэффициенты перехода от среднего стока к стоку разной вероятности превышения

Зона, область, почва	Вид пашни	Вероятность превышения, %						
		1	5	10	50	70	80	90
Лесостепная, Орловская, серая лесная	Уплотненная	5,38	3,48	2,69	0,65	0,17	0	0
	Рыхлая	6,45	4,05	2,95	0,55	0	0	0
Степная, Самарская, обыкновенный чернозем	Уплотненная	3,65	2,68	2,20	0,88	0,47	0,26	0
	Рыхлая	7,71	4,71	3,43	0,43	0	0	0
Степная, Волгоградская, темно-каштановая	Уплотненная	5,25	3,44	2,62	0,83	0,31	0,12	0
	Рыхлая	7,40	4,20	3,00	0,40	0	0	0
Сухостепная, Волгоградская, светло-каштановая	Уплотненная	4,69	3,25	2,56	0,75	0,25	0	0
	Рыхлая	12,67	6,67	4,00	0	0	0	0

Место размещения стокорегулирующих лесополос рассчитывается по уравнению связи текущего смыва со слоем стока, характеристиками формы склона и коэффициентами почвенных условий.

Знание закономерностей эрозионно-гидрологического процесса и влияния на него антропогенных факторов (стокорегулирующих лесных полос, обработки почвы, севооборотов) с учетом их стокорегулирующих и противозерозионных функций позволило нам разработать новые приемы регулирования поверхностного стока талых вод и управления эрозионно-гидрологическим процессом с помощью защитных лесных насаждений [1, 10].

Для выполнения своих функций лесополосы должны равномерно распределять снег по полям и накапливать в самих лесополосах достаточное его количество, необходимое для дополнительного увлажнения почвы и предотвращения ее от глубокого промерзания. Эти функции выполняют лесополосы комбинированной конструкция (патент РФ №2248116). Эта конструкция обеспечивает накопление необходимого количества снега в лесополосе, оптимальное снегоотложение в поле, что способствует предохранению почвы от глубокого промерзания, сохраняет на высоком уровне впитывающую и колюматирующую способность, а также дополнительное накопление влаги для деревьев.

На снегосудуемых склонах необходимо регулировать снегоотложение так, чтобы мощность снежного покрова возрастала сверху вниз по склону. Для обеспечения такого снегоотложения на склоне создается система лесополос с уменьшающейся ветропроницаемостью сверху вниз по склону. Это достигается созданием лесополос разной конструкции (патент РФ №1797234).

Заключение. Анализ критериев размещения противоэрозионных лесных полос показал, что по мере получения новых знаний они существенно менялись. По нормативным документам 60-70-х годов прошлого столетия лесные полосы на склонах крутизной до 3° размещались перпендикулярно направлению господствующих вредоносных ветров, а больше 3° – поперек склона. Технологии размещения противоэрозионных лесных полос на склоновых землях со временем изменялись в сторону уменьшения критерия крутизны склонов, расстояний между лесополосами, их ширины и количества рядов.

За последнее десятилетие разработаны теоретические основы регулирования поверхностного стока путем воздействия на природные факторы защитными лесонасаждениями, созданы модели расчета стока талых вод и смыва почвы, разработаны новые приемы регулирования снегоотложения, которые позволяют воздействовать на снегозапасы, глубину промерзания и влажность почвы и эрозионно-гидрологические процессы. Все это позволило создать улучшенную технологию размещения противоэрозионных лесных полос на склоновых землях, в которой предусматривается в районах совместного проявления эрозии и дефляции при принятии решения о размещении лесополос отдавать предпочтение рельефу. Размещение стокорегулирующих лесополос осуществляется на основе расчета поверхностного стока талых вод, смыва почвы, параметров рельефа и др.

Библиографический список

1. Барабанов, А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие [Текст] / А.Т. Барабанов. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.
2. Барабанов, А.Т. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги [Текст] / А.Т. Барабанов, А.И. Петелько // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №4(52). – С. 43-49.
3. Демихов, В.Т. Ландшафтные особенности проявления эрозии почв на сельскохозяйственных землях Брянской области в условиях трансформации климата [Текст] / В.Т. Демихов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №117. – С. 487-496.
4. Комиссаров, М.А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье [Текст] / М.А. Комиссаров, И.М. Габбасова // Почвоведение. – 2014. – №6. – С. 734-74.
5. Комиссаров, М.А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах полевых и лесных водосборов южного Предуралья в 2018 гидрологическом году [Текст] / М.А. Комиссаров // Социально-экономическая эффективность использования земельных ресурсов в аграрной сфере экономики Республики Башкортостан: современное состояние и пути повышения: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. / Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа, 2018. – С. 208-212.
6. Комиссаров, М.А. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье [Текст] / М.А. Комиссаров, И.М. Габбасова // Почвоведение. – 2014. – №6. – С. 734-743.
7. Коронкевич, Н.И. Гидрологические последствия изменения землепользования в бассейне реки Москвы [Текст] / Н.И. Коронкевич, К.С. Мельник // Изв. РАН. Сер.: География. – 2015. – № 5. – С. 38-45.
8. Моделирование процессов противоэрозионного земледелия и агролесомелиорации [Текст] / А.В. Панфилов, П.Н. Проездов, А.В. Розанов, А.В. Карпушкин // Аграрный научный журнал. – 2017. – №9. – С. 19-23.
9. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах русской равнины [Текст] / А.Т. Барабанов, С.В. Долгов, Н.И. Коронкевич, В.И. Панов, А.И. Петелько // Почвоведение. – 2018. – №1. – С. 62-69.

10. Сухановский, Ю.П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы [Текст] / Ю.П. Сухановский // Почвоведение. – 2013. – №4. – С. 474.
11. Шабает, А.И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие [Текст] / А.И. Шабает. – Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. – 648 с.
12. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics [Текст] / S.T. Zhang, J.Z. Zhang, Y. Liu, Y.C. Liu // Hydrology research. – 2018. – Vol. 49. – Iss. 6. – P. 1991-2001.
13. Monitoring and Evaluating Nonpoint Source Watershed Projects [Текст] / S.A. Dressing, D.W. Meals, J.B. Harcum, J. Spooner, J. B. Stribling, R.P. Richards, C.J. Millard, S.A. Lanberg, J.G. O'Donnell. – Washington, DC, 2016. – 30 p.
14. Pimentel, D. Soil erosion threatens food production [Текст] / D. Pimentel, M. Burgess // Agriculture. – 2013. – №3(3). – P. 443-463.
15. The contribution of chestnut coppice forests on slope stability in abandoned territory: a case study [Текст] / C. Bassanelli, G.B. Bischetti, E.A. Chiaradia, L. Rossi, C. Vergani // Journal of Agricultural Engineering. – 2013. – Vol. XLIV(s2):e13. – P. 68-73.

References

1. Barabanov, A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie [Текст] / A. T. Barabanov. - Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. - 188 p.
2. Barabanov, A. T. Prognozirovanie poverhnostnogo stoka talyh vod s sel'skohozyajstvennyh ugodij v lesostepnoj chasti bassejna Volgi [Текст] / A. T. Barabanov, A. I. Petel'ko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - №4(52). - P. 43-49.
3. Demihov, V. T. Landshaftnye osobennosti proyavleniya jerozii pochv na sel'skohozyajstvennyh zemlyah Bryanskoy oblasti v usloviyah transformacii klimata [Текст] / V. T. Demihov // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - №117. - P. 487-496.
4. Komissarov, M. A. Jeroziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah v yuzhnom Predural'e [Текст] / M. A. Komissarov, I. M. Gabbasova // Pochvovedenie. - 2014. - №6. - P. 734-74.
5. Komissarov, M. A. Jeroziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah polevyh i lesnyh vodosborov yuzhnogo Predural'ya v 2018 gidrologicheskom godu [Текст] / M. A. Komissarov // Social'no-jekonomicheskaya jeffektivnost' ispol'zovaniya zemel'nyh resursov v agrarnoj sfere jekonomiki Respubliki Bashkortostan: sovremennoe sostoyanie i puti povysheniya: sb. st. Vseros. nauch. -- prakt. konf. / Bashkirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. - Ufa, 2018. - P. 208-212.
6. Komissarov, M. A. Jeroziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah v Yuzhnom Predural'e [Текст] / M. A. Komissarov, I. M. Gabbasova // Pochvovedenie. - 2014. - №6. - P. 734-743.
7. Koronkevich, N. I. Gidrologicheskie posledstviya izmeneniya zemlepol'zovaniya v bassejne reki Moskvyy [Текст] / N. I. Koronkevich, K. S. Mel'nik // Izv. RAN. Ser.: Geografiya. - 2015. - № 5. - P. 38-45.
8. Modelirovanie processov protivorozionnogo zemledeliya i agrolesomelioracii [Текст] / A. V. Panfilov, P. N. Proezdov, A. V. Rozanov, A. V. Karpushkin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2017. - №9. - P. 19-23.
9. Poverhnostnyj stok i infil'traciya v pochvu talyh vod na pashne v lesostepnoj i stepnoj zonah russkoj ravniny [Текст] / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petel'ko // Pochvovedenie. - 2018. - №1. - P. 62-69.
10. Suhanovskij, Yu. P. Veroyatnostnyj podhod k raschetu jerozionnyh poter' pochvy [Текст] / Yu. P. Suhanovskij // Pochvovedenie. - 2013. - №4. - P. 474.
11. Shabaev, A. I. Izbrannye trudy. jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie [Текст] / A. I. Shabaev. - Saratov: FGBNU «NIISXYuV», 2017. - 648 p.
12. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics [Текст] / S.T. Zhang, J.Z. Zhang, Y. Liu, Y.C. Liu // Hydrology research. – 2018. – Vol. 49. – Iss. 6. – P. 1991-2001.
13. Monitoring and Evaluating Nonpoint Source Watershed Projects [Текст] / S.A. Dressing, D.W. Meals, J.B. Harcum, J. Spooner, J. B. Stribling, R.P. Richards, C.J. Millard, S.A. Lanberg, J.G. O'Donnell. – Washington, DC, 2016. – 30 p.

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

15. The contribution of chestnut coppice forests on slope stability in abandoned territory: a case study [Tekst]/ C. Bassanelli, G.B. Bischetti, E.A. Chiaradia, L. Rossi, C. Vergani // Journal of Agricultural Engineering. – 2013. – Vol. XLIV(s2):e13. –P. 68-73.

Информация об авторах

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

E-mail: barabanov-a@vfanc.ru.

Петелько Анатолий Иванович, главный научный сотрудник Новосильской ЗАГЛОС-филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 303035, Орловская область, г. Мценск, ул. Семашко, 2а), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7546-0410>.

E-mail: zaglos@mail.ru.

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>. **E-mail:** kulik-a@vfanc.ru.

Выпова Анастасия Витальевна, директор Новосильской ЗАГЛОС-филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 303035, Орловская область, г. Мценск, ул. Семашко, 2а).

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1910-9597>. **E-mail:** zaglos@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 504.4.054

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-15

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БАСЕЙНА РЕКИ ДОН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

QUALITY ASSESSMENT OF SURFACE WATERS OF THE DON RIVER BASIN FOR ENSURING SUSTAINABLE FUNCTIONING OF THE WATER INDUSTRY COMPLEX

А.К. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

М.В. Власенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. Бородычев^{2,3}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Р.Н. Балкушкин¹

A.K. Kulik¹, M.V. Vlasenko¹, V.V. Borodichev^{2,3}, R. N. Bulkushkin¹

¹ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН¹, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет

³Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А.Н. Костякова, г. Волгоград

¹Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

²Volgograd State Agricultural University

³All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A.N. Kostyakova, Volgograd

Дата поступления в редакцию 11.04.2019

Дата принятия к печати 15.06.2019

Received 11.04.2019

Submitted 15.06.2019

Целью исследований являлось выделение водных объектов с наиболее высоким уровнем загрязненности, нуждающихся в улучшении качества поверхностных вод в пределах Донского бассейна. Установлено, что в 2013-2017 гг. в бассейне р. Дон в основном отмечаются 3-й класс разря-

дов «а» и «б», а также 4-й класс разряда «а» качества воды. Общая масса загрязняющих веществ, поступающих ежегодно в составе сточных вод в р. Дон, остается на уровне 1341 т. Среди загрязняющих веществ большую долю составляют сульфаты – 746 т (55,7 %) и хлориды – 260 т (19,4 %), меньшую – нитритный азот – 0,34 т (0,03 %) ежегодно. Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ в воде отмечались: по сульфатам (> 100 ПДК) – на водохранилище Пролетарское (р. Маныч и левый приток р. Дон) в 2017 г.; по хлоридам (> 50 ПДК) – на водохранилище Пролетарское в 2013 г. и 2017 г.; по аммонийному азоту (> 30 ПДК) – р. Дон в 2013 г. и 2016 г.; по соединениям магния (> 30 ПДК) – на водохранилище Пролетарское в 2013-2017 гг.; по соединениям железа (> 20 ПДК) – на р. Аткара в 2013 г.; по нитритному азоту (> 30 ПДК) – на р. Осколец в 2015 г., в реках Болховец и Оскол в 2017 г.; по аммонийному азоту (> 20 ПДК) – на р. Дон в 2014 г.; по нефтепродуктам (> 30 ПДК) – на водохранилище Цимлянское в 2015 г. Экологически напряженная ситуация отмечается на водохранилище Пролетарское у п. Правый Остров и у с. Маныч-Грузское, на р. Дон выше г. Донской, на р. Средний Егорлык ниже г. Сальск, на р. Глубокая ниже г. Миллерово, в устьях рек Кагальник и Грушевка. Они требуют неотложных водоохраных мероприятий.

The aim of the research was water objects with the highest level of pollution and needing to improve the quality of surface water within the Don basin detection. It has been established that in 2013-2017 in the Don river basin mainly marked water quality: 3-d class discharges "a" and "b", as well as 4-th class discharge "a". The total mass of annually entering pollutants in the composition of wastewater in the river Don remains at the level of 1341 tons. Among the pollutants a major proportion is of sulphates is 746 tons (55.7%) and chlorides – 260 tons (19.4%), a minor proportion – ammonium nitrogen – 0.34 tons (0.03%) annually. The highest concentrations of pollutants in water were observed: by sulphates (> 100 MPC) on the Proletarskoe reservoir (the Manych river and the left tributary of the Don river) in 2017; for chlorides (> 50 MPC) on the Proletarskoe reservoir in 2013 and 2017; ammonium nitrogen (> 30 MPC) on the Don river in 2013 and 2016; on magnesium compounds (> 30 MPC) on the Proletarskoe reservoir in 2013-2017; iron compounds (> 20 MPC) on Atkara river in 2013; nitrite nitrogen (> 30 MPC) on the Oskolets river in 2015, on the rivers Bolkhovets and Oskol in 2017; ammonium nitrogen (> 20 MPC) on the Don river in 2014; on oil products (> 30 MPC) on the Tsimlyanskoe reservoir in 2015. The ecologically tense situation is noted on the Proletarskoe reservoir near the Pravyy Ostrov village and at the Manych-Gruzskoe village, on the Don river above the Donskoy city, on the Sredniy Egorlyk river below Salsk city, on the river Glubokaya below the city of Millerovo, in the mouths of the Kagalnik and Grushevka rivers. They require urgent water protection measures.

Ключевые слова: водные ресурсы, класс качества, разряд качества, критические показатели, загрязненность воды, предельно допустимая концентрация (ПДК), источники загрязнения.

Key words: water resources, quality class, quality discharge, critical indicators, water pollution, maximum permissible concentration (MAC), pollution sources.

Цитирование. Кулик А.К., Власенко, М.В., Бородычев В.В., Балкушкин Р.Н. Оценка качества поверхностных вод бассейна реки Дон для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса. *Известия НВ АУК.* 2019. 2(54). 126-135. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-15.

Citation. Kulik, A. K., Vlasenko, M. V., Borodichev, B. B., Bulkushkin R. N. Quality assessment of surface waters of the Don river basin for ensuring sustainable functioning of the water industry complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 126-135. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-15.

Введение. Территория Донского бассейна площадью в пределах России 368,6 тыс. км² включает около 9900 водотоков. Основной водной артерией бассейна является р. Дон. Преобладают (87 %) малые водотоки длиной до 10 км. Основными участниками многоотраслевого водохозяйственного комплекса в бассейне р. Дон являются: промышленное, коммунально-бытовое, сельскохозяйственное, орошаемое земледелие,

рыбное хозяйство, водный транспорт и другое водоснабжение. Состояние качества воды некоторых водных объектов Донского бассейна крайне неблагоприятно. Продолжительный период загрязнения водных ресурсов региона ведет к необратимым негативным последствиям (к их деградации, потере хозяйственного значения, истощению) и представляет угрозу для водных экосистем. В такой непростой ситуации крайне важна информация о фактическом состоянии поверхностных вод [4, 5, 9].

Загрязнение водных ресурсов ограничивает водопользование и делает его нерациональным. Существенное влияние на экологическое состояние водных ресурсов оказывает деятельность человека, который является их основным потребителем [6]. В развитых странах всего мира на сегодняшний момент осуществляются интенсивные меры борьбы с загрязнением водных объектов, проводится охрана гидросферы, внедряются прогрессивные технологии очистки и контроля качества воды на региональном уровне [12-14, 7]. Объективный анализ воды поверхностных вод и контроль ее качества выражает всеобщую задачу обеспечения безопасности и безвредности воды для всех сфер охраны водных ресурсов и водопользования [10, 1, 2, 8]. Анализ показателей качества воды позволяет предупреждать развитие многих заболеваний у людей [3].

Материалы и методы. Объект исследования – водные объекты Донского бассейна. Цель исследований – выделить водные объекты с наиболее высоким уровнем загрязненности, нуждающиеся в улучшении качества поверхностных вод для сохранения и улучшения экологической системы в пределах Донского бассейна.

Качество поверхностных вод Донского бассейна описано с применением комплексных оценок их степени загрязненности с учетом ПДК вредных веществ для питьевого и культурно-бытового водопользования, установленные в нормативах и методических указаниях. В работе использовались статистические данные анализа результатов наблюдений, полученные гидрохимической сетью ГСН Росгидромета по оценке динамики качества поверхностных вод РФ, представленные в ежегодниках: «Качество поверхностных вод Российской Федерации. Информация о наиболее загрязненных водных объектах Российской Федерации» 2013-2017 гг. Степень загрязненности природной воды классифицировалась по диапазонам состава и свойства с учетом антропогенного воздействия. Установлены изменения качества воды поверхностных вод Донского бассейна в 2017 г. по сравнению с 2013 г. по распространенности ПДК загрязняющих веществ. Исследования позволили выделить водные объекты со значительным антропогенным воздействием, характеризующиеся наиболее высоким уровнем загрязненности и нуждающиеся в улучшении качества поверхностных вод. Результаты проведенного анализа загрязненности водных объектов – важный элемент оценки эффективности проведенных природоохранных мероприятий.

Результаты и обсуждение. В природных водах содержатся почти все элементы системы Менделеева. Концентрация каждого элемента в воде определяется химическими свойствами, растворимостью соединений, способностью образовывать соединения и коллоидные растворы [9].

Поверхностные воды бассейна р. Дон отличаются значительным разнообразием химического состава. Это объясняется различными физико-географическими условиями и влиянием антропогенного фактора. Основными источниками загрязнения на протяжении многих лет являются сточные воды предприятий ЖКХ, сельскохозяйственной, химической, металлургической и др. отраслей промышленности, судоходство. Основными источниками загрязнения в 2013-2017 гг. были: ООО «Коммунальные ресурсы ДОН», ООО «Системы жизнеобеспечения», ОАО «Донской завод радиодеталей», филиал «Водоканал Дон», МУП «Новомосковские коммунальные системы», ООО

«Новомосковский городской водоканал», МУП «Водоканал» г. Миллерово. Хотя сточные воды перед выпуском в водные объекты подвергаются предварительной очистке, эффективность очистных сооружений очень низкая в связи с устаревшим оборудованием. Новые очистные сооружения вводятся в эксплуатацию несвоевременно, и их недостаточно для поддержания водной экосистемы в равновесии.

В 2013-2017 гг. наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ наблюдались в воде следующих водных объектов:

- сульфатов (> 100 ПДК) – вдхр. Пролетарское (на р. Маныч, левый приток р. Дон) в 2017 г.; (> 50 ПДК) – вдхр. Пролетарское в 2013-2016 гг.; (> 30 ПДК) – р. Средний Егорлык в 2013-2016 гг.;

- хлоридов (> 50 ПДК) – вдхр. Пролетарское в 2013 г. и 2017 г.; (> 30 ПДК) – вдхр. Пролетарское в 2015 г. и 2016 г.; (> 20 ПДК) – вдхр. Пролетарское в 2014 г.;

- аммонийного азота (> 30 ПДК) – р. Дон в 2013 г. и 2016 г.; (> 20 ПДК) – р. Дон в 2014 г. и 2015 г.; (10 ПДК) – р. Дон, р. Оскол в 2017 г.;

- соединений магния (> 30 ПДК) – вдхр. Пролетарское, 2013-2017 гг.;

- соединений железа (> 20 ПДК) – р. Аткара в 2013 г.; (> 10 ПДК) – прот. Аксай, р. Сосна, р. Северский Донец в 2014 г.; (> 10 ПДК) – р. Дон в 2015 г.; (> 10 ПДК) – р. Сосна в 2016 г.; (> 10 ПДК) – р. Хопер, р. Аткара, р. Грушевка в 2017 г.;

- нитритного азота (> 30 ПДК) – р. Осколец; выше 10 ПДК – р. Оскол, р. Осколец в 2015 г.; (> 20 ПДК) – р. Тихая Сосна в 2014 г.; (> 20 ПДК) – р. Нежеголь, р. Оскол, р. Осколец в 2016 г.; (> 10 ПДК) – р. Дон, вдхр. Белгородское, р. Оскол, р. Осколец, р. Тихая Сосна, р. Нежеголь в 2013 г.; (> 10 ПДК) – р. Тихая Сосна в 2016 г.; (> 30 ПДК) – р. Болховец, р. Оскол в 2017 г.; (> 20 ПДК) – вдхр. Белгородское в 2017 г.; (> 10 ПДК) – р. Оскол, р. Осколец в 2015 г., р. Дон, р. Грушевка, р. Осколец в 2017 г.

- аммонийного азота (> 20 ПДК) – р. Дон в 2014 г.; (10 ПДК) – р. Дон, р. Оскол в 2017 г.;

- минерализация (> 30 г/л) – вдхр. Пролетарское в 2013 г.; (> 20 г/л) – вдхр. Пролетарское в 2014-2016 гг.; (> 50 г/л) – вдхр. Пролетарское в 2017 г.;

- дефицит растворенного в воде кислорода ($2,01$ мг/л) – р. Дон в 2013 г.; ($< 3,00$ мг/л) – р. Дон, р. Воронеж в 2014 г.; ($< 3,00$ мг/л) – р. Дон в 2015 и 2017 гг.; ($< 3,00$ мг/л) – р. Дон, р. Тихая Сосна в 2017 г.;

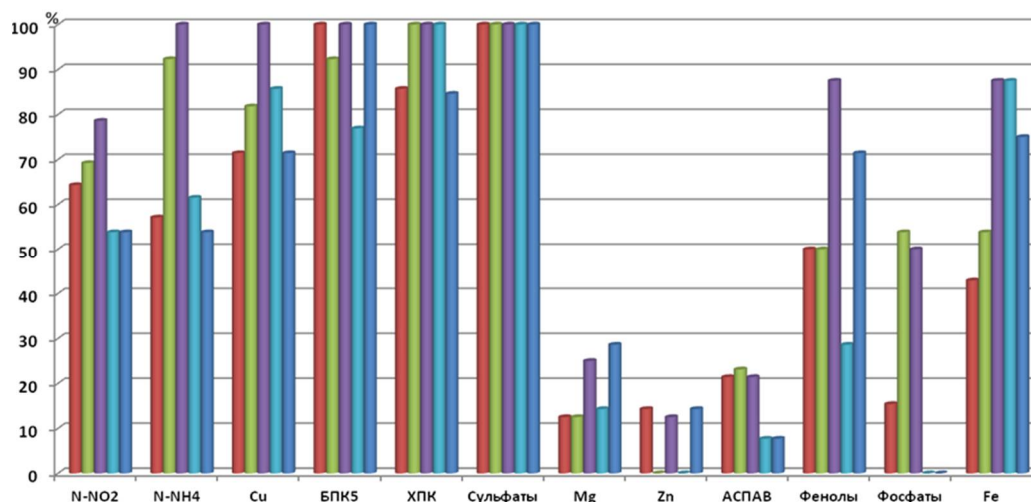
- нефтепродуктов: (> 30 ПДК) – вдхр. Цимлянское в 2015 г.

Соотношение повторяемостей превышения одного ПДК отдельных загрязняющих веществ в воде р. Дон на период с 2013 г. по 2017 гг. (в %) представлены на рисунке 1А.

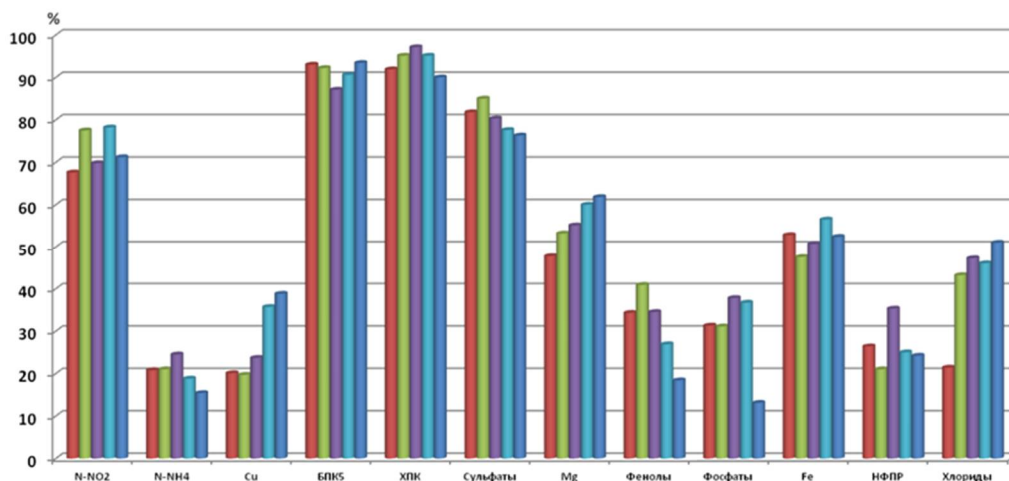
Следует отметить, что в этот период в воде р. Дон наибольший % повторяемости превышения ПДК отмечается в 2015 г. по следующим загрязняющим веществам: N-NO_2 (78,6 %), N-NH_4 (100 %), Cu (100 %), БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток – (100 %), ХПК – химическое потребление кислорода – (100 %), сульфатов (100 %), фенолов (87,5 %) и Fe (87,5 %).

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) оценивает долю загрязняющего эффекта в общую степень загрязненности воды и варьирует от 1 до 16. Худшее качество воды соответствует большему значению. В 2015 г. УКИЗВ в р. Дон составлял 5,81.

За 5 лет наблюдений наименьший % повторяемостей превышения ПДК (менее 20 %) в воде р. Дон отмечается по Mg (за исключением 2015 г., когда этот показатель составил 25 %), Zn и АСПАВам (анионные синтетические поверхностно-активные вещества) в 2016 г. и 2017 г., по фосфатам – в 2013 г. (15,4 %) и в 2016-2017 гг. (0 %).



а)



б)

■ 2013 г. ■ 2014 г. ■ 2015 г. ■ 2016 г. ■ 2017 г.

Рисунок 1 – Соотношение повторяемостей превышения одного ПДК отдельных загрязняющих веществ в воде р. Дон ниже г. Донской (А) и р. Северский Донец (Б) в 2013-2017 гг., %

Соотношение повторяемостей превышения одного ПДК отдельных загрязняющих веществ в поверхностных водах бассейна р. Северский Донец (на территории РФ) в 2013-2017 гг. отражено на рисунке 1Б. Наибольший % повторяемости превышения ПДК отмечается по следующим загрязняющим веществам: БПК₅ (от 87,1% до 93,4%), ХПК (от 90 % до 97,1 %), сульфаты (от 76,3 % до 85 %). Однако выявлено заметное снижение показателя с 2014 г. по сульфатам – от 85 % до 76,3 %, а также по фенолам – от 40,9 % до 18,4 %. Повышение показателя установлено по Cu (от 23,7% с 2015 г. к 38,8 % в 2017 г.), Mg (от 47,7 % с 2013 г. к 61,8 % в 2017 г.) и хлоридам (от 21,4 с 2013 г. к 51 % в 2017 г.). Наименьший % повторяемостей превышения ПДК (менее 20 %) в водах бассейна р. Северский Донец в это время показали следующие загрязняющие вещества: N-NH₄ в 2016 г. (18,8 %) и в 2017 г. (15,4%), Cu в 2014 г. (19,7 %), фенолы в 2017 г. (18,4 %), фосфаты в 2017 г. (13,1 %).

Бассейн Дона характеризуется широким диапазоном качества поверхностных вод, от «условно чистых» (1 класс качества воды), «слабо загрязненных» (2 класс качества воды) до «загрязненных» (3 класс качества воды, разряд «а») и «очень загрязненных» (3 класс качества воды, разряд «б»), «грязных» (4 класс качества воды, разрядов «а» и «б»), «очень грязных» (4 класс качества воды, разрядов «в» и «г»), «экстремально грязных» (5 класс качества воды) (таблица 1). С 2013 г. по 2017 г. в р. Дон и в бассейне р. Дон в основном отмечаются 3 «а» и «б», 4 «а» классы и разряды качества воды (таблица 2).

В р. Дон в 2013 г. 65,1 % створов отнесено к 3 классу разряда «б» – «очень загрязненные» воды; в бассейне р. Дон к 3 классу качества разряда «б» было отнесено 36,8 % вод, здесь выявлена большая доля вод качества 4 разряда «а» (29,6 %).

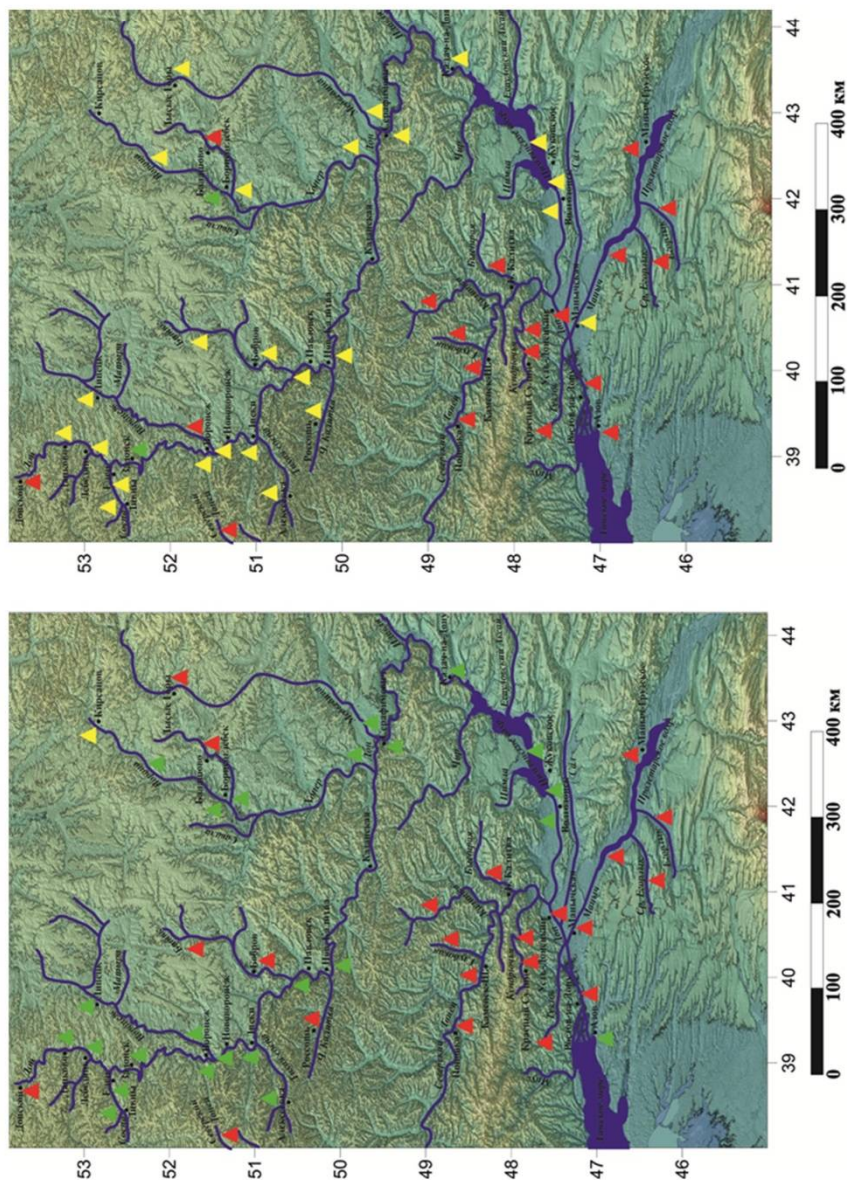
В 2014 г. в р. Дон 55,8 % вод створов было причислено к 3 классу качества разряда «б» («очень загрязненные» воды); велика также доля вод 3 класса качества разряда «а» (23,3 %) – «загрязненные» воды. В бассейне р. Дон в 2014 г. основная масса вод отнесена к 3 классу качества разряда «б» (29,2 %) и «а» (25,2 %), а также 4 классу разряда «а» (24,5 %).

Таблица 1 – Распределение (%) створов по классам качества воды бассейна р. Дон, 2013-2017 гг.

	Класс и разряд качества воды								5-й
	1-й	2-й	3-й		4-й				
			«а»	«б»	«а»	«б»	«в»	«г»	
2013 г.									
р. Дон			18,6	65,1	11,6	4,7			
Бассейн р. Дон	0,7	2,0	21,7	36,8	29,6	8,5	0,7		
2014 г.									
р. Дон		4,6	23,3	55,8	14,0	2,3			
Бассейн р. Дон	2,0	7,9	25,2	29,2	24,5	9,9	1,3		
2015 г.									
р. Дон		2,3	25,7	48,8	20,9	2,3			
Бассейн р. Дон	2,0	8,6	23,2	27,8	27,2	9,2	1,3		0,7
2016 г.									
р. Дон		9,3	44,2	27,9	14,0	4,6			
Бассейн р. Дон		7,5	28,6	29,3	26,5	6,8	1,3		
2017 г.									
р. Дон		11,6	20,9	39,6	25,6	2,30			
Бассейн р. Дон	2,04	7,48	25,8	27,9	32,7	2,72	0,68	0,68	

В 2015 г. в р. Дон 48,8 % створов отнесено к 3 классу разряда «б» – «очень загрязненные» воды; в бассейне р. Дон основная масса вод отнесена к 3 классу разряда «б» и 4 класса разряда «а», соответственно 27,8 и 27,2 %. В бассейне р. Дон в 2015 г. выявлены воды 5 класса качества, их доля составила 0,7 %.

2016 г. отмечался лучшим качеством воды в р. Дон как по сравнению с предыдущими 2013-2015 гг., так и по сравнению со следующим 2017 г. ½ доля вод относилась к классу качества 3 разряда «а» «загрязненные» – 44,2 %, меньшую долю составлял 4 класс разряда «а» – 14,0 %. 4 класс разряда «б» «очень грязные» воды в 2016 г. по сравнению с 2017 г. был в 2 раза больше, хотя и составлял небольшую долю (4,6 %).

[illegible]

2013 г.

2017 г.

1 – «условно чистая», 2 – «слабо загрязненная», 3 – «загрязненная», 4 – «грязная», 5 – «экстремально грязная»

Рисунок 2 – Качество поверхностных вод бассейна р. Дон, 2013 и 2017 гг.

В 2017 г. в р. Дон 39,6 % створов отнесено к 3 классу разряда «б» – «очень загрязненные» воды, 25,6 % – к 4 классу разряда «а» «грязные» воды, 20,9 % – к 3 классу разряда «а» «загрязненные» воды. В бассейне р. Дон около 1/3 створов (32,7 %) отнесено к 4 классу разряда «а» – «грязные» воды; выявлена доля «очень грязных» вод класса 4 разряда «в» (0,68 % и «г» (0,68 %); часть «условно чистых» вод 1 класса качества составила 2,04 %; «слабо загрязненных» 2 класса качества – 7,48 %.

За 2013-2017 гг. в бассейне р. Дон отмечается небольшое увеличение доли «условно чистых» вод: в 2013 г. – 0,7 %, а в 2017 г. – 2,04 %.

В 2013-2017 гг. в поверхностных водах бассейна верхнего и среднего течения р. Дон преобладали воды 3-го класса качества («загрязненные» и «очень загрязненные»), нижнего течения р. Дон – 4-го класса («грязные») (рисунок 2).

Большинство водных объектов в 2013 г. характеризовалось 3-м классом качества воды («загрязненные» и «очень загрязненные»). Наиболее низким качеством (4 «г») оценивалась вода вхр. Пролетарское, п. Правый Остров; вхр. Пролетарское, с. Маныч-Грузское; р. Дон, выше г. Донской; р. Средний Егорлык, ниже г. Сальск; р. Глубокая, ниже г. Миллерово; р. Кагальник, устье; р. Грушевка, устье и др.

Общая масса загрязняющих веществ, поступающих ежегодно в составе сточных вод в р. Дон, в течение 5 лет остается на уровне 1341 т. Среди загрязняющих веществ в 2013-2017 гг. большую долю ежегодно составляют сульфаты – 746 т (55,7 %) и хлориды – 260 т (19,4 %), меньшую – нитритный азот – 0,34 т (0,03 %).

Заключение. Наличие водных запасов в достаточном объеме и соответствующего качества является залогом успешного водопользования водных объектов. Установлено, что качество воды водных объектов Донского бассейна с 2013 по 2017 гг. существенных изменений не претерпело. Отмечается некоторое улучшение на р. Дон, ниже г. Донской, на р. Тузлов, выше г. Новочеркасск и 0,5 км выше устья р. Тузлов, на р. Маныч, ст-ца Манычская; ухудшение – на вхр. Пролетарское, п. Правый Остров. По комплексу основных загрязняющих веществ в Донском бассейне на 2017 г. наиболее загрязненными водными объектами и участками рек являются: вхр. Пролетарское, п. Правый Остров; вхр. Пролетарское, с. Маныч-Грузское; р. Дон, выше г. Донской; р. Средний Егорлык, ниже г. Сальск; р. Глубокая, ниже г. Миллерово; р. Кагальник, устье; р. Грушевка, устье и др. Эти водные объекты, находящиеся в крайне неудовлетворительном состоянии, требуют неотложных водоохранных мероприятий, т.к. устойчивый характер загрязнения вод бассейна р. Дон в результате хозяйственного использования несет угрозу водным экосистемам, ведет к деградации и потере хозяйственного значения, к истощению водных ресурсов страны.

Библиографический список

1. Демиденко, Г.А. Экологический мониторинг состояния питьевой воды [Текст]/ Г.А. Демиденко, Е.В. Котенева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – №5(92). – С. 128-132.
2. Дубровская, О.Г. Деконтаминация сточных вод медицинских комплексов как основа экологической безопасности водопользования [Текст]/ О.Г. Дубровская, И.В. Андруняк // В мире научных открытий. – 2015. – №11-3(71). – С. 1279-1288.
3. Коновалова, О.Е. Анализ химических показателей качества воды и их влияния на здоровье человека [Текст]/ О.Е. Коновалова, А.В. Коновалов, Т.В. Истомина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2016. – №1(29). – С. 120-125.
4. Кулик, А.К. Экология среды: ресурсы, чистота и качество природных вод Придонских песчаных массивов [Текст]/ А.К. Кулик, М.В. Власенко, В.И. Петров // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №4(48). – С. 105-113.

5. Кулик, К.Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива, Ростовская область) [Текст]/ К.Н. Кулик, Н.Ф. Кулик, А.К. Кулик // Почвоведение. – 2012. – №8. – С. 846.
6. Обоснование предельно-допустимых норм водопотребности сельскохозяйственных угодий с учетом социально-экономических и экологических факторов [Текст]/ Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, А.Д. Рябцев, К.Ж. Мустафаев // Гидрометеорология и экология. – 2013. – №3(70). – С. 161-173.
7. Пономаренко, Р.В. Повышение уровня экологической безопасности питьевого водоснабжения региона в условиях загрязнения поверхностного источника [Текст]/ Р.В. Пономаренко // Экологічна безпека. – 2013. – Т. 2013. – №1(15). – С. 24-27.
8. Расчёт предельно допустимой концентрации вредных веществ в сбрасываемых сточных водах [Текст]/ К.А. Шурыгин, К.В. Махов, Е.А. Руденко, Р.И. Тальянин // Colloquium-journal, 2018. – №10-2(21). – С. 106-107.
9. Степанов, Н.А. Характеристика влияния качественного состава питьевой воды на здоровье человека [Текст]/ Н.А. Степанов, Е.И. Заводова // Гигиена труда и медицинская экология. – 2015. – № 3. – С. 200-205.
10. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем [Текст]/ В.Л. Бондаренко, Г.М. Скибин, В.Н. Азаров, Е.А. Семенова, В.В. Приваленко. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, 2016. – 419 с.
11. Экологические аспекты качества питьевой воды [Текст]/ В.А. Никифорова, Е.А. Видищева, А.А. Ковчун, Д.Д. Видищева // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2017. – Т. 2. – С. 166-169.
12. Building consensus on a generic water scarcity indicator for LCA-based water footprint: preliminary results from WULCA [Текст]/ A. M. Boulay, J. Bare, L. Benini, M. Berger, I. Klemmayer, [and others]// Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014), San Francisco, California, USA, 8-10 October, 2014. – P. 142-149.
13. Ecoinvent 3: assessing water use in LCA and facilitating water footprinting [Текст]/ S. Pfister, S. Vionnet, T. Levova, S. Humbert // The International Journal of Life Cycle Assessment. – 2016. – Vol. 21. – Issue 9. – P. 1349–1360.
14. Nilsalab, P. Method Development for Including Environmental Water Requirement in the Water Stress Index [Текст]/ P. Nilsalab, S.H. Gheewala, S. Pfister // Water Resources Management. – 2018. – Vol. 32. – Issue 5. – P. 1585–1598.

References

1. Demidenko, G. A. Jekologicheskij monitoring sostoyaniya pit'evoy vody [Текст]/ G. A. Demidenko, E. V. Koteneva // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2014. - №5(92). - P. 128-132.
2. Dubrovskaya, O. G. Dekontaminaciya stochnyh vod medicinskih kompleksov kak osnova jekologicheskoy bezopasnosti vodopol'zovaniya [Текст]/ O. G. Dubrovskaya, I. V. Andrunyak // V mire nauchnyh otkrytij. - 2015. - №11-3(71). - P. 1279-1288.
3. Konovalova, O. E. Analiz himicheskikh pokazatelej kachestva vody i ih vliyaniya na zdorov'e cheloveka [Текст]/ O. E. Konovalova, A. V. Konovalov, T. V. Istomina // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyaschego plyus. - 2016. - №1(29). - P. 120-125.
4. Kulik, A. K. Jekologiya sredy: resursy, chistota i kachestvo prirodnih vod Pridonskih peschanyh massivov [Текст]/ A. K. Kulik, M. V. Vlasenko, V. I. Petrov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - №4(48). - P. 105-113.
5. Kulik, K. N. Vodnyj balans pochv peschanyh massivov (na primere Ust'-Kundryuchenskogo massiva, Rostovskaya oblast') [Текст]/ K. N. Kulik, N. F. Kulik, A. K. Kulik // Pochvovedenie. - 2012. - №8. - P. 846.
6. Obosnovanie predel'no-dopustimyh norm vodopotrebnosti sel'skohozyajstvennyh ugodij s uchetom social'no-jekonomicheskikh i jekologicheskikh faktorov [Текст]/ Zh. S. Mustafaev, A. T. Kozykeeva, A. D. Ryabcev, K. Zh. Mustafaev // Gidrometeorologiya i jekologiya. - 2013. - №3(70). - p. 161-173.

7. Ponomarenko, R. V. Povyshenie urovnya jekologicheskoy bezopasnosti pit'evogo vodonabzheniya regiona v usloviyah zagryazneniya poverhnostnogo istochnika [Tekst]/ R. V. Ponomarenko // *Ekologichna bezpeka*. - 2013. - Т. 2013. - №1(15). - P. 24-27.

8. Raschjot predel'no dopustimoy koncentracii vrednyh veschestv v sbrasyvaemyh stochnyh vodah [Tekst]/ K. A. Shurygin, K. V. Mahov, E. A. Rudenko, R. I. Talyanin // *Colloquium-journal*, 2018. - №10-2(21). - P. 106-107.

9. Stepanov, N. A. Harakteristika vliyaniya kachestvennogo sostava pit'evoy vody na zdorov'e cheloveka [Tekst]/ N. A. Stepanov, E. I. Zavodova // *Gigiena truda i medicinskaya jekologiya*. - 2015. - № 3. - P. 200-205.

10. Jekologicheskaya bezopasnost' v prirodoobustroystve, vodopol'zovanii i stroitel'stve: ocenka jekologicheskogo sostoyaniya bassejnovykh geosistem [Tekst]/ V. L. Bondarenko, G. M. Skibin, V. N. Azarov, E. A. Semenova, V. V. Privalenko. - Novocherkassk: YuRGPU (NPI) im. M. I. Platova, 2016. - 419 p.

11. Jekologicheskie aspekty kachestva pit'evoy vody [Tekst]/ V. A. Nikiforova, E. A. Vidischeva, A. A. Kovchun, D. D. Vidischeva // *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki*. - 2017. - Т. 2. - P. 166-169.

12. Building consensus on a generic water scarcity indicator for LCA-based water footprint: preliminary results from WULCA [Tekst]/ A. M. Boulay, J. Bare, L. Benini, M. Berger, I. Klemmayer, [and others]// *Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector (LCA Food 2014)*, San Francisco, California, USA, 8-10 October, 2014. – P. 142-149.

13. Ecoinvent 3: assessing water use in LCA and facilitating water footprinting [Tekst]/ S. Pfister, S. Vionnet, T. Levova, S. Humbert // *The International Journal of Life Cycle Assessment*. – 2016. – Vol. 21. – Issue 9. – P. 1349–1360.

14. Nilsalab, P. Method Development for Including Environmental Water Requirement in the Water Stress Index [Tekst]/ P. Nilsalab, S.H. Gheewala, S. Pfister // *Water Resources Management*. – 2018. – Vol. 32. – Issue 5. – P. 1585–1598.

Информация об авторах

Кулик Алексей Константинович, зав. лабораторией гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.

Researcher ID: W-4034-2018. Scopus Author ID: 55351806100. **E-mail:** kulikak79@yandex.ru.

Власенко Марина Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>. Researcher ID: W-3983-2018.

E-mail: vlasencomarina@mail.ru.

Бородычев Виктор Владимирович, директор Волгоградского филиала Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова (РФ, 400002, г. Волгоград, Тимирязева, 9), профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заслуженный деятель науки. Т. +7 (8442) 41-15-05, 89064048042.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. **E-mail:** vkoniigim@yandex.ru.

Балкушкин Роман Николаевич, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0987-6263>.

Researcher ID: X-9017-2018. **E-mail:** balroman9612@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 635.25(470.44/.47)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-16

АГРОТЕХНИКА ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЛУКА НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

FARMING CULTIVATION OF VARIETIES AND HYBRIDS OF ONION ON CHESTNUT SOILS OF THE LOWER VOLGA REGION

Н.И. Матвеева¹, кандидат педагогических наук,

Н.Ю. Петров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.П. Зволинский¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик РАН,

В.В. Зволинский^{1,2}, аспирант

N. I. Matveeva¹, **N. Yu. Petrov**², **V. P. Zvolinsky**¹, **V. V. Zvolinsky**^{1,2}

¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, п. Соленое займище

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Solenoye Zaimishche

²Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 01.02.2019

Дата принятия к печати 13.05.2019

Received 01.02.2019

Submitted 13.05.2019

Крестьянские (фермерские) хозяйства Астраханской области, начиная с 2000 года, стали увеличивать выращивание лука-репки сортов и гибридов российской и иностранной селекции. Астраханская область заслуженно стала занимать важное место среди регионов России не только по общему объёму произведённой продукции, но и по урожайности. Подбор адаптированных сортов и гибридов является первостепенным резервом для получения высоких урожаев хорошего качества. В конце 1990-х годов были изучены сорта и гибриды лука репчатого отечественной и иностранной селекций и было установлено, что в условиях Астраханской области максимально устойчивые урожаи были получены на гибридах иностранной селекции. В настоящее время более 90 % всего посевного материала, который используется на полях Астраханской области, представляют гибриды иностранной селекции, менее 5 % – сорта импортной селекции и 5 % – неустановленный материал. Но эти цифры ежегодно меняются, а ситуация с сортами и гибридами лука репчатого отечественной селекции остается неизменной. Единственный сорт советской селекции – Халцедон, несмотря на его удивительные способности к хранению, способен давать не более 60 т/га. В то же время гибриды иностранной селекции с разработанными и апробированными элементами интенсивной технологии позволяют получать гарантированно более 100 т/га товарной луковицы. Ежегодно нами проводятся испытания перспективных гибридов лука репчатого иностранной селекции. К ранним сортам лука относится Халцедон (продолжительность вегетационного периода от массовых всходов до уборки 94...115 суток), к средним гибридам – Валеро F₁ – продолжительность вегетационного периода 110...115 суток, к среднепоздним гибридам с вегетационным периодом 115...120 суток – Каунтач F₁, Утреро F₁, Солтис F₁, к поздним, вегетационный период которых составляет 121...125 суток, – Пандеро F₁, Комета F₁, Катинка.

Peasant (farm) farms of the Astrakhan region, since 2000, began to increase the cultivation of onion-turnip varieties and hybrids of Russian and foreign selection. Astrakhan region deservedly began to occupy an important place among the regions of Russia not only in terms of total output, but also in terms of yield. Selection of adapted varieties and hybrids is the primary reserve for high yields of good quality. In the late 1990s, varieties and hybrids of onion of domestic and foreign selection were studied. It was found that for the conditions of the Astrakhan region the most stable yields were obtained on hybrids of foreign selection. Currently, more than 90% of all sowing material used in the fields of the Astrakhan region are hybrids of foreign selection, less than 5% – varieties of imported selection and 5% – unidentified material. But these figures change every year, and the situation with varieties and hybrids of onions of domestic selection remains unchanged. The only sort of Soviet plant breeding – Chalcedony, despite its amazing abil-

ity to storage, able to give not more than 60 t/ha. At the same time, hybrids of foreign selection with developed and proven elements of intensive technology allows to obtain guaranteed more than 100 t/ha of marketable onions. Every year we carry out testing of promising hybrids of onion of the foreign selection. Early onion varieties include Chalcedony (length of vegetation period from mass germination to harvest 94...115 days), medium hybrids Valero F1 - duration of the vegetation period 110...115 days to medium hybrid with a vegetation period of 115...120 days – Countach F1, Utrera F1, F1 Soltis, late - growing period which is 121...125 days, Pandero F1, Comet F1, Katinka.

Ключевые слова: агротехника, сорта и гибриды лука, основная обработка почвы, боронование, селекция, лушение, аэрация, предшественник, гербициды.

Keywords: agrotechnology, onion varieties and hybrids, basic tillage, harrowing, selection, husking, aeration, precursor, herbicides.

Цитирование Матвеева Н.И., Зволинский В.П., Зволинский В.В., Петров Н.Ю. Агротехника возделывания сортов и гибридов лука на каштановых почвах Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 136-145. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-16.

Citation. Matveeva N. I., Zvolinsky V. P., Zvolinsky V. V., Petrov N. Yu. Farming cultivation of varieties and hybrids of onion on chestnut soils of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 136-145. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-16.

Введение. В связи с широким распространением некоторых элементов механизированной уборки к сортам и гибридам предъявляются высокие требования. При одноразовой уборке комбайнами или с применением широкозахватных транспортеров особое значение приобретает дружность формирования и созревания урожая, что в основном зависит от генетических особенностей сортов и гибридов. Применяя вышеуказанные сорта и гибриды, можно создать конвейер для получения суперранней продукции и продукции длительного хранения. Важно отметить, что в 2017 г. в состав изучаемых образцов вошли и перспективные гибриды отечественной селекции. С появлением новых перспективных гибридов лука возникает необходимость разработки элементов технологии возделывания, которые позволили бы получать гарантированный урожай на уровне 150...170 т/га.

Материалы и методы. Исследования проводились на территории крестьянского (фермерского) хозяйства «Зволинский В.В.», расположенного на юго-востоке европейской части России, на территории Черноярского района Астраханской области, являющегося одним из самых северных районов области. Почвенный покров участка представлен подтипом светло-каштановых солонцеватых почв без наличия пятен солонцов. В соответствии с классификацией Н.А. Качинского (1965), почва опытного участка по гранулометрическому составу была определена как суглинистая, комковато-зернистая, с содержанием глины в горизонте 0,0...0,3 м – 26,4 %. Наличие гумуса в пахотном слое почвы (по Тюрину) – 0,91...1,10 %, pH – 6,7...7,2, сумма поглощённых оснований – 18,4...18,7 мг/экв. на 100 г почвы, содержание (по Керсанову) NO₃ – 0,47, P₂O₅ – 2,29, K₂O – 25,03 мг/100 г почвы. Обеспеченность подвижными формами азота и фосфора очень низкая, калия – высокая. Благодаря своему географическому положению район исследований получает много тепла, но климат резко континентальный, острозасушливый. Продолжительность солнечного сияния за годы исследований составила в среднем 2200...2400 часов в год. Количество суммарной солнечной радиации, поступающей на данную территорию, – 113 ккал/см². Среднегодовая температура воздуха составляла +7...+8 °С, в отдельные жаркие дни температура воздуха повышалась до +39...+46 °С. Абсолютная годовая амплитуда температур воздуха 75...86 °С, продолжительность тёплого периода с температурой воздуха выше 0 °С за период проведения исследований составила 235...260 суток. Годовая сумма активных температур (выше +10 °С) – 3370...3500 °С.

Результаты и обсуждение. Для определения оптимального срока посева лука-чернушки изучались три варианта: посев 1...10 апреля; 11...20 апреля; 21...30 апреля.

Обилие тепла позволяет выращивать лук-репку в один год при орошении, так как наблюдается дефицит влаги из-за малого количества осадков в период выращивания культуры. Орошение опытного участка осуществлялось капельным способом. Подача оросительной воды производилась из естественного источника – затона р. Волга.

В период проведения опытов (2011...2016 гг.) по данным метеостанции с. Чёрный Яр, находящейся в 16 км от места исследований, было установлено, что по степени увлажнения условия были сухими. По гидротермическому коэффициенту условия увлажнения подразделяются на избыточно влажные (более 2), засушливые (1,0...0,5) и сухие (0,5 и ниже).

Огромное значение при выращивании лука, особенно из семян, имеет подготовка почвы. Нет другой овощной культуры, которая была бы более требовательной к обработке почвы, чем лук. Это объясняется слаборазвитой и поверхностно расположенной корневой системой, очень медленным ростом растений в первый период после посева.

При основной обработке почвы использовались различные механические воздействия на почву: лущение, дискование, вспашка, чизелевание, плоскорезная обработка, боронование, планировка, культивация.

Цель всех мероприятий – разрыхлить или уплотнить почву, подрезать сорняки, заделывать в почву удобрения и т.д. Но главное назначение всех механических обработок – изменить в почве один или даже несколько главных факторов роста и развития растений: влажность, температуру, содержание основных элементов питания, аэрацию.

Основная обработка почвы обеспечивает восстановление плодородия почвы, улучшение её водно-воздушного режима, задел растительных остатков, уничтожение сорных растений. Основная обработка почвы проводилась в осенний период. В основную обработку входили следующие элементы: лущение или дискование, планировка поля, внесение органических удобрений, зяблевая вспашка.

После уборки культуры-предшественника проводились лущение почвы, которое провоцировало прорастание семян однолетних культур. Работа выполнялась дисковыми лущильниками ЛДГ-10; ЛДГ-15 или тяжелой дисковой бороной БДТ-7.

Для качественного проведения полива капельными установками проводилась эксплуатационная планировка поверхности поля. Для выравнивания участка применялись длинно-базовые планировщики П-4. Вслед за планировкой вносились удобрения и проводилась зяблевая вспашка плугом ПН-4-35Г на глубину 0,25...0,27 м.

Весной проводилось боронование зяби боронами БДТС-1 на глубину 0,03...0,05 м, бороновалось поле в два следа под прямым углом к направлению вспашки. Перед посевом проводились две культивации на глубину 0,12...0,14 м, удалялась сорная растительность для сохранения влаги.

Поверхностная обработка почвы. В составе мероприятий, которые обеспечивают получение высоких урожаев, ключевым звеном является система обработки почвы. Система обработки почвы – это комплекс приёмов обработки, выполняемых в определённой последовательности и подчинённых решению её главных задач, применительно к почвенно-климатическим условиям. Она ориентирована на повышение плодородия почвы, обеспечение соответствующего посева семян лука, создание условий для лучшего роста и развития растений. При этом создаётся плодородный пахотный слой с оптимальным физическим строением, высокой биологической активностью, наилучшими воздушным, тепловым, водным и общим питательным режимами.

Качество обработки почвы зависит от её гранулометрического состава. Почвы подразделяются на лёгкие – песчаные, супесчаные, легкосуглинистые; средние – суглинок средний и тяжёлые – суглинок тяжёлый, глинистая. Песчаные, супесчаные и легкосугли-

нистые почвы хорошо поддаются механической обработке, отличаются водопроницаемостью и лучшим воздушным режимом. Глинистые почвы тяжёлые, при увлажнении они легко заплывают, липкость их увеличивается при подсыхании, образуется мощная почвенная корка, что отрицательно сказывается на росте и развитии культурных растений.

Наиболее ценная часть почвы - агрегаты размером 0,25...10,0 мм. Более крупные почвенные отдельности считают глыбистой частью, более мелкие относят к распыленной фракции (таблица 1).

Таблица 1 – Типы почв в зависимости от размера агрегатов

Тип почвы	Наименование агрегата	Размер, мм
Глыбистая	Крупноглыбистая	Более 100
	Глыбистая	50,1...100,0
	Мелкоглыбистая	10,1...50,0
Комковатая	Крупнокомковатая	7,1...10,0
	Комковатая	5,1...7,0
	Мелкокомковатая	3,1...5,0
Зернистая	Зернистая	1,1...3,0
	Мелкозернистая	0,25...1,00
	Пылевая	Менее 0,25

Качество обработки почвы определяется её влажностью. Оптимальное состояние – это когда почва под действием обрабатывающих орудий крошится без образования глыб и излишнего налипания на рабочие органы. Почва влажностью выше 22 % при обработке интенсивно прилипает к металлическим поверхностям орудия, это отрицательно сказывается на производительности агрегатов и качестве работ.

Основная обработка почвы. В систему основной обработки почвы входят несколько технологических операций: лущение (дискование), вспашка (плоскорезная обработка), чизелевание. Они играют большую роль в уничтожении сорняков, особенно многолетних, борьбе с вредителями, ускорении нитрафикационных процессов.

Лущение применяется для уничтожения сорняков и подготовки почвы к качественной вспашке. Сразу после уборки предшествующей культуры проводилось лущение, которое провоцировало прорастание однолетних сорняков, обеспечивало рыхление, крошение и частичное оборачивание, перемешивание почвы и подрезание сорняков.

Корнеотпрысковые многолетние сорняки уничтожались методом истощения – неоднократное подрезание подземных органов исключает их размножение вегетативными частями. Для отрастания новых побегов необходим расход питательных веществ, накопленных растением, вследствие чего делалась трёхкратная разноглубинная обработка почвы: первая – вслед за уборкой предшественника на глубину 0,06...0,08 м тяжёлой дисковой бороной БДТ-7, вторая – через 12...15 суток на глубину 0,12...0,14 м плугами лушильниками ППЛ-10-25 с боровами БЗТС-1,0 (рисунок 1).

Для качественного проведения полива капельными установками и при использовании механической уборки после лущения проводилась планировка поверхности поля в двух направлениях. Для выравнивания участка использовался длиннобазовый планировщик П-4.

Вспашка – это приём обработки почвы плугом, который обеспечивает крошение и оборачивание слоя почвы не менее чем на 135°. Одновременно подрезаются сорняки, возшедшие после лущения. Вместе с тем равномерно заделываются минеральные и органические удобрения, пожнивные остатки.

Вспашка проводилась на глубину 0,25...0,27 м навесным плугом ПН-5-35 с предплужником в агрегате с трактором ДТ-57М или Т-74. Установка перед корпусом плуга предплужника даёт пласту упасть обратно в борозду, и перевернутый пласт прижимается к ранее подрезанному.



Рисунок 1 – Подготовка почвы

Для подрезания корневищ многолетников на глубине 0,35...0,40 м применялось чизелевание. Для этого использовался плуг-рыхлитель ПРПВ-4-50 или чизельные плуги. Рабочие органы извлекают на поверхность отрезки корневищ, которые в дальнейшем засыхают или вымерзают.

Допосевная обработка почвы включает: боронование, сплошную культивацию, выравнивание, прикатывание. В результате подобных технологических операций создаются благоприятные условия для прорастания семян сорняков и их уничтожение (рисунок 2). Для уничтожения сорняков в системе допосевной обработки используют различные приёмы (рисунок 3).

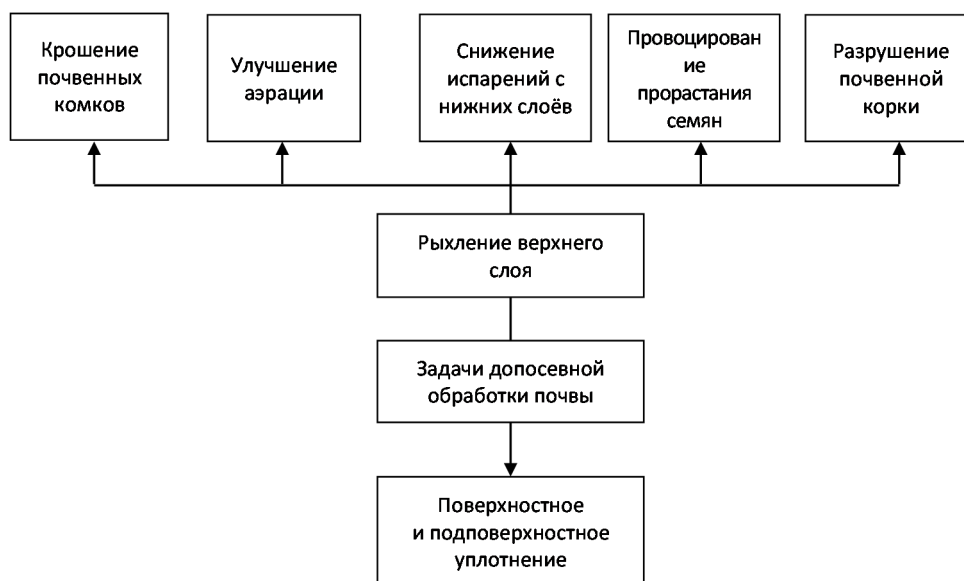


Рисунок 2 – Задачи допосевной обработки почвы

Боронование обеспечивает крошение, рыхление и выравнивание поверхности почвы, а также частичное уничтожение проростков и всходов сорняков. В результате боронования ранней весной снижается испарение влаги из нижележащих слоёв, усиливается аэрация, что создаёт благоприятные условия для прорастания семян сорняков. С этой целью использовались зубовые бороны БЗТС-1,0 со сцепкой С-11 в агрегате с гусеничным трактором ДТ-75 М, не образующими глубокой колеи. Боронование проводилось на глубину 0,03...0,05 м, бороновалось поле в два следа под прямым углом к направлению вспашки.

Сплошная культивация проводилась после появления проростков и всходов сорняков на глубину 0,12...0,14 м с одновременным выравниванием поверхности поля культиватором КПС-4, КПН-4Г. При культивации уничтожаются взошедшие сорные растения, подрезаются и уничтожаются отростки побегов многолетних растений, увеличивается доступ воздуха к нижерасположенным семенам сорняка, что вызывает их дополнительное прорастание.

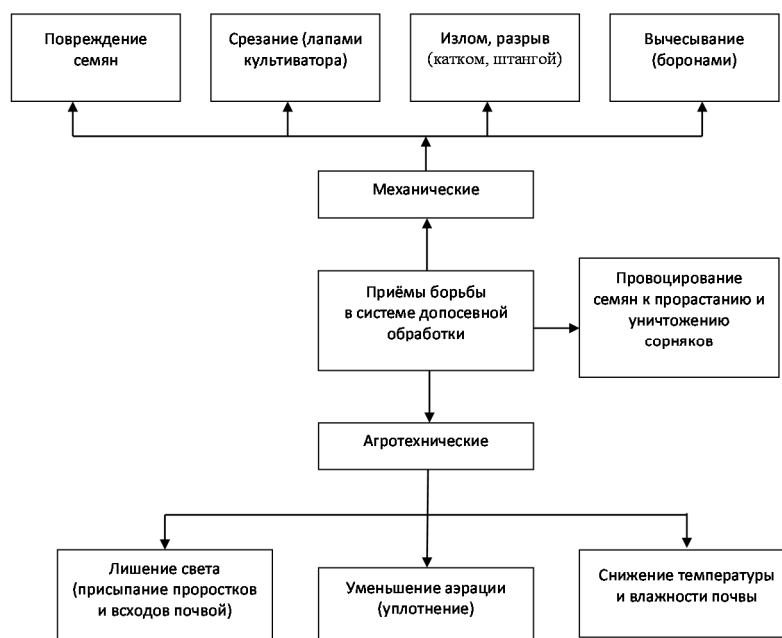


Рисунок 3 – Приёмы борьбы с сорняками при допосевной обработке почвы

С целью наибольшего сохранения влаги в почве и обеспечения раннего посева, весенняя обработка почвы должна быть минимальной. При первой возможности выхода в поле проводилось боронование с целью борьбы с прорастающими сорняками. При бороновании ранней весной снижается испарение влаги из нижележащих слоев, усиливается аэрация, что создает благоприятные условия для прорастания семян сорняков.

Боронование проводилось зубовыми боронами с универсальными сцепками в агрегате с гусеничным трактором, не образующим глубокой колеи.

Посев проводился согласно схеме опыта.

Для более равномерного прорастания семян проводилось прикатывание. Прикатывание способствует «подтягиванию» влаги, обеспечивает наилучшее прогревание почвы и способствует более быстрому прорастанию семян.

Культура лук наиболее чувствительна к засорению сорняками. Особенно опасным периодом считается 40...50 суток от появления всходов: в этот промежуток из-за сорняков более всего снижается урожай.

До посева проводилась дополнительная обработка посевного материала. Семена обрабатывались фунгицидно-инсектицидными препаратами «Престиж» и «Круизер», нормой 50 мл «Престиж» и 50 мл «Круизер» на 1 кг семян.

Химическая обработка посевов заключалась в следующих последовательных действиях и мероприятиях:

1. Послепосевная довсходовая обработка «внесение опрыскивателем» препаратом «Стомп 330», 3...4 л препарата на 300 литров воды на 1 га.

2. С поливной водой вносились внутрипочвенные объемы препарата («Маршал» или «Диазолин») нормой 2,5...3,0 кг на 1 га на 120 кубических метров воды на 1 га. Для борьбы с личинкой жука проволочника и первого поколения личинки луковой мухи. Повторное внесение проводилось через 30 суток или при выявлении начала лёта насекомого «луковая муха».

3. Послевсходовая обработка «стадия вегетации 3...5 листа» препаратом «Стомп 330» нормой 2 литра на 300 литров воды на 1 га. При признаках появления всходов однолетних двудольных сорняков в баковую смесь добавляли препарат «Гоал» нормой 100 мл на 1 га.

4. Для широкомасштабной борьбы с сорняками применялся препарат «Гоал» в дозировке 100...150 мл на 300 литров воды на 1 га через каждые 4...5 суток до получения надлежającego эффекта, но при наличии признаков угнетения культуры лука, обработка прекращалась.

5. В зависимости от складывающихся климатических условий, на основании данных мониторинга распространения вредителя трипс, систематически проводился комплекс мероприятий по сдерживанию и уничтожению вредителя системными и контактно-кишечными препаратами.

При понижении температуры воздуха в вечернее время ниже +25 градусов по Цельсию применялись препараты контактно-кишечного действия пиретроидной группы («Карате Зеон», «Альфа-циперметрин») в дозе 350 мл на 300 литров воды на 1 га.

При более высоких температурах применялись препараты системного действия, либо контактно-системные: «Эфория» 500 мл на 300 литров воды на 1 га, «Мовенто-Энерджи» 300 мл на 300 литров воды на 1 га, «Конфидор» в дозировках, указанных производителем.

Обработка против вредителя проводилась систематически в процессе всего периода вегетации при наличии трипса.

6. В стадии 5-ти листьев для стимулирования наращивания вегетативной массы, применялось опрыскивание препаратами, содержащими комплекс из микроэлементов и аминокислот: «Спидфол Марин» и «СпидфолАмино» нормой 1 литр на 300 литров воды на 1 га. Повтор производился однократно через 10 суток. Целесообразно проводить не более 2-х обработок.

7. В стадии активного прироста вегетативной массы производилась профилактическая обработка против грибковых заболеваний (серая вершинная гниль и пероноспороз), препаратами «Свич» 2 кг на 300 литров воды 1 га, «Фанданго» или «Луна транквилити» нормой 1 литр на 300 литров воды на 1 га.

8. При первых признаках появления совки применялся препарат «Белт», который уничтожает насекомое во всех стадиях его развития, нормой 300...400 мл на 600 литров воды на 1 га.

9. При первых признаках появления паутинного клеща применялся препарат «Оберон Рапид», который уничтожает вредителя во всех стадиях развития, в норме 600...800 мл на 600 литров воды на 1 га.

10. На стадии начала образования луковицы вносился в почву с поливной водой противобактериальный препарат «Фундазол» для борьбы против фузариоза нормой 2,5 кг на 120 кубических метров воды на 1 га. Препарат повторно вносился через 20 суток.

Необходимо проводить мониторинг на предмет действия препаратов и производить их коррекцию по применению и дозировкам и при выявлении вредителей вводить дополнительные обработки.

За период вегетации был проведен ряд внекорневых подкормок:

- первая подкормка производилась в целях снижения негативного воздействия гербицидов стимулятором роста – «Мегафол» или «Изобион» (2 л/га, по листу);

- вторая производилась в стадии начала активного роста вегетативной массы комплексным удобрением «Плантафол 20 : 20 : 20» (1 кг/га, по листу) + стимулятор «Мегафол» (2 л/га, по листу);

- третья обработка производилась в целях увеличения количества сухих веществ в луковице комплексным удобрением «Плантафол 5 : 15 : 45» (1 кг/га) + ускоритель деления клеток «Бенифит» (2 л/га, по листу), во всех случаях дозировка воды 300 литров на гектар.

В процессе вегетации поддерживалась влажность почвы 70...75 % от полной полевой влагоемкости (ППВ). В зависимости от роста и развития растения поливная норма увеличивалась от 60...80 метров кубических на га до 120...160 метров кубических на га. С учетом реально складывающихся погодных условий поливов за весь период вегетации производилось от 40 до 60, в зависимости от сроков спелости (ранний, средний, поздний), при вегетационной норме от 6-ти до 7,5 тысяч кубических метров на га.

Внесение минеральных удобрений производилось в течение всего периода вегетации методом фертигации в заданных объемах с целью получения планируемой урожайности. Для получения урожая 120 тонн с гектара товарного лука с учетом выноса минеральных веществ с урожаем, принимая во внимание естественные потери действующего вещества при фильтрации и испарении и учитывая возможность использования метода фертигации, распределялся расчетный объем удобрения на два периода: осенний – для фосфора и калия с внесением и последующей заправкой, и весенний – на период вегетации для азотных легкорастворимых удобрений. В нашем опыте внесено, в среднем за годы исследования, фосфора по 200...220 кг на га действующего вещества, калия – по 120...130 кг на га действующего вещества, азота – по 320...330 кг на га действующего вещества.

Заключение. Для внедрения в производство вышеизложенных предложений производитель должен выбрать модель выращивания товарного лука с учетом финансовых возможностей, обеспечивающих оптимальные условия и достаточные меры для успешной борьбы с сорняками, вредителями и болезнями при необходимом водном режиме.

При подборе гибридов лука необходимо учитывать и сопоставлять свои возможности с потребностями рынка. При этом иметь в виду схему:

- а) поле – потребитель – прямая поставка;

- б) поле – склад – потребитель;

- в) поле – склад – холодильник (охлаждение) – потребитель. При реализации этих схем цена может различаться двух-трехкратно, а от этого будет зависеть положительный или отрицательный итог работы товаропроизводителя в конкретный период.

Библиографический список

1. Галеев, Р.Р. Эффективность агротехнических приемов возделывания лука репчатого в однолетней культуре в лесостепи Западной Сибири [Текст] / Р.Р. Галеев, Я.Ф. Зизина // Вестник БГСХА. – 2014. – № 12. – С. 84–88.

2. Калмыкова, Е.В. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья [Текст] / Е.В. Калмыкова, Н.Ю. Петров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – №2. – С. 29-31.

3. Калмыкова, Е.В. Современные адаптивные технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья [Текст] / Е.В. Калмыкова, Н.Ю. Петров, В.Н. Павленко // Нива Поволжья. – 2017. – №4. – С. 82-88.
4. Калмыкова, Е.В. Продуктивность лука репчатого при применении регулятора роста Энергия-М [Текст] / Е.В. Калмыкова, Н.Ю. Петров, В.Б. Нарушев // Аграрный научный журнал. – 2018. – №2. – С.7-11.
5. Мойсевич, Н.В. Оптимизация технологических приемов выращивания семян лука репчатого [Текст] / Н.В. Мойсевич // Овощи России. – 2011. – № 2. – С.43–46.
6. Федяй, В.П. Механизация уборки лука в Приморье [Текст] / В.П. Федяй // Картофель и овощи. – 2015. – № 10. – С. 28.
7. Щедрин, В.Н. Особенности водопотребления овощных культур по периодам вегетации при орошении [Текст] / В.Н. Щедрин, В.А. Кулыгин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 28–31.
8. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении [Текст] / Е.В. Калмыкова, Н.Ю. Петров, О.В. Калмыкова, В.В. Зволинский // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1. – С. 51-58.
9. A guide for the cultivation of onion under controlled environment conditions [Tekst] / R. Macknight, J. Khosa, R. Lee, M. Shaw, J. McCallum // Hort Science. – 2018. - № 53(12). – P. 1746-1749.
10. Economic efficiency of onion culture under the influence of technological factors [Tekst] / D. Dan, D. Manin Ju. Barbuisita // Agricultura. – 2012. – vol. - 21 - №12. – P.17-24.
11. Effect of Cultivar and Cultivation Year on the Metabolite Profile of Onion Bulbs (*Allium cepa* L.) [Tekst] / C.Böttcher, A.Krähmer, M.Stürtz, S. Widder, H.Schulz // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2018. - № 66(12). – P. 3229-3238.
12. Pöhl, T. Impact of Cultivation Method and Cultivar Selection on Soluble Carbohydrates and Pungent Principles in Onions (*Allium cepa* L.) [Tekst] / T.Pöhl, R.Schweigge, R.Carle // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2018. - №66(48). - P. 12827-12835.
11. Sowing time and temperature influence bulb development in spring-sown onion (*Allium cepa* L.) [Tekst] / H. Ikeda, T.Kinoshita, T.Yamamoto, A.Yamasaki // Scientia Horticulturae. - 2019. - P. 242-248
10. Sudarmaji, A. Time based automatic system of drip and sprinkler irrigation for horticulture cultivation on coastal area [Tekst] / A.Sudarmaji, S.Sahirman, Y.Ramadhani. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. - 250(1). - P. 012074.
15. The yield and quality of varieties of garden onion cultivated in a one-year cycle, depending on growth regulators [Tekst] / R.R.Galeev, S.K.Vyshegurov, I.S.Samarin, V.S.Demshina, M.A.Gumel // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. - №10(4). – P. 907-910.

References

1. Galeev, R. R. Jefferktivnost' agrotehnicheskikh priemov vzdelyvaniya luka repchatogo v odnoletnej kul'ture v lesostepi Zapadnoj Sibiri [Tekst] / R. R. Galeev, Ya. F. Zizina // Vestnik BGSXA. - 2014. - № 12. - P. 84-88.
2. Kalmykova, E. V. Kompleksnye vodorastvorimye udobreniya v tehnologii vzdelyvaniya ovoschnyh kul'tur v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - №2. - P. 29-31.
3. Kalmykova, E. V. Sovremennye adaptivnye tehnologii vzdelyvaniya ovoschnyh kul'tur v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, V. N. Pavlenko // Niva Povolzh'ya. - 2017. - №4. - P. 82-88.
4. Kalmykova, E. V. Produktivnost' luka repchatogo pri primenenii regul'yatora rosta }nergiya-M [Tekst] / E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, V. B. Narushev // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2018. -- №2. - P. 7-11.
5. Mojseovich, N. V. Optimizaciya tehnologicheskikh priemov vyraschivaniya semyan luka repchatogo [Tekst] / N. V. Mojseovich // Ovoschi Rossii. - 2011. - № 2. - P. 43-46.
6. Fedyaj, V. P. Mehanizaciya uborki luka v Primor'e [Tekst] / V. P. Fedyaj // Kartofel' i ovoschi. - 2015. - № 10. - P. 28.

7. Schedrin, V. N. Osobennosti vodopotrebleniya ovoschnykh kul'tur po periodam vegetacii pri oroshenii [Tekst] / V. N. Schedrin, V. A. Kulygin // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2011. - № 2. - P. 28-31.

8. Jeffektivnye jelementy vozdeleyvaniya repchatogo luka pri kapel'nom oroshenii [Tekst] / E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, O. V. Kalmykova, V. V. Zvolinskij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 1. - S. 51-58.

Информация об авторах

Матвеева Наталья Ивановна, заведующая лабораторией инноваций и социального развития Федерального Государственного Бюджетного Научного Учреждения «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН», кандидат педагогических наук, (Астраханская область. Черноярский район, с. Соленое Займище, 416251, квартал Северный, д.8). **E-mail:** matni@mail.ru.

Петров Николай Юрьевич, руководитель научного центра инноваций и передовых технологий в АПК ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», доктор сельскохозяйственных наук, профессор (400002, г. Волгоград, Университетский проспект 26).

Зволинский Вячеслав Петрович, научный руководитель ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН», доктор сельскохозяйственных наук, профессор академик РАН (Астраханская область. Черноярский район, с. Соленое Займище, 416251, квартал Северный, д.8)

Зволинский Владимир Вячеславович, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект 26).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors state that there is no conflict of interest.

УДК 633.491 : 631.67 : 631.51

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-17

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОЛИВА И ОКУЧИВАНИЯ НА РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

INFLUENCE OF IRRIGATION METHODS AND HILLING ON POTATOES IRRIGATION MODE

А.А. Новиков, кандидат сельскохозяйственных наук

A.A. Novikov

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

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Дата поступления в редакцию 17.04.2019
Received 17.04.2019

Дата принятия к печати 14.06.2019
Submitted 14.06.2019

Представлены результаты полевых двухфакторных исследований по влиянию способов полива и обработки почвы на рост, развитие, урожайность, водопотребление картофеля и водно-физические свойства почвы. Представлены данные по распределению влаги в различных горизонтах почвы. Наиболее отвечает требованиям растений контур увлажнения, образующийся при поливе системами капельного орошения при окучивании с образованием гряды, при этом влага смыкается и образует сплошной увлажненный слой по всей гряде. Анализ данных по формированию корневой массы картофеля при разных способах полива и окучивания растений показывает, что максимальная масса корней сформировалась в вариантах с поливом системами капельного орошения как на грядах, так и в гребнях. Во всех вариантах около 50 % абсолютно сухой корневой массы картофеля формируется в верхнем 0-0,2 м слое почвы, где расположена основная масса верхних наиболее толстых корней. Проведенный в статье анализ поливного режима картофеля при различных способах орошения показывает значительное (в 4 раза) увеличение количества поливов

при капельном орошении по сравнению с поливом по бороздам и в 2,6 раза в сравнении с поливом дождеванием. При этом норма полива на капельном орошении меньше в 3,3 раза по сравнению с поливом дождеванием и в 4,5-4,6 раза – при поливе по бороздам. Обоснована высокая технологичность систем капельного орошения, способствующих промачиванию малого контура увлажнения при значительном снижении поливных норм.

The results of two-factor field studies on the influence of irrigation and tillage methods on the growth, development, yield, water consumption of potatoes and water-physical properties of the soil are presented in the article. Data on moisture distribution in different soil horizons are presented. The humidification contour, which is formed during irrigation by drip irrigation systems when hilling with the formation of a ridge, meets the requirements of the plants most of all, and the moisture is closed and forms a continuous, moistened layer throughout the ridge. Analysis of the data on the formation of the root mass of potatoes with different methods of irrigation and hilling of plants shows that the maximum mass of roots was formed in variants with irrigation systems of drip irrigation both on ridges and in ridges. In all variants, about 50 % of the absolutely dry root mass of potatoes is formed in the upper 0-0.2 m layer of soil, where the bulk of the upper thickest roots is located. In this paper, the analysis of the irrigation regime of potato under different irrigation methods shows a significant (4-fold) increase in the number of irrigations under drip irrigation compared with furrow irrigation, and 2.6 times in comparison with irrigation with sprinkler irrigation. In this case the norm of watering is drip irrigation less in 3,3 times in comparison with irrigation with irrigation and 4.5-4.6 times under furrow irrigation. Based on high technology drip irrigation systems that promote the wetting of the small loop dampening in a significant reduction of irrigation norms.

Ключевые слова: картофель, способы полива, режим орошения, способы окучивания.

Key words: potatoes, irrigation methods, irrigation regime, methods of hilling.

Цитирование. Новиков А.А. Влияние способов полива и окучивания на режим орошения картофеля. *Известия НВ АУК*. 2(54). 145-153. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-17.

Citation. Novikov A.A. Influence of irrigation methods and hilling on potatoes irrigation mode. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 145-153. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-17.

Введение. Обилие тепла, света, плодородные почвы на юге России позволяют получать высокую урожайность большинства сельскохозяйственных культур. Однако из-за недостатка естественного увлажнения, нерегулярного выпадения осадков, частых засуховеев получить планируемую урожайность можно только при освоении современных технологий орошения, которые восполняют создавшийся дефицит влаги в почве, регулируют микроклимат приземного слоя воздуха, устраняют природные катаклизмы в виде засухи, сглаживают стресс растений из-за недостатка влаги в почве. Поэтому технология орошения является одним из самых важных элементов возделывания сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях юга России, способных обеспечить устойчивое их производство, в т. ч. и картофеля, в годы с различной тепло-влажнообеспеченностью [1, 11, 9].

В научной литературе имеются сведения об исследованиях различных способов полива картофеля: дождеванием, поверхностным, внутрипочвенным, капельным и пр. [1, 3, 2, 4, 10, 15].

Каждый из способов полива имеет положительные и отрицательные свойства по технологии полива, по влиянию на особенности роста, развития и урожайности растений, подачи и распределения воды в почве.

Дождевание наиболее приближено к естественному процессу увлажнения почвы путем создания дождевого облака с определенными свойствами и качеством дождя: интенсивностью, размерами капель, энергетическими показателями капель, иногда способными разрушать структуру и размывать почву.

Поверхностные способы полива, например по бороздам, подают оросительную воду в борозды, из которых вода впитывается в дно и боковые откосы гребня, поднимается в силу капиллярного натяжения почвы к вершине гребня и тем самым увлажняет почву и создает запасы влаги в почве.

Системы капельного орошения считаются одними из самых перспективных и современных способов полива. Распределение и подача воды в почву осуществляется капельными линиями с капельницами различных конструкций и расходов, которые образуют под капельницей контур увлажнения определенной формы в зависимости от гранулометрического состава почвы.

Технологии возделывания картофеля, особенно при орошении, для получения высокой урожайности должны предусматривать использование современной экологически безопасной техники как за рубежом [14, 12, 15, 13], так и рекомендованной в России [5, 6, 7, 8] для обеспечения ресурсосбережения и эффективности возделывания культуры [6, 11, 7, 13].

Однако большинство исследований проводилось с каким-либо одним или двумя способом полива в сочетании с другими элементами технологии возделывания картофеля (различными сортами, дозами удобрениями, системой подготовкой почвы, стимуляторами роста и др.) [2, 4, 5, 11].

Другим важным элементом технологии возделывания картофеля является способ окучивания растений, который связан с необходимостью применения различных механизированных технологий и систем машин [7], изучения контуров увлажнения и распределения влаги в почве [1, 7, 13] для создания более благоприятных условия для роста и развития растений картофеля. В связи этим была поставлена цель – изучить в двухфакторном полевом опыте влияние трех способов полива (фактор А): дождевание, поверхностный по бороздам и систему капельного орошения и двух способов окучивании картофеля (фактор Б) в фазу всходов с формированием гребня и гряды на рост, развитие, урожайность, водопотребление картофеля весеннего срока посадки и водно-физические свойства почвы.

Материалы и методы. Исследования проводили в ООО «Маяк» Семикаракорского района Ростовской области в 2009-2011 годах по общепринятым методикам закладки полевых опытов Б.А. Доспехова. Размещение вариантов двухфакторного опыта – систематическое в три яруса в трехкратной повторности. Почвы опытного участка представлены южными среднесиловыми черноземами, содержание гумуса 3,8...4,5 %, высоко обеспечены калием, средне – фосфором и легкогидролизуемым азотом. Водно-физические свойства почвы в пахотном слое 0...0,3 м имеют следующие показатели: плотность сложения – 1,3 т/м³, скважность – 48,2 %, влажность завядания – 14,7 %, наименьшая влагоемкость – 29,1 % от веса абсолютно сухой почвы. При проведении исследований водно-физических свойств почвы использовали общепринятые методики Б.А. Доспехова, А.Ф. Вадюниной, З.А. Корчагиной.

За годы исследований сумма температур за апрель – сентябрь составила в 2009 году – 3449,4 °С, в 2010 году – 3856,9 °С, в 2011 году – 3604,5 °С. За вегетационный период выпало осадков: в 2009 году 226,7 мм, в 2010 году – 305,2 мм и в 2011 году – 370,5 мм. По гидротермическому коэффициенту по Г.Т. Селянинову годы характеризуются как: 2009 год ГТК = 0,63 – засушливый, 2010 год – 0,59 – сухой, 2011 год – 0,85 – влажный.

Технология возделывания картофеля соответствовала рекомендациям зональных систем земледелия Ростовской области. Расчетные дозы удобрений вносились на планируемую урожайность 70 т/га.

Наблюдения в динамике за влажностью почвы производили термостатно-весовым методом. Во всех вариантах выдерживали порог увлажнения 80 % НВ в слое почвы 0-0,6 м. Полив производили: дождеванием – ДМ ДДА-100 ВХ, поверхностный – по тупым глубоким бороздам системы капельного орошения промышленного изготовления НЕТАФИМ. Учет воды производили: при дождевании водоучитывающим прибором ВД-180, установленным на ДДА-100ВХ; при капельном орошении – прибором, установленным на входе на опытный участок капельного орошения; при поливе по бороздам (после окучивания дно укрывалось перфорированной пленкой) подача воды на делянки осуществлялась из гибкого трубопровода (лефлейта) системы капельного орошения. Поливные нормы при орошении дождеванием и по бороздам определяли по А.Н. Костякову. При поливе системами капельного орошения поливная норма определялась с учетом локального увлажнения почвы.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что различные способы полива по-разному влияют на особенности распределения влаги в почве и в связи с этим на рост и развитие растений. Распределение влаги в почве определялось в поперечных относительно рядка профилях почвы по различным горизонтам почвы и при различном удалении от рядка высаженного картофеля. Этот вопрос особенно интересен, когда можно сравнить в одних и тех же условиях сразу три способа полива: дождеванием, по бороздам и системами капельного орошения и два способа окучивания картофеля: с образованием гребня или гряды. По полученным фактическим данным полевого опыта были построены контуры увлажнения, представленные на рисунке 1.

Наблюдения и анализ данных показали, что при поливе дождеванием часть влаги впитывается в гребень, но большая часть (до 70 %) стекает с откосов в борозды, образованные при окучивании картофеля, впитывается в дно борозды и в боковые откосы гребней, и уже оттуда происходит капиллярный подъем влаги и увлажнение верхнего слоя почвы в гребне (контур 1 А, а). Это подтверждают изолинии контура увлажнения с влажностью более 100 и 90 % НВ, большая площадь сечения профиля которого находится не в самом гребне, как того требует технология орошения дождеванием и потребность растений, а в борозде, куда стекает и впитывается влага и затем по капиллярам перераспределяется по всему профилю.

По-другому распределяется влага в почве при поливе дождеванием по сформированным при окучивании грядам. Ширина гряды 1,05 м способствует впитыванию большей доли дождя поверхностью широкой гряды, и только часть воды (около 30 %) стекает с откосов гряды в борозду. Как видно на рисунке (контур 1 А, б), влажность почвы в самой гряде более высокая по сравнению с гребнями и она более равномерно распределена по глубине и ширине гряды, что создает более благоприятные условия для жизнедеятельности растений. При поливе по бороздам основная доля влаги впитывается в дно борозды и в боковые откосы гребня или гряды и перераспределяется в почве силами капиллярного подъема. Контуры увлажнения при поливе по бороздам, приведенные на рисунке 1 Б, а и 1 Б, б, показывают, что влага, поступающая из соседних борозд, смыкается под гребнем и грядой и по капиллярам поднимается в верхние слои почвы.

При поливе системами капельного орошения контур увлажнения имеет шарообразную форму (контуры 1 В, а и 1 В, б), характерную для тяжелосуглинистых и глинистых почв, однако если при поливе по гребням распределение влаги от места «капания» ограничивается по бокам откосами гребня, то при окучивании с образованием гряды влага смыкается и образует сплошной увлажненный слой по всей гряде, более отвечающий требованиям растений.

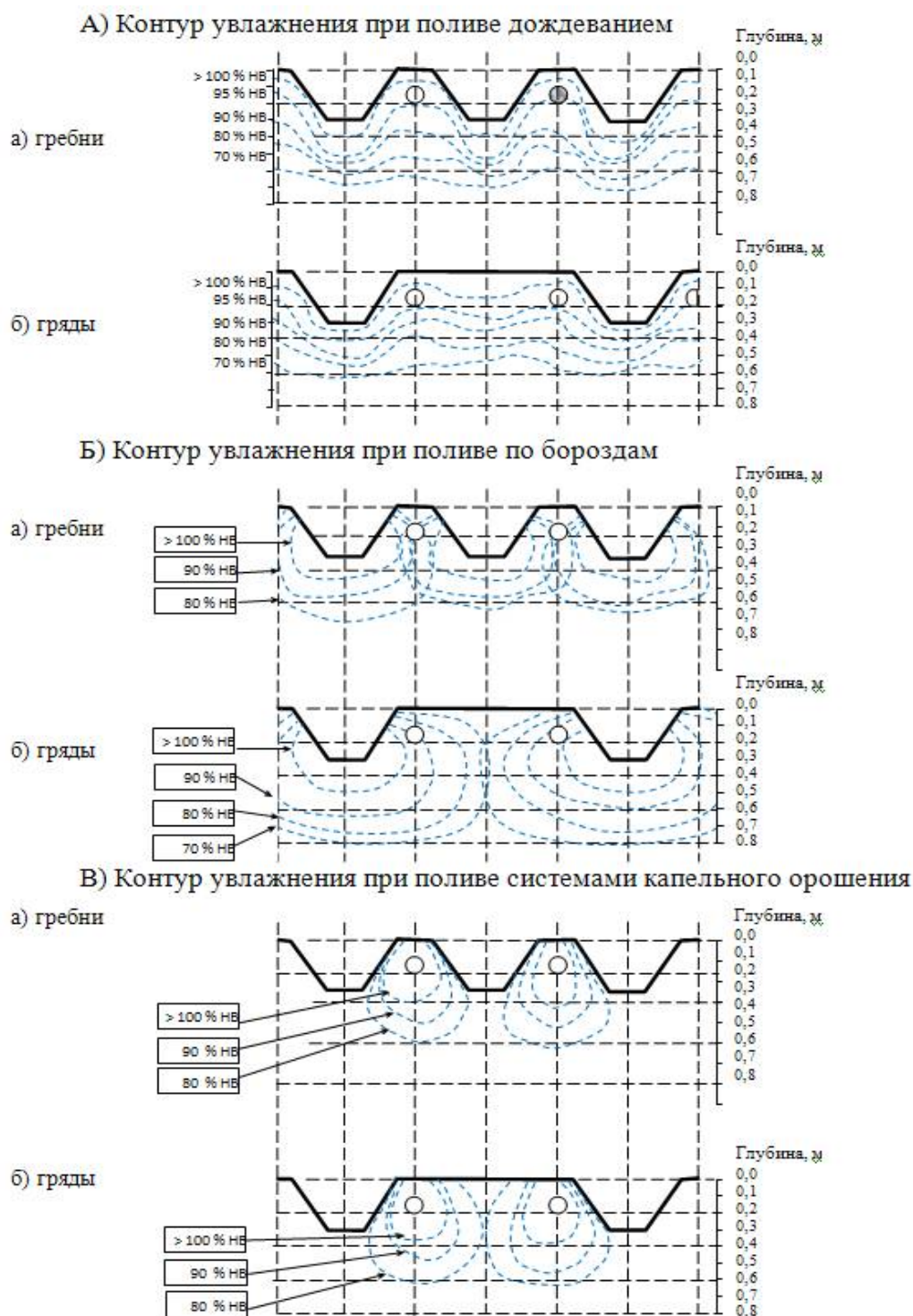


Рисунок 1 – Фактические профили увлажнения почвы (южный чернозем тяжелосуглинистый) при различных способах полива (средние данные за 2009...2011 годы)

Одним из показателей, отображающих влияние способов полива на развитие картофеля, является масса и распределение корней по профилю почвы (рисунок 2).

Анализ данных показывает, что наибольшая масса корней была в вариантах с поливом системами капельного орошения в вариантах с применением капельного орошения – по 423 г/м² и 410 г/м² соответственно, против 307 г/м² на контроле. Во всех ва-

риантах около 50 % абсолютно сухой корневой массы картофеля формируется в верхнем 0...0,2 м слое почвы, где расположена основная масса верхних наиболее толстых корней. Так, в вариантах на капельном поливе в верхнем 0...0,2 м слое почвы расположено 218 и 224 г/м² или 51,5 % и 54,6 % соответственно. Там же, в слое 0,2...0,4 м, располагалось 39,2...40,5 % корней и только 5...9 % – в слое 0,4...0,6 м. Таким образом, основная масса корней (более 90 %) во всех вариантах располагается в слое 0...0,4 м.

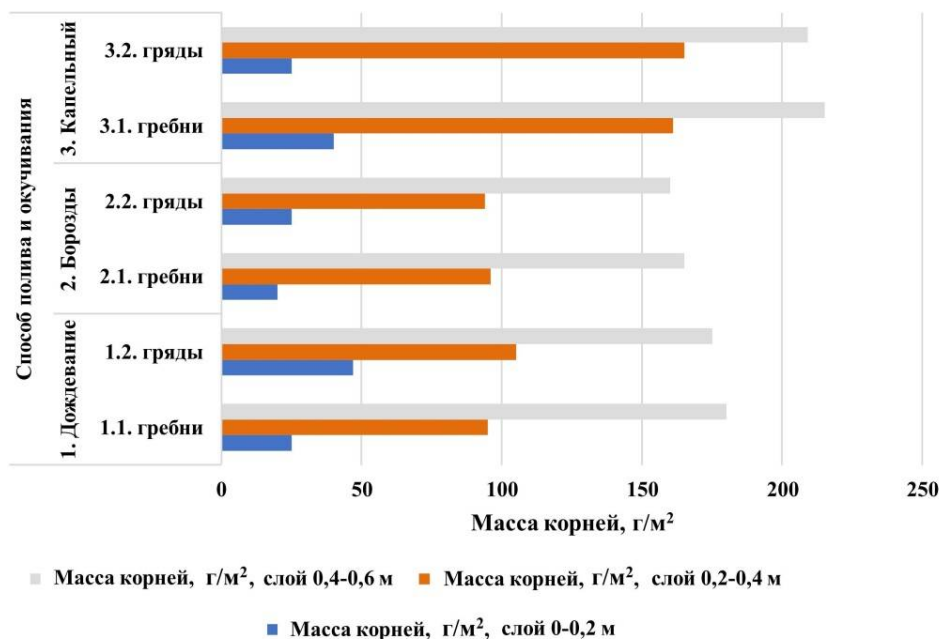


Рисунок 2 – Формирование корневой массы картофеля при разных способах полива и окучивания растений (средние данные за 2009...2011 годы)

Для соблюдения заданного порога влажности почвы (80 % НВ) на вариантах проводили различное количество поливов и в разные сроки. В зависимости от условий увлажнения года режим орошения был разный: изменялись сроки полива, поливные и оросительные нормы, продолжительность поливного сезона (таблица 1).

Таблица 1 – Поливной режим картофеля при различных способах полива (средние данные за 2009...2011 годы)

Способ полива (фактор А)	Способ окучивания (фактор В)	Поливной режим картофеля (средние данные за 2009-2011 годы)			
		кратность поливов, шт.	средняя поливная норма, м ³ /га	оросительная норма, м ³ /га	продолжительность поливного периода, сут.
1 Дождевание (К)	1.1 гребни	6,3	420	2660	74
	1.2 гряды	6,3	420	2660	71
2 Борозды	2.1 гребни	4,3	600	2590	69
	2.2 гряды	4,3	580	2510	64
3 Капельный	3.1 гребни	16,7	130	2180	80
	3.2 гряды	15,3	130	1940	77

Исследования показали, что при поливе дождеванием на вариантах при поливе дождеванием (контроль) в среднем за три года (2009...2011 годы) кратность поливов составила 6,3 шт. при средней поливной норме 420 м³/га и оросительной норме 2660 м³/га, продолжительность поливного сезона составила 71...74 сутки.

При поливе по бороздам в вариантах 2.1 и 2.2 поливная норма увеличивается по сравнению с контролем до 580...600 м³/га, но сокращаются кратность полива с 6,3 до 4,3 шт. и оросительная норма до 2590...2510 м³/га соответственно.

Система капельного орошения предполагает подачу воды малыми поливными нормами в среднем по 130 м³/га против 420 м³/га на контроле, поэтому для поддержания заданного порога увлажнения (80 % НВ) кратность полива увеличилась до 16,7 и 15,3 шт., но уменьшилась оросительная норма с 2660 до 2180 и 1940 м³/га соответственно. Снижению поливной нормы способствовало уменьшение испарения с увлажненной поверхности почвы в связи с локальным увлажнением и то, что увлажняется не вся поверхность почвы как при дождевании, а только ее часть непосредственно под капельницей.

Закключение. Данные по влиянию способов окучивания на режим орошения показали, что при поливе системами капельного орошения и окучивании с образованием гряды уменьшились по сравнению с гребнями: кратность поливов с 16,7 до 15,3 шт.; оросительная норма – с 2180 до 1940 м³/га и продолжительность поливного периода на 3 дня. При поливе по бороздам также уменьшилась оросительная норма на 40 м³/га и сократился поливной период на 5 суток при формировании гряды.

Количество поливов при капельном орошении было проведено в 4 раза больше, чем при поливе по бороздам, и в 2,6 раза, чем при дождевании, но с меньшей поливной нормой. Системы капельного орошения являются высокотехнологичными способами полива, которые позволяют снижать поливные нормы за счет промачивания малого контура увлажнения, но очень требовательны к соблюдению сроков полива, ибо пропуск одного-двух поливов может привести к значительному недобору урожая из-за малых запасов воды в увлажненном контуре.

Библиографический список

1. Бабичев, А.Н. Технологические подходы к нормированию режимов орошения и аппарат прогнозирования водопотребления картофеля в условиях поймы Нижнего Дона [Текст] / А.Н. Бабичев, В.И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 2 (22). – С. 148-165.
2. Бутов А.В. Урожай и качество картофеля при различных дозах удобрений в условиях капельного орошения [Текст] / А.В. Бутов, А.А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 2 (41). – С. 125-131.
3. Влияние режима орошения и доз удобрений на продуктивность картофеля летней посадки в Нижнем Поволжье [Текст] / В.В. Бородычев, Т.Н. Дронова, А.А. Дергачев, И.А. Дергачева // Плодородие. – 2017. – № 1 (94). – С. 14-16.
4. Дубенок, Н.Н. Капельное орошение летних посадок картофеля в Нижнем Поволжье [Текст] / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (68). – С. 52-55.
5. Засорина, Э.В. Агробиологическая оценка сортов картофеля в условиях засушливых годов при орошении [Текст] / Э.В. Засорина, А.И. Оксененко, Т.В. Курицкая // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 45-49.
6. Зинковская, Т.С. Продуктивность картофеля и баланс элементов питания при удобрении и орошении осушаемой дерново-подзолистой почвы [Текст] / Т.С. Зинковская, Н.Г. Ковалев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 4 (47). – С. 47-50.
7. Кулыгин В.А. Способы основной обработки почвы при возделывании картофеля [Текст] / В.А. Кулыгин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 3 (15). – С. 16-26.
8. Мелихов, В.В. Капельное орошение и удобрение раннего картофеля [Текст]: монография / В.В. Мелихов, А.А. Новиков. – Волгоград: ООО «СФЕРА», 2017. – 232 с.
9. Никифоров, С.В. Выращивание картофеля при мелкодисперсном орошении с применением биостимуляторов [Текст] С.В. Никифоров, Е.И. Кузнецова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. 39. – С. 159-162.

10. Технологии возделывания картофеля в степной и лесостепной зонах Южного Урала в условиях орошения [Текст] / Н.Н. Дубенок, А.А. Мушинский, А.А. Васильев, Е.В. Герасимова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 7. – С. 71-74.
11. Эффективность возделывания картофеля при орошении в степной зоне Урала [Текст] / И.П. Кружилин, Н.Н. Дубенок, А.А. Мушинский, А.П. Несват // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2015. – № 1-2. – С. 23-26.
12. Eissa M.A. Efficiency of P Fertigation for Drip-Irrigated Potato Grown on Calcareous Sandy Soils [Tekst] / M.A. Eissa // Potato Research. – 2019. – Vol. 62. – Issue 1. – P. 97-108.
13. Gebremariam, H.L. Optimizing yield and water use efficiency of furrow-irrigated potato under different depth of irrigation water levels [Tekst] / H.L. Gebremariam, K. Weide, K.D. Kahsay // Sustainable Water Resources Management. – 2018. – Vol. 4. – Issue 4. – P. 1043-1049.
14. Martinez-Romero, A. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions [Tekst] / A. Martinez-Romero, A. Dominguez, G. Landeras // Agricultural Water Management. – 2019. – Vol. 216. – P. 164-176.
15. Soil Water Dynamics of Shallow Water Table Soils Cultivated With Potato Crop [Tekst] / Ribeiro da Silva A.L. Biscaia, H.T. Hashiguti, L. Zotarelli et al. // Vadose Zone Journal. – 2018. – Vol. 17. – Issue 1. – Number of article 180077.

Reference

1. Babichev, A. N. Tehnologicheskie podhody k normirovaniyu rezhimov orosheniya i apparat prognozirovaniya vodopotrebleniya kartofelya v usloviyah pojmy Nizhnego Dona [Tekst] / A. N. Babichev, V. I. Ol'garenko // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2016. - № 2 (22). - P. 148-165.
2. Butov A. V. Urozhaj i kachestvo kartofelya pri razlichnyh dozah udobrenij v usloviyah kapel'nogo orosheniya [Tekst] / A. V. Butov, A. A. Mandrova // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. - 2016. - № 2 (41). - P. 125-131.
3. Vliyanie rezhima orosheniya i doz udobrenij na produktivnost' kartofelya letnej posadki v Nizhnem Povolzh'e [Tekst] / V. V. Borodychev, T. N. Dronova, A. A. Dergachev, I. A. Dergacheva // Plodorodie. - 2017. - № 1 (94). - P. 14-16.
4. Dubenok, N. N. Kapel'noe oroshenie letnih posadok kartofelya v Nizhnem Povolzh'e [Tekst] / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 6 (68). - P. 52-55.
5. Zasorina, Je. V. Agrobiologicheskaya ocenka sortov kartofelya v usloviyah zasushlivykh godov pri oroshenii [Tekst] / Je. V. Zasorina, A. I. Oksenenko, T. V. Kurickaya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2015. - № 4. - P. 45-49.
6. Zinkovskaya, T. S. Produktivnost' kartofelya i balans jelementov pitaniya pri udobrenii i oroshenii osushaemoj dernovo-podzolistoj pochvy [Tekst] / T. S. Zinkovskaya, N. G. Kovalev // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - 2015. - № 4 (47). - P. 47-50.
7. Kulygin V. A. Sposoby osnovnoj obrabotki pochvy pri vzdelyvanii kartofelya [Tekst] / V. A. Kulygin // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2014. - № 3 (15). - P. 16-26.
8. Melihov, V. V. Kapel'noe oroshenie i udobrenie rannego kartofelya [Tekst]: monografiya /V. V. Melihov, A. A. Novikov. - Volgograd: OOO "SFERA", 2017. - 232 p.
9. Nikiforov, S. V. Vyraschivanie kartofelya pri melkodispersnom oroshenii s primeneniem biostimulyatorov [Tekst] S. V. Nikiforov, E. I. Kuznecova // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. - 2014. - T. 39. - P. 159-162.
10. Tehnologii vzdelyvaniya kartofelya v stepnoj i lesostepnoj zonah Yuzhnogo Urala v usloviyah orosheniya [Tekst] / N. N. Dubenok, A. A. Mushinskij, A. A. Vasil'ev, E. V. Gerasimova // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2016. - T. 30. - № 7. - P. 71-74.
11. Jefferktivnost' vzdelyvaniya kartofelya pri oroshenii v stepnoj zone Urala [Tekst] / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, A. A. Mushinskij, A. P. Nesvat // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. - 2015. - № 1-2. - P. 23-26.
12. Eissa M.A. Efficiency of P Fertigation for Drip-Irrigated Potato Grown on Calcareous Sandy Soils [Tekst] / M.A. Eissa // Potato Research. – 2019. – Vol. 62. – Issue 1. – P. 97-108.

13. Gebremariam, H.L. Optimizing yield and water use efficiency of furrow-irrigated potato under different depth of irrigation water levels [Tekst] / H.L. Gebremariam, K. Weide, K.D. Kahsay // Sustainable Water Resources Management. – 2018. – Vol. 4. – Issue 4. – P. 1043-1049.

14. Martinez-Romero, A. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions [Tekst] / A. Martinez-Romero, A. Dominguez, G. Landeras // Agricultural Water Management. – 2019. – Vol. 216. – P. 164-176.

15. Soil Water Dynamics of Shallow Water Table Soils Cultivated With Potato Crop [Tekst] / Ribeiro da Silva A.L. Biscaia, H.T. Hashiguti, L. Zotarelli et al. // Vadose Zone Journal. – 2018. – Vol. 17. – Issue 1. – Number of article 180077.

Информация об авторе

Новиков Алексей Андреевич, временно исполняющий обязанности директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7698-8268>. E-mail: novikov@riagro.ru.

УДК 536.7:634.93

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-18

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ

THERMODYNAMIC ASSESSMENT OF CHERNOZEMS FOREST RECLAMATION

Г.А. Рулев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.С. Рулев², доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

О.В. Рулева¹, доктор сельскохозяйственных наук

G.A. Rulev, A.S. Rulev¹, O.V. Ruleva¹

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

²ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

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

²*Volgograd State University*

Дата поступления в редакцию 26.03.2019
Received 26.03.2019

Дата принятия к печати 13.05.2019
Submitted 13.05.2019

Для управления биопродуктивностью агролесосистем главной задачей является изучение энергетических потоков веществ как в самом агролесоландшафте, так и в его компонентах, в частности почвах. В связи с этим возникла потребность в разработке методики изучения и оценки термодинамики почв. Актуальность исследований связана с возможностью изучения термодинамических характеристик в почвах и конкретно в гумусе, в виде энтальпии, свободной энергии Гиббса, энтропии. Изучались также черноземы легкого гранулометрического состава, сформированные на покровных гидрослюдисто-монтмориллонитовых породах. Методической основой исследований являлись работы В. Р. Волобуева, В. А. Ковды, А. Г. Назарова. Они предложили использовать показатели валового, химического анализа минеральной части и гумуса почвы для расчетов энтальпии, свободной энергии Гиббса и энтропии. Повышение плодородия лесомелиорированных почв в значительной мере связано с формированием органического вещества под лесной подстилкой. Особенно большие запасы подстилки находятся под лесными полосами сложного состава и плотной конструкции. На водораздельных элементарных геохимических ландшафтах под лесными полосами мощность гумусового горизонта в 1,2...1,5 раза выше, чем на открытой территории с максимумом влияния. Влияние защитных лесных насаждений, и прежде всего его термодинамические характеристики выражаются через энтальпию гумуса. Энтальпия гумуса под лесными полосами превышает в 1,2...1,5 раза данные на пашне, причем максимальное значение приходится на водораз-

дельные участки элементарных ландшафтов. Почвомелиорирующая роль лесных полос подтверждается данными, полученными при расчете термодинамических характеристик гумуса, снижении энергии энтропии. Степень уменьшения энтропии проявляется в системе элементарного геохимического ландшафта на всех рассматриваемых почвах. Причем, по нашим данным, наибольший эффект лесомелиорации проявляется на водораздельной части ландшафта, если оценивать биологическую составляющую органического вещества и ее энтропию. В этом случае наибольший удельный вес в энтропии проявляется за счет внешних процессов. При выполнении условия дополнения вещества почвы механической аккумуляцией к процессу биологической, с расположением защитных лесных полос поперек склона, процесс энтропии протекает по алгоритму действия ЛП на склоне (diS), близкое по показателям как на водораздельной территории. В условиях супераквального элементарного геохимического ландшафта еще ниже. В таких условиях на подчиненных элементарных ландшафтах возрастает эффективность лесомелиорации, изменение энтропии ($ds = 0,58-0,67$ против $0,73$ на контроле).

To control the bioproductivity of agroforestry systems, the main task is to study the energy flows of substances both in the agro-forest-landscape itself and its components, in particular, the soil. In this regard, the need arose to develop a methodology for studying and evaluating soil thermodynamics. The relevance of the research is related to the possibility of studying the thermodynamic characteristics, in soils and specifically in humus, in the form of enthalpy, Gibbs free energy, entropy. Also studied were chernozems of light granulometric composition, formed on cover hydromica-montmorillonite rocks. The methodological basis of the research was the work of V. R. Volobuev, V. A. Kovdy, A. G. Nazarov. They suggested using indicators of the total chemical analysis mineral part and soil humus for calculating the enthalpy, Gibbs free energy and entropy. Improving the fertility of forest-reclaimed soils is largely associated with the formation of organic matter under the forest floor. Especially large stocks of litter are under the forest stripes of complex composition and dense structure. On the watershed elementary geochemical landscapes under forest belts, the humus horizon is 1.2–1.5 times higher than in an open area with a maximum effect. The influence of protective forest stands, first of all, its thermodynamic characteristics are expressed through the enthalpy of humus. The enthalpy of humus beneath the forest belts is 1.2–1.5 times higher than the data on arable land, with the maximum value occurring in the watershed areas of elementary landscapes. The soil-ameliorative role of forest belts is confirmed by the data obtained when calculating the thermodynamic characteristics of humus, reducing the entropy energy. The degree of entropy reduction manifests itself in the system of elementary geochemical landscape on all the soils considered. Moreover, according to our data, the greatest effect of forest reclamation appears on the watershed of the landscape, if we evaluate the biological component of organic matter and its entropy. In this case, the largest share in the entropy is manifested due to external processes. When the condition of the addition of soil substance by mechanical accumulation to the biological process is fulfilled, the location of the protective forest belts across the slope, the entropy process proceeds according to the algorithm of the LP on the slope (diS), which is close in terms of the watershed area. In the conditions of the supraequal elemental geochemical landscape is even lower. In such conditions on the subordinate elementary landscapes, the efficiency of forest reclamation increases the change in entropy ($ds = 0.58-0.67$ versus 0.73 in the control).

Ключевые слова: термодинамика, лесомелиорация, гумус, органическое вещество почвы, энтальпия, энтропия.

Key words: thermodynamics, forest reclamation, humus, soil organic matter, enthalpy, entropy.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-016-00165 «Геоинформационные технологии прогнозирования состояния и управления агролесосистемами»

Цитирование. Рулев Г.А., Рулев А.С., Рулева О.В. Термодинамическая оценка лесомелиорации черноземов. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 153-161. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-18.

Citation. Rulev G.A., Rulev A.S., Ruleva O.V. Thermodynamic assessment of chernozem forest reclamation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 153-161. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-18.

Введение. С целью управления биопродуктивностью агроландшафта главной задачей является изучение энергетических потоков и преобразование вещества как в самом агроландшафте, так и в его компонентах (почва, древостой, лесные полосы, агроценозы, приземный слой атмосферы). Требуется изучение и анализ потенциала естественных и антропогенных почвенных ресурсов, оценка направленности энергетических потоков в них и расчет их интенсивности. В связи с этим возникла потребность в разработке методики изучения и оценке термодинамики почв в агролесосистемах.

С позиции термодинамики, почва – это открытая, многокомпонентная, гетерогенная система, в которой происходят необратимые термодинамические процессы. По словам В.А. Ковды (1973), расчет сложных энергетических систем, к которым относится и почва, очень трудоемкий многоступенчатый процесс. Но, как и в других сложных системах, в этом есть и плюсы. В почве можно выделить отдельные энергетические подсистемы, в которых при определенных допущениях можно применить термодинамические подходы и принципы.

В последнее время подход, основанный на изучении превращения энергии в природных экосистемах с использованием термодинамики, приобрел большую популярность [3, 5, 7]. Распространяется он и на почвообразование. Так как гумус в этих исследованиях является основной характеристикой агрономической ценности почв, изучение энергетических характеристик гумуса и его количественных составляющих встречается в последнее время довольно часто, что свидетельствует о значимости этого показателя, как геохимического аккумулятора энергии Солнца, содержащего $n \cdot 1020$ ккал энергии [12].

Актуальность исследований связана с возможностью изучения энергетических процессов, происходящих в почвах и заключенных конкретно в гумусе, представляющих термодинамические характеристики в виде энтропии и свободной энергии Гиббса, энергии кристаллических решеток минералов, рассматриваемые для оценки и потенциальной способности подстилающих пород к почвообразованию. Все работы в этом направлении направлены на разработку действенных мер по стабилизации, сохранению и восстановлению плодородия почв. Вопросы изучения почвообразования, связанные с энергетикой, получили продолжение в изучении процессов гумификации растительной массы при выявлении соотношения затрат энергии на образование почвы и опада.

Плодородие почв Волгоградской области по ее основному показателю – гумусному состоянию пахотных земель – можно отнести между оптимальным и критическим. Несмотря на спад сельскохозяйственного производства, процессы дегумификации, агроистощения продолжаются. По данным ВНИАЛМИ, потери в пахотном слое почвы гумуса составили 0,14-0,46 % или 4,00-12,14 т/га (Кретинин, 2003). Более того, сравнительный анализ плодородия целинных почв позволяет заключить, что за период активного земледельческого освоения края они выше в 1,5-3,5 раза.

Лесные полосы являются активным биологическим фактором накопления органических и минеральных веществ в почве. Около 80 % листового опада деревьев и кустарников в полевых продуваемых лесных полосах выносятся на поля, что составляет в зоне до 4 Н-1-3 т/га. Под лесонасаждениями формируются биогеоценотический горизонт лесной подстилки и лесные аналоги степных почв. Абиотическая роль лесонасаждений выражается в отложении продуктов смыва и дефляции почв.

Исследований по агролесомелиорации почв в Волгоградской области выполнено достаточно много, однако лишь в отдельных работах обсуждаются материалы по энергетике почвообразования.

Методики энергетической оценки аккумулирующих веществ в почве – разнообразные и приближенные в расчетах. О накоплении энергии в гумусе, лесной подстилке судят по количественному содержанию углерода. Энергетическая оценка валовых форм

питательных веществ в почве, лесной подстилке проводится по Крамеру (Кретинин, 2003) по аналогии с затратами энергии на производство азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Из факторов плодородия наиболее энергоемким является гумус. Почти на порядок меньше валового азота накапливалось энергии от прибавок. Показатели по прибавкам фосфора более чем на порядок меньше по сравнению с азотом. Энергоемкость лесной подстилки больше, чем по фосфору. Более активно накапливалась энергия в почвах под лесными полосами и несколько меньше в лесомелиорированных пахотных почвах (Назаров, 2004). Относительно много накопилось энергии в лесоаграрном ландшафте.

Сложности при использовании в исследованиях термодинамического подхода связаны с недостатком экспериментальных данных по термодинамическим параметрам почвенных структур. Причем при получении этих данных они могут значительно отличаться от справочных материалов, т.к. в природных экосистемах сложно найти чистые с химической точки зрения окристаллизованные соединения. Помимо этого, данных, например, по некоторым смешаннослойным минералам, органоминеральным соединениям и ряда гумусовых кислот не получено, следовательно, невозможно рассчитать их термодинамические характеристики [3, 2, 4].

Тем не менее, термодинамический подход, основанный на расчетах и математических моделях, полученных с помощью химических реакций в почвоведении, получает все большее распространение. Правильность выбранного направления подтверждается на конкретных примерах при обработке экспериментальных данных, совпадающих с рассчитанными величинами по термодинамическим моделям. Это подтверждает адекватность выбора термодинамических констант и доминирующих химических соединений.

Материалы и методы. Ключевым участком при изучении термодинамических характеристик под влиянием лесных полос в ландшафте был взят полигон на территории Волгоградской области в 30 км на северо-восток от г. Михайловка на маломощном черноземе в пределах Хоперско-Бузулукской равнины. Он включает серию элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ) [1, 2] как межбалочный водораздел, склон крутизной до 2° на северо-восточной экспозиции и надпойменная терраса, связанные единой миграционной цепью.

На территории преобладают южные черноземы легкого гранулометрического состава, слабосмытые, сформированные на покровных гидрослюдистомонтмориллонитовых породах. В геохимическом отношении с ними сопряжены лугово-черноземные почвы в районе р. Тишанка на надпойменной террасе. На 2 профилях: открытом (для лесных полос) и с четырьмя рядами полос, полностью соответствующих друг другу по геоморфологическим условиям и пересекающих вышеперечисленные ЭГЛ, расположены тестовые участки, попарно адекватные по положению в ландшафте, предусматривающие отбор почвенных образцов в разрезах.

Лесные полосы плотные, 4-6-рядные, 40-летнего возраста, смешанного состава. Расстояние между полосами 400-500 метров.

Методической платформой послужили работы В.Р. Волобуева (1974), В.А. Ковды (1973), А.Г. Назарова (2004), в которых рассматриваются подходы к термодинамической оценке свойств химических веществ, а также почв. В исследованиях рассчитываются запасы энергии, аккумулированные в ряде генетических типов почв, авторы устанавливают связь между относительной величиной энергии биологического круговорота и запасами гумуса в почве. Так, В.Р. Волобуевым (1974) была предложена методика для расчетов минеральной части почвы как суммы оксидов при оценке термодинамических показателей. Помимо этого, он предложил использовать показатели валового химического состава ми-

неральной части почвы для расчетов свободной энергии Гиббса и энергии кристаллической решетки минералов. Мы придерживаемся аналогичной точки зрения и считаем, что термодинамические свойства почвообразующих пород определяются субстратом, в той или иной степени преобразованным процессами почвообразования.

Результаты и обсуждение. По данным Н.П. Масютенко [1], в агроландшафте на типичных черноземах (таблица 1) энергетически обедненным является угодье пашни (средний и низкий уровень). Энергия (Q) под залежью, лесополосой и лугом в слое 0-50 см, находящихся на южной и северной экспозиции, намного выше, чем на пашне.

Под лесной полосой почва на северном склоне содержит энергию, соответственно на 20 % и 179 % заключенную в гумусовых веществах больше, чем под пашней. В процессе трансформации органическое вещество (ОВ) в 1,9 раза выделяет больше энергии, чем пахотная почва.

Основные различия почв на южном склоне на пашне и под полосой обусловлены запасами энергии в негумифицированном веществе. Так, его под полосой на 190 % больше, чем на пашне, причем в процессе трансформации органического вещества выделяется энергия также в 2,8 раза больше под полосой.

Таблица 1 – Структура энергopotенциала ОВ чернозема в агроландшафте в слое 0...50 см (А. Г. Назаров, 2004)

Элемент агроландшафта	Запасы энергии, гДж/га		Количество энергии, выделяемое в процессе трансформации органического вещества почвы, гДж/га	Энергопотенциал органического вещества почвы, гДж/га
	в гумусовых веществах	в негумифицированном органическом веществе		
Водораздельное плато				
Лесная полоса	7080	380	496	7460
Пашня	5832	136	248	5968
Склоновый агроландшафт. Южная экспозиция				
Лесная полоса	5499	418	611	5982
Пашня	5168	144	221	5282
Склоновый агроландшафт. Северная экспозиция				
Лесная полоса	7035	345	463	7386
Пашня	5812	124	241	5941
Залежь	6150	288	593	6438

Установлено, что под пашней и лесными полосами энергopotенциал чернозема типичного, его органического вещества выше на северном склоне, чем на южном. Это связано с накоплением в почвах северной экспозиции большего количества гумусовых частиц. Но надо отметить, что в почве под лесной полосой южного склона активность энергетических процессов выше в 1,6 раза, чем на северном. Показатели энергopotенциала чернозема типичного, его органической составляющей на северном склоне и плакоре близки.

На распределение энергии в компонентах органики почвы оказывают влияние экспозиция склона, вид угодья. На соотношение активной и потенциально-активной энергии органического вещества почвы большее влияние оказывает экспозиция склона, т.к. на северном склоне активной энергии в ОВ меньше, чем в почвах южной экспозиции, а влияние на распределение в инертной и активных частях органического вещества чернозема типичного оказывает вид угодья. На южном склоне оно выражено сильнее.

Представляют определенный интерес сравнительные данные по энергopotенциалу почв под лесными полосами на южных черноземах-почвы исследуемой территории содержат малое количество легкорастворимых солей – менее 0,3 %. В этих условиях содержание хлоридов в верхних горизонтах почв по створу приводораздельная часть –

склон – терраса на открытой территории изменяется мало, однако с тенденцией падения к супераквальной территории. Повышение плодородия лесомелиорированных почв в значительной мере связано с формированием органического вещества под лесной подстилкой. Особенно большие запасы подстилки находятся под лесными полосами сложного состава и плотной конструкции. Органическое вещество, содержащееся в почве, – это сложная многокомпонентная система, взаимосвязанная с окружающей средой энерго-, массообменом. Открытая система в виде органического вещества почвы состоит из собственно гумусовых веществ, включающих инертный гумус (ИГ), лабильные гумусовые вещества (ЛГВ), органическое вещество (ОВ), негумифицированное органическое вещество (НВ), микробную биомассу (МБ), которые различаются степенью связи с минералами почвы [8].

Определяющим фактором при изучении термодинамических характеристик почвы является изучение энергетических характеристик гумуса. В этом плане заслуживают внимание данные, полученные на исследуемом полигоне в ЭГЛ по характеристикам гумусового слоя (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание углекислых солей в верхних горизонтах почв сопряженных ЭГЛ (в относительных единицах)

ЭГЛ	Открытая территория	Территория с системой лесных полос
Приводораздельная территория транзитного типа	1,0	
верхняя часть склона	1,4	а) 0,6; б) 0,5; в) 0,7
нижняя часть склона	1,0	б) 0,3
Супераквальная терраса	1,5	а) 1,0; в) 1,3

Они свидетельствуют о том, что на облесенном склоне в ЭГЛ транзитного типа мощность гумусового горизонта почвы существенно выше, чем на необлесенном, в частности, в лесных в 1,4...1,5 раза превосходит показатели адекватных по положению на открытой территории и в 1,1 раза в приполосной лесной зоне поля.

Значительная часть биофильных элементов при минерализации опада листьев, отпада корней, ветвей, а также почвенных, животных микроорганизмов поступает непосредственно в почву.

Под 50-летними лесными полосами на луговато-чернозёмной легкосуглинистой почве в слое 0...25 см содержание гумуса увеличилось на 4,1 %, под 30-летними полосами на 1,0 % и под раскорчеванным садом – на 2,4 %. Прибавки гумуса прослеживались и в нижних горизонтах и, вероятно, глубже метра. Соответственно увеличилось содержание калия, фосфора и валового азота в почве.

Как известно [9], в гумусе содержится высокоэнергетическая «сила», способная, не снижая энтропии почв, совершать работу. Всю энергию по доступности в ОВ можно разделить на три категории:

- связанная, или труднодоступная, – это энергия инертного гумуса;
- потенциально-активная, или средnedоступная, она заключена в активной части гумусовых веществ и микробной биомассе;
- активная, или легкодоступная энергия негумифицированного органического вещества почвы.

Анализ по полученным объектам позволяет сделать выводы, что на водораздельных элементарных геохимических ландшафтах под ЛП мощность гумусового горизонта в 1,2-1,5 раза выше, чем на открытой территории с максимумом влияния защитных полос.

В горизонте А+В₁ наблюдается превышение средневзвешенного содержания гумуса на 10-20 % больше под лесными полосами в сравнении с приполосной зоной поля.

Составляющая энергии гумуса, её твердой фазы на два порядка меньше энергии, присутствующей в минеральной части почв [3, 5, 9, 12, 11]. В статье приводятся данные по энергетике гумусового слоя. Это имеет под собой основание, так как плодородие почвы определяется в основном состоянием гумуса и оказывает заметное влияние на состояние лесных насаждений. Влияние защитных лесных насаждений, прежде всего, термодинамические характеристики почвы, выражаются через энтальпию гумуса.

Энтальпия гумуса под ЗЛН превышает в 1,2-1,5 раза данные в поле. Причем максимальные показатели приходятся на водораздельную часть элементарного геохимического ландшафта (таблица 3). Энтальпия гумуса, соотнесенная с определенной массой вещества, характеризует ее удельные показатели и под ЗЛН выше на 6-20 %.

Таблица 3 – Термодинамика гумуса в горизонте почвы А+В₁
под влиянием ЛП (прирост энергии)

Элементарные геохимические ландшафта	-ΔН	dS=deS+diS
I		
Водораздельный	26	0,73=-0,18+0,91
Трансэлювиальный	19	0,74=-0,10+0,84
Трансаккумулятивный	22	0,73=-0,09+0,82
II		
Водораздельный	48	0,68=-0,10+0,78
Трансэлювиальный	38	0,58=-0,09+0,67
Трансаккумулятивный	26	0,64=-0,08+0,72

Условные обозначения: I – защитные лесные полосы вдоль склона, II –ЗЛН поперек склона; ΔН – прирост внутренней энергии, кал/г, dS - изменение энтропии, кал/г-град., deS – внешний поток энергии энтропии, diS – внутренняя энергия.

Закключение. Почвомелиорирующая роль лесных полос подтверждается данными, полученными при расчете термодинамических характеристик гумуса, снижении энергии энтропии. Степень уменьшения энтропии проявляется в системе элементарного геохимического ландшафта на всех рассматриваемых почвах. Причем, по нашим данным, наибольший эффект лесомелиорации проявляется на водораздельной части ландшафта, если оценивать биологическую составляющую органического вещества и её энтропию. В этом случае наибольший удельный вес в энтропии проявляется за счет внешних процессов.

При выполнении условия дополнения вещества почвы механической аккумуляцией к процессу биологической, с расположением защитных лесных полос поперек склона, процесс энтропии протекает по алгоритму действия ЛП на склоне (diS), близкое по показателям как на водораздельной территории. В условиях супераквального элементарного геохимического ландшафта ещё ниже. В таких условиях на подчиненных ЭГЛ возрастает эффективность лесомелиорации (таблица 3), изменение энтропии (ds = 0,58-0,67 против 0,73 на контроле).

Библиографический список

1. Панкова, Т. И. Изменение показателей гумусного состояния чернозема типичного в зависимости от вида землепользования и местоположения в рельефе [Текст]/ Т. И. Панкова, Н. П. Масютенко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №1. – С. 7-12.
2. Рулев, А.С. Термодинамика и моделирование переходных зон в агрогеосистемах [Текст]/ А.С. Рулев, В.Г. Юферев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2(42). – С. 34-40.

3. Термодинамика экотонных ландшафтов [Текст]/ А.С. Рулев, О.В. Рулев, В. Г. Юфев, Г.А. Рулев // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2017. – №4. – С. 5-14.
4. Aptsiauri, A. General principles of useful energy generation from equilibrium environment-circulation of energy and implosion against the second law [Текст]/ A. Aptsiauri. – 2013. – March 20.
5. Aptsiauri, A. The equation for entropy of opened non equilibrium systems and violation of the second law of thermodynamics [Текст]/ A. Aptsiauri. – 2012. – Jan. 29.
6. Assessing the thermodynamic variables of landscapes in the southwest part of East European plain in Russia using the Modis multispectral band measurements [Текст]/ Yu. G. Puzachenko, R.B. Sandler, A.N. Krenke, A.A. Olchev // Ecol. Modell. – 2016. – V. 319. – P. 255-274.
7. Bowman, D.M.J.S. Feedbacks and landscape-level vegetation dynamics [Текст]/ D.M.J.S. Bowman, G.I.W. Perry, J.B. Marston // Trends Ecol. Evol. – 2015. – V. 30. – № 5. – P. 255-260.
8. Colins, S.L. The hierarchical continuum concept [Текст]/ S.L. Colins, S.M. Glenns, D.W. Roberts // J. Vep. 53 Community concept / The Arizona University/ College of Agriculture & life Sciences. – Arizona.
9. DeAngelis, D.L. Self-Organization Process in Landscape Pattern and Resilience: a Review [Текст]/ D.L. DeAngelis // International Scholarly Research Network ISRN. Ecology. – 2012. – № 274510. – 18 p.
10. Etkin, V.A. Methodological principles of modern thermodynamics [Elektronnyj resurs]/ V.A. Etkin. – <http://arxiv.org/abs/1401.0550> (02.01.2014).
11. Is a community still a community? Reviewing definitions of key terms in community ecology [Текст]/ J. Shroud, M.R.T. Bush, M.C. Ladd, R. J. Nowicki, A.A. Shantz, J. Sweatman // Ecol. Evol. – 2015. – V. 5. – №21. – P. 4757-47-65.
12. Puzachenko, Y.G. Estimation of thermodynamic parameter of the biosphere, based on remote sensing [Текст]/ Y.G. Puzachenko, R.B. Sandler, A. Svyrejeva-Hopkins // Ecological Modelling. – 2011. – V. 222. – №16. – P. 2913-2923.

Reference

1. Pankova, T. I. Izmenenie pokazatelej gumusnogo sostoyaniya chernozema tipichnogo v zavisimosti ot vida zemlepol'zovaniya i mestopolozheniya v rel'efe [Текст]/ T. I. Pankova, N. P. Masyutenko // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. – 2017. – №1. – S. 7-12.
2. Rulev, A. S. Termodinamika i modelirovanie perehodnyh zon v agroecosistemah [Текст]/ A. S. Rulev, V. G. Yuferev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2(42). – S. 34-40.
3. Termodinamika i kotonnyh landshaftov [Текст]/ A. S. Rulev, O. V. Rulev, V. G. Yuferev, G. A. Rulev // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. – 2017. – №4. – S. 5-14.
4. Aptsiauri, A. General principles of useful energy generation from equilibrium environment-circulation of energy and implosion against the second law [Текст]/ A. Aptsiauri. – 2013. – March 20.
5. Aptsiauri, A. The equation for entropy of opened non equilibrium systems and violation of the second law of thermodynamics [Текст]/ A. Aptsiauri. – 2012. – Jan. 29.
6. Assessing the thermodynamic variables of landscapes in the southwest part of East European plain in Russia using the Modis multispectral band measurements [Текст]/ Yu. G. Puzachenko, R.B. Sandler, A.N. Krenke, A.A. Olchev // Ecol. Modell. – 2016. – V. 319. – P. 255-274.
7. Bowman, D.M.J.S. Feedbacks and landscape-level vegetation dynamics [Текст]/ D.M.J.S. Bowman, G.I.W. Perry, J.B. Marston // Trends Ecol. Evol. – 2015. – V. 30. – № 5. – P. 255-260.
8. Colins, S.L. The hierarchical continuum concept [Текст]/ S.L. Colins, S.M. Glenns, D.W. Roberts // J. Vep. 53 Community concept / The Arizona University/ College of Agriculture & life Sciences. – Arizona.
9. DeAngelis, D.L. Self-Organization Process in Landscape Pattern and Resilience: a Review [Текст]/ D.L. DeAngelis // International Scholarly Research Network ISRN. Ecology. – 2012. – № 274510. – 18 p.
10. Etkin, V.A. Methodological principles of modern thermodynamics [Elektronnyj resurs]/ V.A. Etkin. – <http://arxiv.org/abs/1401.0550> (02.01.2014).

11. Is a community still a community? Reviewing definitions of key terms is community ecology [Tekst]/ J. Shroud, M.R.T. Bush, M.C. Ladd, R. J. Nowicki, A.A. Shantz, J. Sweatman // Ecol. Evol. – 2015. – V. 5. – №21. – P. 4757-47-65.

12. Puzachenko, Y.G. Estimation of thermodynamic parameter of the biosphere, based on remote sensing [Tekst]/ Y.G. Puzachenko, R.B. Sandlersky, A. Svyrejeva-Hopkins // Ecological Modelling. – 2011. – V. 222. – №16. – P. 2913-2923.

Информация об авторах

Рулев Глеб Александрович, научный сотрудник лаборатории агроэкологии и прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук" (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3815-0448>. **E-mail:** g.heroes@yandex.ru.

Рулев Александр Сергеевич, академик РАН, главный научный сотрудник института естественных наук ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», (РФ 400062 г. Волгоград Университетский проспект 100), доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии и картографии.
ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6152-288X>. **E-mail:** rulev54@rambler.ru.

Рулева Ольга Васильевна, главный научный сотрудник, зав. лабораторией агроэкологии и прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук" (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, доцент. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7343-4227>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.2.03; 504.062.4

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-19

СОСТОЯНИЕ И ДИНАМИКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОПАСТИЩНЫХ УГОДИЙ НА ПЕСКАХ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

CONDITION AND DYNAMICS OF PRODUCTIVITY OF FOREST-PASTING EYE ON SANDS OF EASTERN CISCAUCASIA

Л.П. Рыбашлыкова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

С.Н. Сивцева², научный сотрудник

Т.Ф. Маховикова², научный сотрудник

L. P. Rybashlykova¹, S.N. Sivceva², T. F. Maschovikova²

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных
мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Ставропольский край с. Ачикулак

¹Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd

²North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, amelioration
and protective afforestation of Russian Academy of Sciences,
Stavropol region, Achikulak

Дата поступления в редакцию 25.04.2019
Received 25.04.2019

Дата принятия к печати 14.06.2019
Submitted 14.06.2019

Представлены исследования по мониторингу растительного покрова открытого пастбища и разных типов лесопастбищ. Изучена сезонная динамика состояния и продуктивность пастбищных экосистем при наличии и отсутствии древесного яруса с разной интенсивностью использования кормовых угодий на песках Восточного Предкавказья. Основу исследований составили полевые

опыты и наблюдения. Были проведены наблюдения за ростом и развитием аборигенных видов кормовых трав. Отмечено, что кормовые виды трав имеют низкую урожайность в среднем 0,3-0,6 т/га сухой массы. Растительные сообщества пастбищных фитоценозов представлены не одним, а несколькими видами. Изоляция растительности от выпаса положительно влияет на увеличение проективного покрытия и кормоемкости пастбищ. Полученные данные показывают, что на выпасаемых лесопастбищных участках в весенний период проективное покрытие составляет 65-75 %, на изолированных площадках – на 15 % больше. Наибольший процент занимает разнотравье – 40-45 %, эфемеры – 45 %, мятлик – от 20 до 30 %. В летний период преобладают многолетники (верблюжья колючка, солодка голая, свиной пальчатый, ковыль тырса). Нарастание вегетативной массы происходит весной и осенью, а летом дефицит корма. Также исследованиями подтверждается эколого-мелиоративную роль насаждений, созданных на пастбищах различных лесомелиоративных категорий, в условиях Восточного Предкавказья.

The article presents studies on the monitoring of plant cover of pastures and different types of forest pastures. The seasonal dynamics of the state and productivity of pasture ecosystems in the presence and absence of a tree tier with different intensity of use of forage lands on the Sands of the Eastern Ciscaucasia are studied. The basis of research was field experiments and observations. Observations were made on the growth and development of native species of forage grasses. It is noted that forage species of grasses have a low yield of an average of 0.3-0.6 t/ha of dry weight. Plant communities of pasture phytocenoses are represented not by one, but by several species. Isolation of vegetation from grazing has a positive effect on increasing the projective cover and feed capacity of pastures. The obtained data show that in pasture areas in spring the projective cover is 65-75%, in isolated areas it is 5 % more. The highest percentage is motley grass - 40-45 %, ephemera - 45 %, bluegrass - from 20 to 30%. During the summer period is dominated by perennials (*Alhagi*, *Glycyrrhiza glabra*, *Stipa capillata*, *Cynodon dactylon*). The growth of vegetative mass occurs in spring and autumn, and in summer the deficit of feed. Studies confirm the ecological and meliorative role of plantations created on pastures of different forest categories in the conditions of the Eastern Caucasus.

Ключевые слова: лесопастбища Восточного Предкавказья, продуктивность, биоразнообразие, деградация, консервация, экологические группы, жизненные формы, проективное покрытие, кормоемкость.

Key words: pastures of the Eastern Caucasus, productivity, biodiversity, degradation, conservation, environmental groups, life forms, projective cover, feed capacity.

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2018-0002. «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны РФ» ФНЦ агроэкологии РАН

Цитирование. Рыбашлыкова Л.П., Сивцева С.Н., Маховикова Т.Ф. Состояние и динамика продуктивности лесопастбищных угодий на песках Восточного Предкавказья. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 161-168. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-19.

Citation. Rybashlykova L. P., Sivceva S. N., Maschovikova T. F. Condition and dynamics of productivity of forest-pasting eye on sands of eastern Ciscaucasia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.*, (2019). 2(54). 161-168. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-19.

Введение. В последние десятилетия в изменившихся экологических условиях пастбища в аридных зонах имеют бедный видовой состав с низкой продуктивностью и качеством корма, колеблющимся по годам и сезонам. Так, неурегулированный, чрезмерный выпас приводит к изреживанию травостоя, к исчезновению ценных в кормовом отношении растений и, в конечном итоге, к снижению устойчивости и деградации пастбищ [2, 5, 6, 7, 11].

Своевременная оценка природных и мелиорированных кормовых угодий позволяет разработать предложения по восстановлению биоразнообразия, продуктивности и устойчивости нарушенных экосистем [8-10, 12].

Рациональное природопользование, восстановление и сохранение хрупких экосистем в новых природно-хозяйственных условиях создаст основы устойчивого развития пастбищного природопользования на территории засушливой зоны [1].

В ходе многолетней лесомелиоративной трансформации деградированных земель на песках Восточного Предкавказья созданы объекты лесопастбищных угодий с разным размещением и породным составом пастбищезащитных лесонасаждений.

Цель наших исследований – изучение состояния и продуктивности травостоя при наличии и отсутствии древесного яруса, разной интенсивности использования кормовых угодий для разработки предложений по оптимизации использования лесопастбищ на песках Восточного Предкавказья.

Материалы и методы. Восточное Предкавказье относится к полупустынной зоне из-за небольшого количества осадков – 200 – 250 мм, и большого испарения в летний период. Для такой зоны характерно очень жаркое лето. Среднемесячная температура воздуха в летний период +25 °С, максимальная больше + 40-41 °С. Ветровая активность 10-15 м/сек меняется по годам. Неблагоприятными условиями вегетационного периода являются засуха, сильные ветры, пыльные бури, град. Аридные климатические условия Восточного Предкавказья оказывают негативное влияние на рост, развитие древесных и травянистых растений, в связи с этим необходимо изучить динамику состояния и продуктивность пастбищных фитоценозов и разработать предложения по восстановлению биоразнообразия, повышению кормоемкости и устойчивости экосистем.

Объектами исследований являются лесомелиорированные и естественные пастбища различных типов. Участок 1 – открытое пастбище; участок 2 – лесопастбище с густым древесным ярусом (500–600 дер./га) (породный состав: вяз приземистый (*Ulmus pumila*); робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia*)); участок 3 – лесопастбище с нормальным типом древесного яруса (250–300 дер./га) (породный состав: вяз приземистый; робиния лжеакация); участок 4 – лесопастбище с редкостойным древесным ярусом (саванного типа) (50–100 дер./га) (породный состав: вяз приземистый; робиния лжеакация).

На тестовых участках определялось экологическое состояние лесопастбищных фитоценозов, продуктивность кормовых угодий, проводился ботанический анализ, а также изучалась интенсивность эксплуатации в сезонной динамике. Для изучения состояния древесного яруса лесомелиорированных пастбищ закладывались пробные площадки на всю ширину кулис и лесополос размером 25х25 м изучаемых пород: вяз приземистый, робиния лжеакация. Далее на пробной площади проводился сплошной пересчет деревьев с определением высоты, диаметра стволов. Мелиоративное состояние древесного яруса оценивали по балльной системе: 4 – хорошее, 3 – удовлетворительное, 2 – неудовлетворительное, 1 – плохое [3, 4]. Состояние пастбищного травостоя оценивалось по пятибалльной шкале Друде. Структуру фитоценоза пастбищ определяли по данным метровок (1 м²) в трехкратной повторности, а частоту встречаемости растений – в процентах от общей фитомассы. Для оценки влияния временной консервации на фитоценотическое и фитопродуктивное состояние пастбищных угодий на всех типах изучаемых пастбищ закладывались изолированные площадки. Жизненные формы распределялись по 5 экологическим группам: кормовые, лекарственные, рудеральные, ядовитые, прочие. Высоту растений определяли перед учетом по фазам вегетации.

Урожайность определяли укосным методом с 1 м² в 3-х кратной повторности. Учетные площади при каждом определении урожая менялись. Образцы взвешивали в воздушно-сухом состоянии, затем проводили математическую обработку. Структуру удельной массы растений в пастбищных фитоценозах определяли методом анализа отбора образцов с учетных площадок с разделением на кормовую и балластную часть. На каждой площадке определяли общее проективное покрытие травянисто-кустарникового яруса для каждого вида.

Научные исследования проводились по методике института кормов им. В.Р. Вильямса, а также использовались общепринятые методики. Математическая обработка данных роста и урожайности выполнена по методике Б.А. Доспехова.

Результаты и обсуждение. При исследовании состояния древесного яруса лесомелиорированных пастбищ была сделана лесоводственная оценка разнотипных древесных ярусов (таблица 1).

Таблица 1 – Лесоводственная оценка разнотипных древесных ярусов лесопастбищ

Тип формирования древесного яруса	Межъярусный промежуток	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр ствола, см	Кол-во, шт./га	Бальная оценка мелиоративного состояния
Широкополосные насаждения						
Вяз приземистый	50	30	6,5	8,3	500	4
Робиния лжеакация	50	30	6,0	9,9	496	4
Узкополосные насаждения						
Вяз приземистый	15	35	11,0	20,2	288	3
Робиния лжеакация	15	37	5,0	12,0	336	3
Изреженные насаждения саванного типа						
Вяз приземистый	70-100	22	8,9	21,6	96	4
Робиния лжеакация	50-80	30	5,5	18,0	110	4

Полученные данные свидетельствуют о том, что насаждения в целом по лесоводственно-таксационной оценке состояния находятся сейчас в удовлетворительном состоянии. Возраст насаждений из вяза приземистого и робинии лжеакации составляет 30-37 лет.

Системы лесных насаждений создают особый микроклимат, который способствует более активному росту и развитию естественных кормовых фитоценозов. Под их влиянием изменяется скорость ветрового потока, относительная влажность, температура воздуха и почвы. На исследованных лесопастбищах наиболее распространенными растительными ассоциациями являются разнотравно-полынные, злаково-полынные и разнотравные.

Проведенная фенотипическая оценка пастбищных угодий показала, что растительные сообщества представлены не одним, а несколькими видами. Засушливые условия, которые наблюдаются в течение вегетационного периода, влияют на видовое разнообразие и на разобщенность растительности. Многие виды в пастбищном травостое и в растительных сообществах расселены неравномерно. К ним относятся: костер ржаной (*Bromus secalinus*), зопник колючий (*Phlomis pungens*), полынь (*Artemisia*). В травостое встречаются редко люцерна синегибридная (*Medicago*), подмаренник (*Galium humifusum*), аистник (*Erodium cicutarium*), а также в виде единичных экземпляров прутняка (*Kochia*), мак (*Papaver*), ромашка (*Matricaria*). В виде больших куртин встречаются растения свинороя (*Cynodon dactylon*). Растения, размножающиеся корневищами (свинорой), располагаются на участках группами вокруг материнского, образуя куртины, разбросанные по территории. Однолетние растения, такие как мятлик луговой (*Poa bulbosa*), костер ржаной, имеют развитие из одного куста.

По результатам исследования динамики видового состава отмечено, что на открытом пастбище весной преобладают и поедаются в первую очередь злаковые (мятлик луговой, костер ржаной и др.), составляющие 50 % рациона, затем разнотравье. В весенний период разница в кормовых видах по всем вариантам опыта не наблюдается. Весной на лесопастбищном участке с густым, нормальным типом древесного яруса и с редкостойным (саванный тип) большой процент принадлежит однолетникам 77–98 % (таблица 2).

В летний период эфемеры и злаки усыхают, но, тем не менее, овцы в первую очередь поедают усохшие остатки эфемеров и разнотравье. В этот период в пастбищном травостое преобладают многолетники: солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*), верблюжья колючка (*Alhagi*), ковыль тырса (*Stipa capillata*). Соотношение видов не является стабильным, оно меняется в течение вегетации. Осенью основу рациона составляют отросшие злаки, полыни, являющиеся наживочным кормом. Рацион на естественных пастбищах, ввиду обедненности видового состава пастбищных растений, гораздо ниже в количественном и качественном отношении.

Таблица 2 – Структура пастбищной растительности с разных участков в весенне-летний период

Тип пастбищ /участки	Состав растений по типу развития													
	весна								лето					
	однолет-ники		двулет-ники		многолет-ники		кустар-нички		однолет-ники		многолет-ники		кустар-нички	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
открытое пастбище	84	55	5	10	30	20	15	15	-	-	35	70	14	30
изоляция	120	50	-	-	44	18	76	32	-	-	86	100	-	-
Лесопастбище с густым древесным ярусом (500-600 дер./га)														
вяз	948	77	7	7	7	1	25	15	6	31,6	13	68,4	-	-
изоляция	1050	85	2	0,2	3	0,3	20	14	8	34,7	15	65,3	-	-
робиния	1105	91	34	3,0	60	5,2	-	-	7	41,1	10	58,9	-	-
изоляция	1200	93	24	2,0	57	4,5	-	-	9	36	16	64	-	-
Лесопастбище с нормальным типом древесного яруса (250-300 дер./га)														
вяз	864	94,9	-	-	45	5,1	-	-	8	58	3	21	3	21
изоляция	972	97,3	-	-	27	2,7	-	-	-	-	3	39	3	19
робиния	380	90,0	3	0,2	68	10	-	-	4	25	6	37	6	38
изоляция	405	77,6	-	-	40	7,7	77	14,7	4	40	4	40	3	20
Лесопастбище с редкостойным древесным ярусом 50-100 дер./га (саванный тип)														
вяз	344	98,8	-	-	3	0,9	1	0,3	76	78	21	22	-	-
изоляция	445	98,0	4	1	4	1	-	-	-	-	37	88,1	5	11,9
робиния	308	96,5	1	0,3	5	1,6	5	1,6	50	65	26	35	-	-
изоляция	357	98,0	2	0,1	3	0,5	4	10	-	-	48	100	-	-

Полученные результаты анализа состава и структуры экологических групп растений на открытых, лесопастбищных и изолированных площадках показывают, что в весенний период большой процент (89...95 %) принадлежит кормовым видам по всем вариантам опыта как с нагрузкой, так и без нагрузки: на лекарственные, рудеральные, ядовитые и прочие приходится 0,5...3 %. На тех участках, где произошел перевыпас скота в пастбищном травостое, ядовитые растения составляют 12–50 %. В осенний период сильная деградация наблюдается по всем вариантам пастбищных угодий. Так, участие кормовых видов в травостое на лесопастбищных участках составило 62...96 %, ядовитых – 1,4...37 %. На изолированных площадках 33...98 % принадлежат кормовым видам растений.

На всех участках огорожены заповедники (без выпаса) для контрольных учетов кормоемкости лесопастбищ. Учеты по урожайности (таблица 3) в сезонной динамике показали, что в весенний период разница по вариантам как с нагрузкой, так и без нагрузки составляет от 0,04 до 0,27 т/га.

На участке без нагрузки урожайность фитомассы весной составила 0,67 т/га, что в 2 раза выше по сравнению с выпасаемыми, а на балластную ее часть приходилось 0,18–0,34 т/га. В летний период урожайность снизилась на 0,3 т/га на выпасаемых участках, но она

была выше на изолированных. Осенью на четырех участках с нагрузкой в состав кормовой массы входили многолетники, их урожайность составила 0,9 т/га, на участках без нагрузки в 2 раза больше – 0,16 т/га. Растения с разной интенсивностью используют среду: чем большей продуктивностью они обладают, тем выше урожайность травостоя.

Таблица 3 – Урожайность естественного травостоя на лесопастбищах с разным режимом использования, т/га

Участки лесопастбищ	Режим использования	Урожайность травостоя, т/га сухой массы								
		весна			лето			осень		
		урожай сена	разница	НСР ₀₅	урожай сена	разница	НСР ₀₅	урожай сена	разница	НСР ₀₅
1	выпас	0,48	0,19	0,045	0,25	0,25	0,054	0,56	0,63	0,062
	изоляция	0,67			0,50			1,19		
2	выпас	0,60	0,27	0,038	0,35	0,29	0,057	0,83	0,21	0,06
	изоляция	0,87			0,64			1,04		
3	выпас	0,71	0,04	0,076	0,60	0,05	0,09	0,95	1,15	0,065
	изоляция	0,75			0,65			2,10		
4	выпас	0,67	0,07	0,042	0,01	0,09	0,044	0,98	0,67	0,034
	изоляция	0,74			0,10			1,65		

Заключение. Экспериментальные данные показывают, что с увеличением чрезмерной нагрузки скота и неурегулированного выпаса уменьшается проективное покрытие, видовое разнообразие, снижается урожайность и кормоемкость, в результате состояние кормовых угодий Восточного Предкавказья в динамике имеет нарастающую степень сильной деградации.

На основе проведенных исследований необходимо отметить, что лесомелиоративные участки отличаются от природных открытых пастбищ большей разнотипностью растений. В составе пастбищного травостоя преобладают поедаемые кормовые травы на лесопастбищных участках, кроме того, они имеют преимущество по видовому составу пастбищных фитоценозов, а также по урожайности (продуктивности) кормовой массы по сравнению с открытыми природными пастбищами.

Исключение нагрузки на растительный покров приводит к увеличению проективного покрытия (весной – на 65...80 %, летом – на 25...55 %, осенью – на 64 %) и кормовой продуктивности лесопастбищных фитоценозов в 2 раза. В изоляции доля многолетников активно увеличивается: в летний период на 78 %, в осенний – на 54 %.

На увеличение кормоемкости оказывают влияние лесопастбища с густым и нормальным типом древесного яруса, им уступают природные и лесопастбищные участки (саванного типа). Это убеждает в целесообразности не только улучшения пастбищ лесомелиоративными способами, но и рационального их использования.

Библиографический список

1. Вдовенко, А.В. Обоснование и система мероприятий оптимизации использования трансформированных кустарником кормовых угодий на юге страны [Текст] / А.В. Вдовенко, Л.П. Рыбашлыкова, В.В. Лепеско // Научный альманах. – 2017. – № 9-2(35). – С.201–204.
2. Вдовенко, А.В. Восстановление нарушенных экосистем Черноземельских и Кизлярских пастбищ [Текст] / А.В. Вдовенко // Научно-агрономический журнал. – 2016. – № 1(98). – С. 25-29.
3. Крючков, С.Н. Лесоразведение в засушливых условиях [Текст] / С.Н. Крючков, Г.Я. Маттис. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 300 с.

4. Манаенков, А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны [Текст] / А.С. Манаенков. – 2-е издание переработанное и дополненное. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. – 428 с.
5. Радочинская, Л.П. Сохранение видового и популяционного биоразнообразия на лесопастбищах черных земель как фактор экологической стабильности в регионе [Текст] / Л.П. Радочинская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 3(67). – С. 161–167.
6. Рыбашлыкова, Л.П. Интродуцированные виды трав и их сорта для улучшения деградированных пастбищ Восточного Предкавказья [Текст] / Л.П. Рыбашлыкова, С.Н. Сивцева // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2018. – № 1(13). – С.35–41.
7. Тютюма, Н.В. Прием биологической рекультивации деградированных естественных пастбищ в аридной зоне Северного Прикаспия [Текст] / Н.В. Тютюма, Г.С. Егорова, Г.К. Булахтина. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – 96 с.
8. Тютюма, Н.В. Интродуцируемые дикорастущие кормовые растения в обогащении пастбищных экосистем Поволжья [Текст] / Н.В. Тютюма, Г.К. Булахтина, Н.И. Кудряшова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №3 (43). – С.1–6.
9. Gamoun, M. Dinamic of plant communities in saharan rangelands Tunisia [Tekst] / M. Gamoun, B. Hanchi, M. Neffati // Arid Ecosystems. – 2012. – Vol. 18. – № 2(51). – P. 54-61.
10. Gamoun, M. Natural vegetation cover dynamic under grazing-rotation managements in desert rangelands of Tunisia [Tekst] / M. Gamoun // Arid Ecosystems. – 2014. – Vol. 20. – № 4(61). – P. 66-75.
11. On the 30th anniversary of the “general plan to combat desertification of black lands and kizlyar pastures” [Tekst] / K.N. Kulik, V.I. Petrov, A.S. Rulev, O.Y. Kosheleva, S.S. Shinkarenko // Arid Ecosystems. – 2018. – Vol. 8. – № 1. – P. 5-12. Doi: 10. 1134/52079096118010067
12. Sapanov, M. K. Reclamation Stades and Modern Use of Arid Lands in the Northern Caspian Region [Tekst] / M. K. Sapanov, M. L. Sizemskaya, K. M. Akhmedenov // Arid Ecosystems. – 2015. – Vol. 5. – № 3. – P. 188-193.

References

1. Vdovenko, A. V. Obosnovanie i sistema meropriyatij optimizacii ispol'zovaniya transformirovannyh kustarnikom kormovyh ugodij na yuge strany [Tekst] / A. V. Vdovenko, L. P. Rybashlykova, V. V. Lepesko // Nauchnyj al'manah. - 2017. - № 9-2(35). - P. 201-204.
2. Vdovenko, A. V. Vosstanovlenie narushennyh jekosistem Chernozemel'skih i Kizlyarskih pastbisch [Tekst] / A. V. Vdovenko // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. - 2016. - № 1(98). - P. 25-29.
3. Kryuchkov, S. N. Lesorazvedenie v zasushlivykh usloviyah [Tekst] / S. N. Kryuchkov, G. Ya. Mattis. - Volgograd: VNIALMI, 2014. - 300 p.
4. Manaenkov, A. S. Lesomeliioraciya aren zasushlivoj zony [Tekst] / A. S. Manaenkov. – 2-е издание переработанное и дополненное. - Volgograd: VNIALMI, 2018. - 428 p.
5. Radochinskaya, L. P. Sohranenie vidovogo i populyacionnogo bioraznoobraziya na lesopastbis-chah chernyh zemel' kak faktor jekologicheskoy stabil'nosti v regione [Tekst] / L. P. Radochinskaya // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2017. - № 3(67). - P. 161-167.
6. Rybashlykova, L. P. Introducirovannye vidy trav i ih sorta dlya uluchsheniya degradirovannyh pastbisch Vostochnogo Predkavkaz'ya [Tekst] / L. P. Rybashlykova, S. N. Sivceva // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skohozyajstvennye nauki. Jekonomicheskie nauki. - 2018. - № 1(13). - P. 35-41.
7. Tyutyuma, N. V. Priem biologicheskoy rekul'tivacii degradirovannyh estestvennyh pastbisch v aridnoj zone Severnogo Prikaspiya [Tekst] / N. V. Tyutyuma, G. S. Egorova, G. K. Bulahtina. - Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. - 96 p.
8. Tyutyuma, N. V. Introduciruemye dikorastuschie kormovye rasteniya v obogaschenii pastbischnyh jekosistem Povolzh'ya [Tekst] / N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina, N. I. Kudryashova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - №3 (43). - P. 1-6.

9. Gamoun, M. Dinamic of plant communities in saharan rangelands Tunisia [Tekst] / M. Gamoun, B. Hanchi, M. Neffati // Arid Ecosystems. – 2012. – Vol. 18. – № 2(51). – P. 54-61.
10. Gamoun, M. Natural vegetation cover dynamic under grazing-rotation managements in desert rangelands of Tunisia [Tekst] / M. Gamoun // Arid Ecosystems. – 2014. – Vol. 20. – № 4(61). – P. 66-75.
11. On the 30th anniversary of the “general plan to combat desertification of black lands and kizlyar pastures” [Tekst] / K.N. Kulik, V.I. Petrov, A.S. Rulev, O.Y. Kosheleva, S.S. Shinkarenko // Arid Ecosystems. – 2018. – Vol. 8. – № 1. – P. 5-12. Doi: 10.1134/52079096118010067
12. Sapanov, M. K. Reclamation Stades and Modern Use of Arid Lands in the Northern Caspian Region [Tekst] / M. K. Sapanov, M. L. Sizemskaya, K. M. Akhmedenov // Arid Ecosystems. – 2015. – Vol. 5. – № 3. – P. 188-193.

Информация об авторах

Рыбашлыкова Людмила Петровна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>. **E-mail:** ludda4ka@mail.ru.

Сивцева Светлана Николаевна, научный сотрудник Северо-Кавказский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 356890, Ставропольский край, Нефтекумский городской округ, Ачикулак, Пролетарская, 12). **E-mail:** achikylak356890@mail.ru.

Маховикова Татьяна Федоровна, научный сотрудник Северо-Кавказский филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 356890, Ставропольский край, Нефтекумский городской округ, Ачикулак, Пролетарская, 12). **E-mail:** achikylak356890@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.2.03:581.5

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-20

ВОДНЫЙ РЕЖИМ И ДИНАМИКА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПРИ РЕГРАДАЦИИ СОЛОНЧАКА КОРКОВОГО В СЕВЕРО- ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ

THE WATER REGIME AND DYNAMICS OF WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL WHILE REGRADING THE CORTICAL SALINE IN THE NORTH-WESTERN PRECASPIAN

Г.Н. Гасанов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Т.А. Асварова¹, кандидат биологических наук

К.М. Гаджиев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Р.Р. Баширов¹, кандидат сельскохозяйственных наук

G.N. Gasanov, T.A. Asvarova, K.M. Gadzhiev, R.R. Bashirov

¹ФГБНУ Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра
РАН (ПИБР ДНЦ РАН), г. Махачкала

²ФГБОУ ВО Дагестанский государственный университет, г. Махачкала

*1 Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Institute of Biological Resources of Dagestan
Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Makhachkala*

*2Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Dagestan State University», Makhachkala*

Дата поступления в редакцию 20.05.2019

Дата принятия к печати 15.06.2019

Received 20.05.2019

Submitted 15.06.2019

Работа посвящена выявлению возможности создания на поверхности солончака коркового гумусового горизонта и положительной трансформации типа почвы на таксономическом уровне. В этих целях на поверхности солончака коркового создавалась прослойка из илисто-

песчаных фракций почвы с семенами дикорастущих фитоценозов, постоянно перемещающихся по поверхности полупустыни под влиянием атмосферных процессов. Для создания прослойки использован древесный материал, выступающий над поверхностью почвы на 0,2 м. Методика исследований предусматривала проведение анализов, учетов и наблюдений за динамикой влажности, наименьшей влагоемкости (НВ), химизма и степени засоления почвы, исследовали ее морфологию, видовой состав фитоценозов и накопление фитомассы растений. Выявлена положительная трансформация солончака коркового в солончак реградированный в течение восьми лет наблюдений. Слой из илисто-песчаных фракций с семенами дикорастущих фитоценозов трансформируется в гумусовый горизонт W_{ael} , степень засоления почвы снижается от очень сильной в слое 0-5 см до слабой, в слое 6-15 см – до средней степени. Профиль солончака коркового $Ck^k [AJ_k - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$ меняется на $Ck^w [W_{ael} - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$ солончака реградированного. Снижается дефляция почвы и загрязнение воздуха пылеватыми фракциями; накапливается 1,85 т/га углерода в фитомассе естественного фитоценоза.

The work is devoted to identifying the possibility of creating humus horizon on the surface of the saline cortical and positive transformation of the type at the taxonomic level. For this purpose, a layer of silt-sand fractions with seeds of wild phytocenoses constantly moving on the surface of the semi-desert under the influence of atmospheric processes was created on the surface of the cortical saline. To create a layer used wood material protruding above the soil surface at 0.2 m. The research methodology included analysis, accounting and monitoring of the dynamics of humidity, the lowest moisture content (MC), chemistry and the degree of salinity of the soil, studied the morphology of the soil, the species composition of phytocenoses and the accumulation of plant phytomass. Positive transformation of cortical saline in the saline regarded for eight years of monitoring. A layer of silt – sand fractions with seeds of wild phytocenoses is transformed into a humus horizon W_{ael} , the degree of soil salinity decreased from a very strong in the layer of 0-5 cm to weak in the layer between 6 and 15 cm - to a medium degree. Profile saline cortical $Ck^k [AJ_k - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$ is changed to $Ck^w [W_{ael} - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$ of saline regarded.

Ключевые слова: солончак корковый, солончак реградированный, влажность почвы, водопотребление, водно-физические свойства.

Keywords: cortical saline, saline regarded, soil moisture, water consumption, water-physical properties.

Цитирование. Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р. Водный режим и динамика водно-физических свойств почвы при реградации солончака коркового в Северо-Западном Прикаспии. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 168-176. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-20.

Citation. Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R. Water regime and the dynamics of water-physical properties of the soil during the regradation of cortical saline in the North-West Caspian. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 168-176. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-20.

Введение. Северо-Западный Прикаспий – это полупустынная территория с гипсометрическими отметками на западе у границ со Ставропольским краем 150...170 м, на востоке у берегов Каспийского моря до минус 27 м. Территория (площадь 1,5 млн га) отличается жесткостью климатических условий: испаряемость колеблется от 700-900 мм до 1350 мм, коэффициент увлажнения (КУ) – 0,11...0,14 [8]. В почвенном покрове солончаки в комплексе с солонцами и другими типами почв занимают почти 50 % площади [1].

Почвы территории характеризуются легким гранулометрическим составом, что в сочетании с неблагоприятными климатическими факторами и нерациональным использованием пастбищ способствует усилению дефляции и процессов опустынивания. В настоящее время здесь насчитывается более 300 тыс. га открытых песчаных массивов со всеми вытекающими отсюда последствиями экологического и агропроизводственного характера.

Исследования почвенно-растительного покрова рассматриваемой территории в предшествовавшие годы были посвящены классификации и диагностике почв, миграции солей в почвах, определению их токсичности, степени и химизма засоления, изуче-

нию проблемы предотвращения вторичного засоления [4, 6, 5, 7]. Но исследований по вопросам улучшения засоленных почв в условиях усиливающегося антропогенного воздействия на почвенно-растительный покров проведено недостаточно.

Материалы и методы. Целью исследований является выявление возможности создания на поверхности солончака коркового гумусового горизонта и положительной трансформации его на таксономическом уровне. Экспериментальные исследования проводились на Кочубейской биосферной станции (КБС) ПИБР ДНЦ РАН в 2011...2018 гг. Координаты экспериментального участка: 44.40720 с. ш. - 46.24771 в. д. Поставленная цель достигалась путем создания на поверхности солончака коркового, площадью 4 м², прослойки из илисто-песчаных фракций почвы. Для этого использовался древесный материал, выступающий над поверхностью почвы на 0,2 м. Изучалась морфология почв согласно «Классификации и диагностики почв России» (Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова), проводились анализы, учеты и наблюдения по: влажности, наименьшей влагоемкости (НВ), плотности, пористости, химизму и степени засоления почвы, определяли видовой состав и накопление фитомассы растениями по известным методикам.

Результаты. На территории Терско-Кумской низменности наблюдается постоянное перемещение воздушных масс, распространяющееся на 10...15 т/га илисто-песчаных фракций с запасом семян дикорастущих фитоценозов (Гасанов, 2004, 2006) и до 0,2 % общего гумуса (Гасанова, 2007). Этот материал, встретив на своем пути механические препятствия, оседает вокруг них. Семена дикорастущих представителей фитоценозов после выпадения осадков в течение первого же года прорастают. В последующие 2...3 года формируется полноценный фитоценоз и на поверхности солончака коркового образуются бугры и бугорочки, занятые растительностью. Можно предположить, что создание на поверхности солончака, вместо единичных кочек и бугров, сплошного слоя с илисто-песчаными наносами и семенами сорняков позволило бы создать гумусовый горизонт, а в перспективе – новый вид или разновидность почвы иного таксономического уровня, нежели солончак корковый.

Результаты нашего эксперимента подтверждают такую возможность. В течение 2011...2018 гг. такой слой мощностью 5 см ± 0,8 см, содержащий 1,06 % гумуса, был создан, что позволило нам классифицировать маломощный корковый карбонатный слабогумусированный солончак в маломощный реградированный, карбонатный, солончаковый, слабогумусированный вид солончака реградированного (полевой определитель почвы России, 2004). Согласно классификации и диагностике почв России 2004, данный вид почвы следует называть солончаком реградированным ($Ск^w [W_{ael} - A_{J,s} - B_{CA,s} - C_{ca,s}]$), вместо ($Ск^k [A_{J_k} - A_{J,s} - B_{CA,s} - C_{ca,s}]$) солончака коркового (рисунок 1).



Рисунок 1 – Профиль солончака реградированного с темной прослойкой гумусового горизонта на экспериментальном участке, 2018 г.

Сульфатно-хлоридный тип засоления солончака коркового сохраняется и на солончаке реградированном, но степень засоления при этом снижается: от очень сильной степени в слоях 0...5 и 6...15 см до слабой и средней степени, соответственно по тем же слоям. Объяснение этому факту следует искать в динамике влажности почвы сравниваемых разновидностей почв.

Наибольшие отклонения во влажности почвы между солончаком корковым и реградированном наблюдаются в слое 0...20 см: за 2016...2018 гг. средняя величина ее в первом случае составила $18,9 \pm 0,9$ %, в слое 20...60 см – $15,9 \pm 1,1$ %, в слое 60...100 см – $16,0 \pm 0,8$ %. В солончаке реградированном в самом верхнем из этих слоев она снижалась до $15,8 \pm 1,4$ %, в последующих двух слоях – до $14,7 \pm 1,5$ - $14,8 \pm 1,3$ % (рисунок 2).

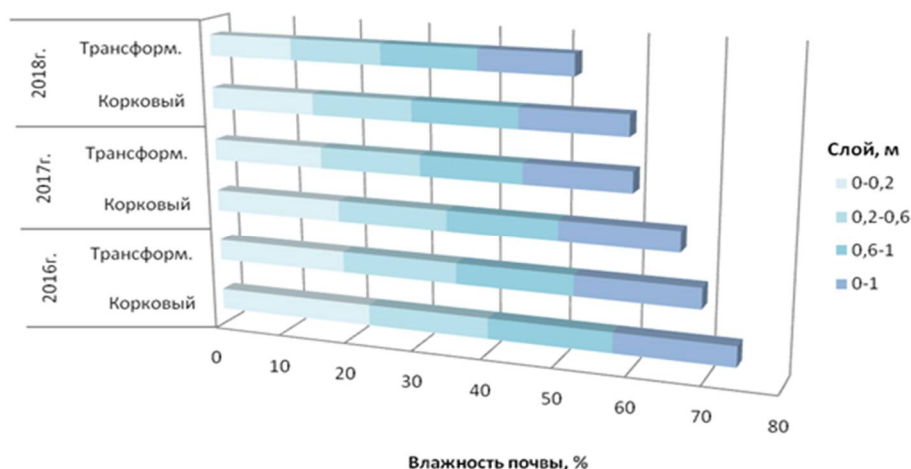


Рисунок 2 – Влажность метровой толщи по слоям солончака коркового и реградированного за 2016-2018 гг., % от сухой почвы

Основная причина снижения влажности в слое 0-5 см солончака реградированного – это высокая водопроницаемость (2,2 мм/мин) светло-гумусового золово-аккумулятивного горизонта W_{ael} и ускоренное проникновение влаги к нижележащим слоям. На солончаке корковом плотность почвы ($1,30 \text{ г/см}^3$) светло-гумусового коркового горизонта AJ_k такой же мощности превышала аналогичный показатель горизонта W_{ael} солончака реградированного ($1,17 \text{ г/см}^3$) на $0,13 \text{ г/см}^3$. Поэтому значительная часть осадков терялась с поверхности почвы на физическое испарение, не успев проникнуть в более глубокие слои. Второй причиной снижения влажности солончака реградированного могло быть использование влаги на формирование фитомассы функционирующим фитоценозом.

При расчетах суммарного расхода воды с 1 га площади солончака коркового и реградированного нами исключены потери влаги на глубокую фильтрацию из-за незначительного количества осадков (годовая сумма 150...350 мм) и глубокого (более 3,0 м) расположения грунтовых вод на экспериментальном участке. Исключалась и боковая подпитка из оросительных систем, рек и озер, их нет совершенно в радиусе 30 км от участка. Поэтому в приходную часть баланса воды вошли только две статьи: использованная из почвенных запасов и атмосферные осадки (таблица 1).

В расходной части баланса потери воды на солончаке корковом были только на физическое испарение, а на солончаке реградированном – на транспирацию (растениями) и физическое испарение с поверхности почвы. При этом на физическое испарение из почвы в первом случае потрачено на $140 \text{ м}^3/\text{га}$ больше, чем на эвапотранспирацию (суммарный расход на испарение и транспирацию растениями) ее на солончаке реградированном.

Таблица 1 – Расход воды из слоя 0...1,0 м солончака коркового и реградированного, 2016...2018 гг., м³/га

Вид солончака	Год	Запасы влаги в слое 0-1,0 м		Использовано из почвы	Осадки	Суммарный расход
		в начале вегетации	в конце вегетации			
Корковый	2016	2880	2490	1050	3060	4110
	2017	2520	1860	660	1440	2100
	2018	2450	1990	460	1320	1780
	Средн.	2620	2110	720	1940	2660
Регради- рованный	2016	2500	1780	720	3060	3780
	2017	2310	1860	450	1440	1890
	2018	2180	1620	560	1320	1880
	Средн.	2330	1750	580	1940	2520

Увеличение потерь воды с каждого гектара солончака коркового в течение вегетационного периода в условиях аридного водного режима почвы, когда исключается поступление влаги атмосферных осадков в глубокие слои, является фактором дополнительного вовлечения водорастворимых солей из более глубоких слоев почв в поверхностные.

На солончаке реградированном, наоборот, снижается испарение влаги (под эоловым слоем), соответственно, снижается капиллярный подъем влаги с растворенными в ней солеобразующими ионами из более глубоких слоев почвы в поверхностные. Кроме того, из солончака реградированного одновременно с почвенной влагой перемещаются водорастворимые соли в область с относительно высоким осмотическим давлением на прилегающей части солончака коркового. Капиллярно-осмотический поток влаги из области с относительно низкой концентрацией водорастворимых солей под эоловым слоем в солончаке реградированном перемещается к области с повышенной их концентрацией в солончаке корковым. Этим объясняется увеличение количества солеобразующих ионов Cl⁻ до 9,56 мг-экв., SO₄²⁻ – до 13,17 мг-экв. /100 г почвы в слое 0...5 см солончака коркового и соответственно до 9,11 и 14,33 мг-экв. /100 г почвы в слое 6...10 см. В этих же слоях солончака реградированного их количество уменьшилось до 2,00 и 9,33 в слое 0...5 см, до 2,33 и 10,99 мг-экв. /100 г почвы в слое 6...10 см. Тип засоления (хлоридно-сульфатный) солончака коркового и реградированного не изменился, но степень засоления от очень сильной на солончаке корковом снизился до слабой в слое 0...5 см и средней степени в слое 6...10 см.

Таблица 2 – Динамика водно-физических показателей плодородия солончака коркового и реградированного за 2011-2018 гг.

Слой почвы, см	Солончак корковый	Солончак реградированный	Солончак реградированный ± к солончаку корковому
Плотность почвы, г/см ³			
0-5	1,30±0,05	1,17±0,06	-0,13
6-15	1,36±0,04	1,24±0,06	-0,12
Пористость, %			
0-5	51,1±0,4	56,0 ±0,5	+4,9
6-15	48,9±0,5	53,4 ±0,5	+4,5
Наименьшая влагоемкость (НВ), %			
0-5	27,0±0,4	29,3±0,7	+2,3
6-15	25,3±0,5	27,9±0,5	+1,6
Водопроницаемость, мм/мин			
0-5	0,10±0,02	2,2±0,05	в 22 раза
6-15	0,08±0,01	0,4±0,03	в 5 раз

Изменились гранулометрический состав и водно-физические показатели плодородия почвы: солончак корковый легкосуглинистый с 29,8 % физической глины перешел в другую разновидность – супесчаный, где содержание ее снизилось до 18,5 %. Снизилась плотность почвы, но отмечено значительное повышение других показателей водно-физических свойств солончака коркового (таблица 2).

Плотность слоя 0-15 см снижается в среднем на 0,12 г/см³, пористость повышается на 4,7 %, наименьшая влагоемкость – на 2,0 % водопроницаемость по слоям в 22 и 2 раза.

За период с 2011 по 2018 гг. количество растений на 1 м² увеличивалось с 58 до 128 экз./м², проективное покрытие – с 27 до 77 %, урожайность надземной фитомассы – с 0,65 до 2,15 т/га (рисунок 3).



Рисунок 3 – Зеленый островок на солончаке реградированном, 2018 г.

Реградация солончака коркового позволяет использовать 11...16 % из поступающей на 1 см² поверхности почвы 50,87 ккал ФАР для создания естественного фитоценоза [4], накоплению 1,85 т/га углерода с созданной надземной и подземной фитомассой и способствует снижению эмиссии углерода из почвы.

Обсуждение. В последние годы в почвоведении определилось новое направление – генезис и география почв экстремальных условий. Оно основано на том, что почвы и почвоподобные тела (солоиды) могут развиваться и в экстремальных условиях: при недостатке или избытке ресурсов [2, 9-13]. Среди них на первое место ставится разновидность климатически-экстремальных почв, недостаточно обеспеченных теплом (регионы северных широт) или влагой (засушливые районы) [2]. Северо-Западный Прикаспий может быть отнесен ко второй разновидности из этих регионов, где активное почвообразование происходит в ограниченный период времени (в период с оптимальными температурами воздуха и количеством осадков). Из-за неблагоприятного сложения этих факторов территория региона подвергается опустыниванию и усиленному вторичному засолению.

В биологической и аграрной науке приводятся примеры вовлечения солончаков в аграрное производство с помощью промывок большим током воды, агромелиоративных и химических приемов с применением механической обработки почвы. Указанные приемы мелиорации неприемлемы в дефляционных ландшафтах, поскольку любое механическое воздействие на почву вызывает усиление процессов дефляции и опустынивание территории, а фитомелиорация здесь невозможна, поскольку корковые солончаки не заселяются растениями.

В этих условиях оказалось возможным трансформация солончака коркового в реградированный, путем накопления на его поверхности илисто-песчаных фракций с семенами дикорастущих видов растений. О возможности создания таким путем новых

почв свидетельствуют результаты исследований Прокофьевой и др. (2015). Даже атмосферная пыль, считают они, может явиться материалом для почвообразования в городских условиях в течение 10-20 лет.

Как указывает М.А. Глазовская (2009), эоловые процессы играют важную роль в почвообразовании в горных условиях. «Необходимым условием образования таких почв является наличие сомкнутого растительного покрова», считает она, – «При участии фауны беспозвоночных вновь осаждающийся эоловый мелкозем перемещается внутрь почвенной толщи, обогащается гумусом, илом и оструктурируется».

Эти высказывания известных почвоведов с еще большим основанием можно отнести и к нашему случаю, поскольку в этих условиях ежегодно дефлируется 10...15 т/га эолового материала и он, согласно полученным нами данным, играет значительную роль в положительной трансформации солончака коркового.

Высказанное нами положение об улучшении водно-физических свойств почвы при создании на поверхности солончака эолового горизонта подтверждается результатами исследований [5], согласно которым илисто-песчаные фракции заполняют трещины, образующиеся в летний период на солончаках, «расширяют и углубляют» их, действуя «как клин, разбивающий почву». Только для его накопления на поверхности солончака надо создать соответствующие условия, в том числе и искусственные препятствия, желательно из органического материала.

Однако в данной области необходимы дальнейшие исследования по роли фауны беспозвоночных и подземной фитомассы в внутрипочвенной метаморфизации эолового материала, в обогащении его гумусом питательными элементами, улучшении водно-физических свойств, структурного состояния почвы и другим вопросам.

Заключение. Выявлена возможность трансформации илисто-песчаного слоя с семенами дикорастущих фитоценозов, создаваемого на поверхности солончака коркового в гумусовый эолово-аккумулятивный горизонт W_{ael} , мощностью 5 см $\pm$ 0,8 см и содержанием 1,06 % гумуса. При этом профиль солончака коркового $Ск^k [AJ_k - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$ трансформируется на профиль солончака реградированного $Ск^w [W_{ael} - AJ_s - BCA_s - Cca_s]$.

Потери влаги из солончака реградированного снижаются по сравнению с солончаком корковым в слое 0-5 см в 2 раза, 5-10 см – в 2,9 раза, 10-20 см – в 3,7 раза. Суммарный расход воды из метрового слоя солончака реградированного на физическое испарение и транспирацию составляет 2520 м³/га, только на физическое испарение с поверхности солончака коркового – на 140 м³/га больше, что приводит к увеличению солеобразующих ионов Cl⁻ и SO₄²⁻ в верхних горизонтах солончака коркового и уменьшению их в солончаке реградированном.

Положительная трансформация солончака коркового в реградированный способствует оптимизации или улучшению гранулометрического состава и водно-физических свойств почвы в слое 0-15 см. Плотность этого слоя снижается в среднем на 0,11 г/см³, пористость повышается на 2,0 %, наименьшая влагоемкость – на 1,1 % водопроницаемость – в 3,2 раза. Солончак корковый легкосуглинистый с 29,8 % физической глины переходит в супесчаную разновидность с содержанием ее 18,5 %.

За период с 2011 по 2018 гг. на реградированном солончаке сформирован высокопродуктивный фитоценоз с количеством растений на 1 м² 128 экз./м², проективным покрытием – 77 %, урожайностью надземной фитомассы – 2,15 т/га с содержанием 1,85 т/га углерода, коэффициент использования ФАР составил 0,11...0,16.

Библиографический список:

1. Гидротермические условия формирования видового состава и продуктивности фитоценозов Северо-Западного Прикаспия (на примере Терско-Кумской низменности) [Текст]/ Г.Н. Гасанов, Т.А. Асварова, К.М. Гаджиев и др. //Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20. – № 4 (61). – С. 93-98.
2. Горячкин, С.В. Генезис и география почв экстремальных условий: элементы теории и методические подходы [Текст] /С.В. Горячкин, Н.С. Мергелов, В.О. Таргульян //Почвоведение. – 2019. – №1. – С. 5-19.
3. Зависимость продуктивности пстбищных фитоценозов на различных типах почв Северо-Западного Прикаспия от экологических факторов и ФАР [Текст] / Г.Н. Гасанов, Т.А. Асварова, К.М. Гаджиев, З.Н. Ахмедова, А.С. Абдулаева, Р.Р. Баширов //Аридные экосистемы. – 2017. – Т. 23. – № 2 (71). – С. 24-28.
4. О закономерностях формирования разнообразия почвенных ресурсов дельтовых экосистем [Текст] / Д.Б. АсгEROва, М.З. Залибекова, З.Д. Бийболатова, П.А. Абдурашидова, П.А. Батырмурзаева, В.А. Желновакова // Аридные экосистемы. – 2018. – Т.24. – № 4 (77). – С. 36-43.
5. Панкова, Е.И. Пустынные почвы: свойства, почвообразовательные процессы, классификация [Текст]/ Е.И., Панкова, М.И. Герасимова //Аридные экосистемы. – 2012. – Том 18. – № 2 (51). – С. 5-16.
6. Региональные закономерности распространения почв дельтовых экосистем и возможности их применения в разных континентах [Текст] /З.Г. Залибеков, А.Б. Биарсланов, С.А. Мамаев, Д.Б. АсгEROва, У.М. Галимова, М.С. Султанрахмедов // Аридные экосистемы. – 2017. – Т.23. – № 2 (71). – С. 3-11.
7. Стасюк, Н.В. Оценка динамики опустынивания почвенного покрова низменных территорий Дагестана с использованием космических снимков [Текст] / Н.В. Стасюк, Д.В. Добрынин // Почвоведение. – 2013. – №7. – С. 778-787.
8. Теоретически возможная и практически реализуемая по условиям влагообеспеченности и засоленности продуктивность светло-каштановой почвы Северо-Западного Прикаспия (на примере Кочубейской биосферной станции) [Текст] /Г.Н. Гасанов, Т.А. Асварова, К.М. Гаджиев, З.Н. Ахмедова, А.С. Абдулаева, Р.Р. Баширов // Юг России. Экология и развитие. – 2014. – № 2. – С. 130-138
9. Bockheim, J.G. The soils of Fntarctica [Tekst]/ J.G. Bockheim //Springer. – 2015. – 322 p.
10. Friedmann, E.I. Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert [Tekst]/ E.I. Friedmann // Science. – 1982. – Vol. 215. – P. 1045-1053.
11. Giardino J.R. Principles and Dynamics of the Critical Zone. Developments in Earth Surface Processes [Tekst] / J.R. Giardino, C. Houser // Elsevier. – 2015. – Vol. 19. – 674 p.
12. Jorge-Villar, S.E. Microorganism response to stressed terrestrial environments: a Raman spectroscopic perspective of extremophilic life strategies [Tekst]/ S.E. Jorge-Villar, H.G. Edwards // Life. – 2013. – Vol. 3. – P. 276-294.
13. Verification of Predicted Dynamics of Soil Degradation Using Satellite Imagery [Tekst]/ N.V. Stasyuk, M.A. Tseits, M.V. Konyushkova, M.S. Marechek // Moscow University Soil Science Bulletin. – 2017. – Vol. 72 – № 4. – С. 161-164.

Reference

1. Gidrotermicheskie usloviya formirovaniya vidovogo sostava i produktivnosti fitocенозов Severo-Zapadnogo Prikaspiya (na primere Tersko-Kumskoj nizmennosti) [Tekst]/ G. N. Gasanov, T. A. Asvarova, K. M. Gadzhiev i dr. //Aridnye jekosistemy. - 2014. - T. 20. - № 4 (61). - S. 93-98.
2. Goryachkin, S. V. Genezis i geografiya pochv jekstremal'nyh uslovij: jelementy teorii i metodicheskie podhody [Tekst] /S. V. Goryachkin, N. S. Mergelov, V. O. Targul'yan //Pochvovedenie. - 2019. - №1. - P. 5-19.
3. Zavisimost' produktivnosti pstbischnyh fitocенозов na razlichnyh tipah pochv Severo-Zapadnogo Prikaspiya ot jekologicheskikh faktorov i FAR [Tekst] / G. N. Gasanov, T. A. Asvarova, K. M. Gadzhiev, Z. N. Ahmedova, A. S. Abdulaeva, R. R. Bashirov //Aridnye jekosistemy. - 2017. - T. 23. - № 2 (71). - P. 24-28.

4. О закономерностях формирования разнообразия почвенных ресурсов дел'tovyh]kosistem [Tekst] / D. B. Asgerova, M. Z. Zalibekova, Z. D. Bijbolatova, P. A. Abdurashidova, P. A. Batymurzaeva, V. A. Zhelnovakova // // Aridnye]kosistemy. - 2018. - T.24. - № 4 (77). - P. 36 -43.
5. Pankova, E. I. Pustynnye pochvy: svoystva, pochvoobrazovatel'nye processy, klassifikatsiya [Tekst]/ E. I., Pankova, M. I. Gerasimova //Aridnye jekosistemy. - 2012. - Tom 18. - № 2 (51). - P. 5-16.
6. Regional'nye zakonomernosti rasprostraneniya pochv del'tovyh]kosistem i vmozhnosti ih primeneniya v raznyh kontinentah [Tekst] /Z. G Zalibekov, A. B. Biarslanov, S. A. Mamaev, D. B. Asgerova, U. M. Galimova, M. S. Sultanahmedov // Aridnye jekosistemy. - 2017. - T.23. - № 2 (71). - P. 3-11.
7. Stasyuk, N. V. Ocenka dinamiki opustynivaniya pochvennogo pokrova nizmennyyh territorij Dagestana s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov [Tekst] / N. V. Stasyuk , D. V. Dobrynin // Pochvovedenie. - 2013. - №7. - P. 778-787.
8. Teoreticheski vmozhnaya i prakticheski realizuemaya po usloviyam vlagobespechennosti i zasolennosti produktivnost' svetlo-kashtanovoj pochvy Severo-Zapadnogo Prikaspiya (na primere Kochubejskoj biosfernoj stancii) [Tekst] /G. N. Gasanov, T. A. Asvarova, K. M. Gadzhiev, Z. N. Ahmedova, A. S. Abdulaeva, R. R. Bashirov // Yug Rossii. Jekologiya i razvitie. - 2014. - № 2. - P. 130-138.
9. Bockheim, J.G.The soils of Fntarctica [Tekst]/ J.G. Bockheim //Springer. – 2015. – 322 p.
10. Friedmann, E.I. Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert [Tekst]/ E.I. Friedmann // Science. – 1982. – Vol. 215. – P. 1045-1053.
11. Giardino J.R. Principles and Dynamics of the Critical Zone. Developments in Earth Surface Processes [Tekst] / J.R. Giardino, C. Houser // Elsevier. – 2015. – Vol. 19. – 674 p.
12. Jorge-Villar, S.E. Microorganism response to stressed terrestrial environments: a Raman spectroscopic perspective of extremophilic life strategies [Tekst]/ S.E. Jorge-Villar, H.G. Edwards // Life. – 2013. – Vol. 3. – P. 276-294.
13. Verification of Predicted Dynamics of Soil Degradation Using Satellite Imagery [Tekst]/ N.V. Stasyuk, M.A. Tseits, M.V. Konyushkova, M.S. Marechek // Moscow University Soil Science Bulletin. –2017. –Vol. 72 – № 4. – C. 161-164.

Информация об авторах

Гасанов Гасан Никуевич, заведующий лабораторией почвенных и растительных ресурсов Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (ПИБР ДФИЦ РАН) (РФ,367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45), доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, профессор Дагестанского государственного университета. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6181-5196>.

E-mail: nikuevich@mail.ru

Асварова Татьяна Азимовна, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (ПИБР ДФИЦ РАН) (РФ,367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45), кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5285-9250>. **E-mail:** tatacvar@mail.ru.

Гаджиев Камиль Магомедович, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (ПИБР ДФИЦ РАН) (РФ, 367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45), кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1150-9593>. **E-mail:** kamil5555372@mail.ru.

Баширов Рашид Радифович, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского Федерального исследовательского центра Российской академии наук (ПИБР ДФИЦ РАН) (РФ,367000, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д.45), кандидат с.-х. наук, младший научный сотрудник. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6331-2592>. **E-mail:** pakduik100@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 577.353.4

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-21

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ ВОДЫ В СЕМЕНАХ ПРИ НАБУХАНИИ МЕТОДОМ ЯДЕРНО-МАГНИТНОЙ РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

RESEARCH STEPS AND WATER CONDITIONS IN THE SEEDS DURING SWELLING BY NUCLEAR MAGNETIC RESONANT SPECTROSCOPY

Б. Сапаев¹, доктор физико-математических наук, профессор
И.Ю. Подковыров², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ч.М. Шайманов¹, ассистент

B. Sapaev¹, I.Yu. Podkovyrov², Ch.M. Shaymanov¹

¹Ташкентский государственный аграрный университет

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹Tashkent State Agrarian University

²Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 21.01.2019
Received 21.01.2019

Дата принятия к печати 10.06.2019
Submitted 10.06.2019

Исследование растений, в первую очередь злаков, обеспечивающих большую часть питания человека, обуславливает необходимость всестороннего изучения особенностей физиологии и структуры семян. Данное направление имеет как теоретическое, так и практическое значение. Объектами исследования были семена озимой пшеницы сортов «Хосилдор (Санзар-8)», «Унумли бугдой», «Тезпишар», «Санзар-6», «Санзар-4». Они отличаются разной степенью засухоустойчивости. Опыты проведены на семенах, полученных в полевых и тепличных условиях на разных стадиях созревания в Ташкентском ГАУ. Состояние воды в семенах изучали на конечных этапах созревания с помощью метода спинового ЯМР (ядерно-магнитного резонанса). В результате исследований определены суммарные кривые спада сигнала, полученные на семенах при их подсушивании на воздухе после прерывания развития. Выявлены отличия от сорта «Унумли бугдой» после подсушивания семян до воздушного сухого состояния, которые показывают быстрый спад спинового ЭХО мс. Результаты исследований, полученные методом ЯМР, показывают на гетерогенное распределение воды в семенах пшеницы.

The study of plants, especially cereals, which provide most of the human nutrition, necessitates a comprehensive study of the characteristics of the physiology and structure of seeds. This direction has both theoretical and practical significance. The objects of study were the winter wheat varieties of the «Hosildor (Sanzar-8)», «Unumli Bugdoy», «Tezp-Ishar», «Sanzar-6», «Sanzar-4» varieties. They differ in varying degrees of drought tolerance. Experiments were carried out on seeds obtained in field and greenhouse conditions at different stages of maturation in the Tashkent State Agrarian University. The state of water in the seeds was studied at the final stages of maturation using the method of spin nuclear magnetic resonance. As a result of studies, the total decay curves of the signal obtained on the seeds when they were dried in air after the interruption of development were determined. The differences from the «Unumli Bugda» variety after drying the seeds to an air dry state, which show a rapid decline of the spin echo ms, are revealed. The results of studies obtained by the method of nuclear magnetic resonance, show a heterogeneous distribution of water in the seeds of wheat.

Ключевые слова: семена растений, засухоустойчивость, ядерно-магнитный резонанс, подсушивание семян, спиновое эхо, созревание семян, урожайность.

Key words: plant seeds, drought resistance, nuclear magnetic resonance, drying of seeds, spin echo, seed ripening, yield.

Цитирование. Сапаев Б., Подковыров И.Ю., Шайманов Ч.М. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 177-182. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-21.

Citation. Sapaev B., Podkovyrov I.Yu., Shaymanov Ch.M. Selection of potato varieties for soil-climatic conditions in Orenburg region on irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 177-182. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-21.

Введение. Семена зерновых культур имеют огромное значение в питании человека. Исследование физиологических процессов их созревания и состояния воды представляют не только теоретический, но и практический интерес. Всесторонние исследования распределения воды в семенах в процессе их созревания позволяют дать качественную характеристику зерну, что обуславливает актуальность данного направления [2].

Несмотря на то, что процесс сушки зерна достаточно исследован, в вопросах перераспределения и физиологического действия воды в семени при созревании имеется ряд неизученных явлений. Для характеристики качества зерна важно конечное содержание влаги. Однако жизнеспособность семян, биологическая активность зародыша и эндосперма, физиологическое развитие тканей определяются состоянием воды.

Влияние агротехнических приёмов при выращивании пшеницы на качество семян представлено в исследованиях многих авторов. В работе [8] показана зависимость зимостойкости и урожайности озимых зерновых культур. Посев на ранних оптимальных сроках приводит к значительному (до 20 %) снижению их зимостойкости и урожайности. В опытах Нецадима Н. Н., Пацки О. Е. и Калашникова В. А. приведены данные по использованию современных технологий выращивания и увеличения урожайности зерна озимого ячменя и улучшения его качества [5]. Показано влияние различных элементов выращивания озимой пшеницы сорта Антонина, с применением различных фонов почвенного плодородия, норм удобрений, системы защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Показано, что продуктивность озимой пшеницы во многом зависит от грамотного применения удобрений [6]. Обосновывается необходимость замены старых сортов новыми, более продуктивными, обладающими высокой адаптацией к почвенно-климатическим условиям конкретной местности [3]. Показано значение сроков посева для успешной перезимовки растений и сроков посева для получения высокого урожая зерновых культур [9].

На формирование высокого качества или высокой урожайности у разных сортов озимой пшеницы значительное влияние оказывают условия выращивания [4]. Факторы внешней среды определяют протекание жизненных процессов в растениях [5].

В настоящее время одним из перспективных и достаточно эффективных направлений повышения уровня урожайности является применение стимуляторов роста растений, которые могут быть как природного происхождения, так и синтезированы человеком и являются аналогами фитогормонов. Стимуляторов роста растений комплексно влияют на физиологические и биохимические процессы, протекающие в органах растения [8].

Однако эти исследования не учитывают физиологического состояния воды в тканях семени, что снижает их научную значимость. Как известно, особую роль в жизни семян играет вода, и она определяет в значительной степени состояние семян на всех этапах жизнедеятельности при созревании и формировании, в покое и прорастании [2, 6, 7].

Традиционно содержание воды в семенах измеряется методом высушивания и взвешивания, в том числе на цифровых приборах. Однако данный метод позволяет установить содержание преимущественно свободной воды, которая легко испаряется при нагревании. Содержание такой влаги в зерне на уровне 12-13 % считается нормой. Однако данный метод не учитывает содержание связанной воды, которая входит в состав коллоидов и соединений в тканях зародыша и эндосперма. Эти молекулы воды прочно удерживаются химическими связями и обладают высокой биохимической и физиологической активностью. Метод ядерно-магнитного резонанса позволяет анализировать состояние и распределение именно такой воды, что представляет научный интерес.

Он основан на анализе кривых спада спинного эха от протонов в созревающих семенах пшеницы, однако до настоящего времени подобные исследования не проводились. Закономерности дегидратации при созревании семян очень слабо исследованы. Все это указывает на необходимость детального изучения состояния и распределения воды в созревающих семенах пшеницы. Для этого наиболее подходит метод импульсного ЯМР (ядерно-магнитного резонанса) [4, 10].

Материалы и методы. Объектами исследования были семена озимой пшеницы разной степени засухоустойчивости: «Хосилдор (Санзар-8)», «Унумли бугдой», «Тезпишар», «Санзар-6», «Санзар-4».

Хосилдор (Санзар 8) остистый позднеспелый сорт, морозостойкость - 10-15°C. Засухоустойчивость ниже средней, урожайность 50-55 ц/га «Унумли бугдой» и «Тезпишар» являются сестринскими линиями, поэтому их характеристики схожи. Раннеспелые сорта, морозостойкость 70-80 %, засухоустойчивость высокая, урожайность 35-40 ц/га «Санзар-6», «Санзар-4» также сестринские линии. Раннеспелые сорта, морозостойкость 20-25 %, засухоустойчивость высокая, урожайность 35-40 ц/га.

Для анализа брали семена пшеницы из растений на разных стадиях созревания и выросших в полевых и тепличных условиях. Состояние воды изучали на конечных этапах созревания семян с помощью метода спинного эха ЯМР на кафедре физики и химии в Ташкентском ГАУ.

Преимущества этого метода по сравнению с другими заключается в том, что при весьма малом возмущающем действии на исследуемый объект он был чрезвычайно чувствителен к тонким взаимодействиям и движениям на атомно-молекулярном уровне. Большое значение имеет и сохранность образца в процессе измерений.

Результаты и их обсуждение. Исследования процесса изменения состояния и содержания воды в тканях разных сортов пшеницы имеют много общего. Наиболее наглядно они представлены у сорта «Унумли бугдой», который является своеобразным эталоном. Различия между исследованными сортами и эталоном были небольшими, а тенденции во время сушки одинаковыми. На основании этого представим результаты опытов по сорту «Унумли бугдой», как наиболее наглядные.

Полученные данные показывают значительное изменение веса семян первой партии сорта «Унумли бугдой» (рисунок 1). После подсушивания на воздухе они имели больший исходный вес и при досушивании в первые три дня быстро теряли воду (кривая 1).

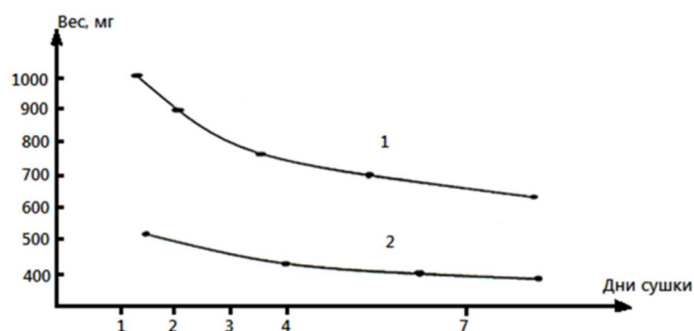


Рисунок 1 – Изменение веса семян сорта Унумли бугдой в процессе подсушивания на воздухе:

1 – семена, собранные за 2 недели до уборки; 2 – семена, собранные за 1 неделю

Семена второй партии в момент сбора весили почти вдвое меньше семян первой партии, поскольку на этой стадии они уже практически сформировались и началось их постепенное подсыхание в колосе. При выдерживании этой партии семян на воздухе

они незначительно теряли воду (кривая 2). Исследования показали, что наблюдаются закономерности быстрого высыхания на воздухе семян с большим содержанием воды. Можно сделать вывод, что на завершающих этапах созревания семян такой признак, как засухоустойчивость, не проявляется и сортовые особенности нужно исследовать на более ранних стадиях созревания зерна.

Установлено, что на седьмой день содержание воды и вес семян после сбора стабилизируются. Этот процесс в более зрелых семенах происходит медленнее. Потери воды при этом составляют около 100 мг. В семенах, собранных недозревшими, колебания веса в результате испарения влаги более значимы (на уровне 300-400 мг). Такое количество равно весу сухого семени.

Зависимости спада сигнала спинного эха от протонов воды свежесобранных семян сорта «Унумли бугдой» на первой стадии показаны на рисунке 2, они имеют сложный характер. При разложении кривой в случае набухания семян наблюдается промежуточная компонента с T_2 -2-3 мс и медленная компонента с T_2 -20-30 мс.

Установлено, что семена более засухоустойчивых сортов (Санзар-4 и Санзар-6) медленнее теряют воду в первые три дня подсушивания и промежуточная компонента у них ниже. Эти сведения могут быть использованы для экспресс-диагностики засухоустойчивости сортов зерновых культур при сортоизучении и сортоиспытании.

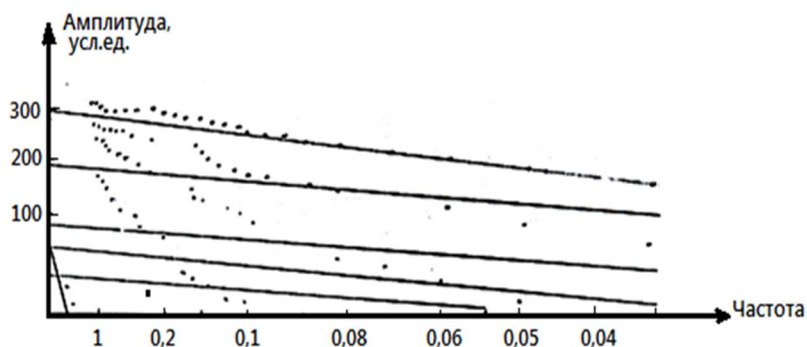


Рисунок 2 – Спад сигнала спинного эха от протонов воды семян пшеницы «Унумли бугдой» в процессе их подсушивания на воздухе.

Семена собраны за 1 неделю до уборки:

1 – в день сбора; 2 – через сутки подсушивания; 3 – через 2 суток; 4 – через 3 суток

Частота спада сигнала спинного эха от протонов воды пропорциональна амплитуде изменения её содержания в семени. Данная закономерность позволяет определить уровень воды в сухих, но проявляющих нормальную жизнедеятельность семенах. Снижение количества влаги менее 100 мг приводит к пересушиванию тканей зародыша и утрате жизнеспособности. Выявление в семенах минимального количества воды, необходимого для поддержания баланса биохимических процессов, является важной задачей для разработки норм долгосрочного хранения зерна. Данный метод позволяет определять необходимый уровень влаги для семян разных культур и сортов, что важно для практики семеноводства.

Заключение. В наших опытах по исследованию состояния воды в последних стадиях созревания зерно сорта «Хосилдор (Санзар-8)», «Унумли бугдой», «Тезпишар», «Санзар-6», «Санзар-4», выращенных в жарких климатических условиях Сурхандарьинской области Узбекистана, изучались методом импульсного спинного эха. При использовании метода спинного эха ядерных магнитных резонансов объект находится под действием очень низких частот. Несмотря на это, он чрезвычайно чувствителен к колебаниям в атомно-молекулярных уровнях. Кроме этого, во время измерений образец сохраняет первичное состояние.

Результаты полученных методом ЯМР исследований показывают гетерогенные распределения воды в семенах.

Суммарные кривые спада сигнала, полученные на семенах при их подсушивании на воздухе после прерывания развития, отличаются от сорта «Унумли бугдой». После подсушивания семян до воздушного сухого состояния остается быстрый спад спинного ЭХО $T=2-0,5$ мс.

Данные исследования и разработка метода определения состояния воды в семенах позволяют моделировать процесс сушки и хранения с целью сохранения жизнеспособности зародыша длительный период.

Библиографический список

1. Аксенов, С. И. Проникновение и распределение воды в семенах пшеницы во время набухания. Физиология растений [Текст] / С. И. Аксенов, Е. А. Головина. – ГОРОД, 1996. – 33/1. – С. 150-158.
2. Атабаева, Х.Н. Бугдой [Текст]/ Х.Н. Атабаева, Б.М. Азизов. – Ташкент, 2008. – С. 9-11.
3. Данилов А. В. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество продукции зерновых культур [Текст]/ А. В. Данилов // Вестник Марийского государственного университета. Серия Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2017. – Т. 3. – № 1 (9). – С. 28-32.
4. Назаренко, Л. В. Факторы внешней среды, их влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур длинного дня на примере пшеницы [Текст]/Л. В. Назаренко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №93(09). – С. 1-25.
5. Нещадим, Н. Н. Урожайность зерна озимого ячменя с применением различных технологий выращивания [Текст]/ Н. Н. Нещадим, О. Е. Пацека, В. А. Калашников // Научный журнал КубГАУ. – 2018. – №137(03). – С. 1-17. DOI: 10.21515/1990-4665-137-021.
6. Нещадим, Н. Н. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Антонина на черноземе выщелоченном в условиях западного Предкавказья [Текст]/ Н. Н. Нещадим, А. С. Скоробогатова, Н. Н. Филипенко // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – №129(05). – С. 1-18. DOI: 10.21515/1990-4665-129-098.
7. Перезимовка и урожайность зерна озимых ржи и тритикале в зависимости от срока посева [Текст]/ Т. С. Вершинина, С. Л. Елисеев, В. А. Попов, О.В. Фотина // Пермский аграрный вестник. – 2016. – №3 (15). – С. 11-16.
8. Потапова, Г.Н. Влияние сроков посева и нормы высева семян на осеннюю вегетацию, зимостойкость и урожайность озимых зерновых культур [Текст]/ Г.Н. Потапова, М.С. Иванова // Сельское хозяйство. Интерактивная наука. – 2017. – №11 (21). – С. 69-75. DOI 10.21661/r-464994.
9. Тагирова, Р. Т. Оценка хозяйственно-ценных признаков сортов озимой мягкой пшеницы в условиях южного Дагестана [Текст]/ Р. Т. Тагирова, К. У. Куркиев, И. А. Агабалаев // Вестник социально-педагогического института. – 2014. – №4 (12). – С. 35-42.
10. Шаймонов, Ч. Бугдой уругини пишиш даврида сувнинг ҳолатини ЯМР спектроскопия методи билан текшириш [Текст]/ Ч. Шаймонов // Ўзбекистон аграр фани хабарномаси журнали. – 2011. – №1-2. – С. 43-44.

References

1. Aksenov, S. I. Pronikновение i raspredelenie vody v semenah pshenicy vo vremya nabuhaniya. Fiziologiya rastenij [Tekst] / S. I. Aksenov, E. A. Golovina. - 1996. - 33/1. - P. 150-158.
2. Atabaeva, H. N. Bugdoj [Tekst]/ H. N. Atabaeva, B. M. Azizov. - Tashkent, 2008. - P. 9-11.
3. Danilov A. V. Vliyanie stimulyatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo produkcii zernovykh kul'tur [Tekst]/ A. V. Danilov // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Sel'sko-hozyajstvennye nauki. Jekonomicheskie nauki. - 2017. - T. 3. - № 1 (9). - P. 28-32.
4. Nazarenko, L. V. Faktory vneshnej sredy, ih vliyanie na rost i razvitie sel'skohozyajstvennykh kul'tur dlinnogo dnya na primere pshenicy [Tekst]/L. V. Nazarenko // Nauchnyj zhurnal KubGAU. - 2013. - №93(09). - P. 1-25.
5. Neschadim, N. N. Urozhajnost' zerna ozimogo yachmenya s primeneniem razlichnykh tehnologij vyraschivaniya [Tekst]/ N. N. Neschadim, O. E. Paceka, V. A. Kalashnikov // Nauchnyj zhurnal KubGAU. - 2018. - №137(03). - P. 1-17. DOI: 10.21515/1990-4665-137-021.

6. Neschadim, N. N. Urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy sorta Antonina na chernozeme vyschelochennom v usloviyah zapadnogo Predkavkaz'ya [Tekst]/ N. N. Neschadim, A. S. Skorobogatova, N. N. Filipenko // Nauchnyj zhurnal KubGAU. - 2017. - №129(05). - P. 1-18. DOI: 10.21515/1990-4665-129-098.

7. Perezimovka i urozhajnost' zerna ozimyh rzhi i tritikale v zavisimosti ot sroka poseva [Tekst]/ T. C. Vershinina, C. L. Eliseev, V. A. Popov, O. V. Fotina // Permskiy agrarnyj vestnik. - 2016. - №3 (15). - P. 11-16.

8. Potapova, G. N. Vliyanie srokov poseva i normy vyseva semyan na osennyyu vegetatsiyu, zimostojkost' i urozhajnost' ozimyh zernovykh kul'tur [Tekst]/ G. N. Potapova, M. S. Ivanova // Sel'skoe hozyajstvo. Interaktivnaya nauka. - 2017. - №11 (21). - P. 69-75. DOI 10.21661/r-464994.

9. Tagirova, R. T. Ocenka hozyajstvenno-cennykh priznakov sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah yuzhnogo Dagestana [Tekst]/ R. T. Tagirova, K. U. Kurkiev, I. A. Agabalaev // Vestnik social'no-pedagogicheskogo instituta. - 2014. - №4 (12). - P. 35-42.

10. Shajmonov, Ch. Bugdoj urugini pishish davrida suvning ? olatini YaMR spektroskopiya metodi bilan tekshirish [Tekst]/ Ch. Shajmonov // Ўzbekiston agrar fani habarnomasi zhurnali. - 2011. - №1-2. - P. 43-44.

Информация об авторах

Сапаев Байрамдурды, профессор кафедры «Физики и химии» Ташкентского государственного аграрного университета (РУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская 2), доктор физико-математических наук, заведующий кафедры. Т. +99899 – 888-10-69. **E-mail:** sapaev.60@mail.ru.

Шайманов Чоршанби Мадиевич, ассистент кафедры «Физики и химии» Ташкентского государственного аграрного университета (РУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская 2), ассистент кафедры. **E-mail:** sapaev.60@mail.ru.

Подковыров Игорь Юрьевич, доцент кафедры «Садоводство и защита растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26). **E-mail:** agrosad@inbox.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 635.632

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-22

ПОДБОР СОРТОВ КРАСНОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ВЕСЕННЕЙ И ПОВТОРНОЙ КУЛЬТУРЫ В УЗБЕКИСТАНЕ SELECTION OF VARIETY OF RED CABBAGE SUITABLE FOR SPRING AND REPLICATE CULTURE IN UZBEKISTAN

М.М. Адиллов, доктор сельскохозяйственных наук

М.Э. Аманова, кандидат сельскохозяйственных наук

О.Г. Гиченкова, кандидат сельскохозяйственных наук

Б.А. Рустамов, ассистент

M.M. Adilov¹, M.E. Amanova¹, O.G. Gichenkova², B.A. Rustamov¹

¹ Ташкентский государственный аграрный университет

² Волгоградский государственный аграрный университет

¹ Tashkent state agrarian university

² Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 18.02.2019

Received 18.02.2019

Дата принятия к печати 12.06.2019

Submitted 12.06.2019

Организация здорового питания предусматривает ежедневное потребление овощей в широком ассортименте. В Узбекистане их производство превосходит нормы потребления, но ассортимент беден и нуждается в расширении. В этой связи большой интерес представляет капуста краснокочанная, которая имеет ряд преимуществ над белокочанной капустой. Кочанные капусты в Уз-

бекистане могут возделываться в весеннем и повторном оборотах, сильно различающихся по температурным условиям. При высадке рассады весной произрастание растений происходит при нарастании температур, а при летней посадке - при уменьшении температуры. В связи с этим для каждого сезона выращивания необходимы свои сорта и гибриды, различающиеся по требованиям к тепловому режиму. Учитывая отсутствие научно обоснованных рекомендаций по подбору сортов краснокочанной капусты для разных сроков возделывания, в 2015-2018 гг. при весенней и повторной культуре были проведены исследования в этом направлении. В 2015 году были изучены коллекционные образцы, в 2016-2017 годы в сортоиспытании - 8 выделившихся из коллекции сортообразцов (Primero F₁, Ranchero F₁, Romanov F₁, Б/н из Китая, Royal F₁, Red Dynasty F₁, Super Red F₁, Omero F₁) и в 2018 г. - 5 (те же без Romanov F₁, Royal F₁ и Super Red F₁). По результатам сортоиспытания было установлено, что все испытанные образцы относятся к группе ранних. Наиболее скороспелым является гибрид Omero F₁. При обоих сроках посадки наибольшее количество листьев образуют Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁, наименьшее Omero F₁, наиболее крупные кочаны формируют - Б/н из Китая, Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁, наиболее мелкие - Royal F₁. Установлено, что при летней посадке образование кочанов происходит лучше, чем при весенней. Образование кочанов идет при более благоприятных температурах. Лучшей завязываемостью кочанов в весенний период отличаются гибриды Red Dynasty F₁ и Omero F₁. Наибольший урожай формируют при весенней культуре Red Dynasty F₁ и Ranchero F₁, при летней - они же и Б/н из Китая. Рекомендуются при обоих способах возделывания районированные гибриды Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁, и передать на государственное сортоиспытание гибрид Omero F₁, как наиболее скороспелый, и сорт Б/н из Китая - как наиболее высокоурожайный при летней культуре.

The organization of a healthy diet provides for daily consumption of vegetables in a wide range. In Uzbekistan, their production exceeds consumption rates, but the range is poor and needs to be expanded. For this great interest is red cabbage, which has several advantages over white cabbage. Cabbage in Uzbekistan can be cultivated in spring and re-circulation, which differ greatly in temperature conditions. When the seedlings are planted in spring, the plants grow when the temperatures rise, and during the summer planting - when the temperature decreases. In this regard, for each growing season requires its own varieties and hybrids, which differ in the requirements for thermal conditions. Given the lack of evidence-based recommendations on the selection of varieties of red cabbage for different terms of cultivation, in 2015-2018. with spring and replicate culture, studies were conducted in this direction. In 2015, collectible samples were studied, in 2016-2017, in variety testing - 8 varieties selected from the collection (Primero F₁, Ranchero F₁, Romanov F₁, B / n from China, Royal F₁, Red Dynasty F₁, Super Red F₁, Omero F₁) and in 2018 - 5 (the same without Romanov F₁, Royal F₁ and Super Red F₁). According to the results of strain testing, it was found that all the tested samples belong to the group of the earliest. The most precocious is the hybrid Omero F₁. With both planting dates, the largest number of leaves is formed by Ranchero F₁ and Red Dynasty F₁, the smallest Omero F₁, the largest heads of cabbages form B / N from China, Ranchero F₁ and Red Dynasty F₁, the smallest are Royal F₁. It was established that during summer planting the formation of heads is better than during spring. Heading goes at more favorable temperatures. In the spring season, hybrids Red Dynasty F₁ and Omero F₁ are distinguished by a better setting of heads. The largest crop is formed in the spring crop - Red Dynasty F₁ and Ranchero F₁, in the summer they are also B / N from China. It is recommended for both methods of cultivation zoned hybrids Ranchero F₁ and Red Dynasty F₁, and to transfer the Omero F₁ hybrid to the state assortment test - as the most precocious and B / N variety from China - as the most high-yielding during summer culture.

Ключевые слова: краснокочанная капуста, сорт, гибрид, весенняя и повторная культура, кочан, товарность, урожайность

Key words: red cabbage, variety, hybrid, spring and repeated culture, heading, marketability, yield.

Цитирование. Адилов М.М., Аманова М.Э., Гиченкова О.А., Рустамов Б.А. Подбор сортов краснокочанной капусты, пригодных для весенней и повторной культуры в Узбекистане. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 182-188. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-22.

Citation. Adilov M.M., Amanova M.E., Gichenkova O.G., Rustamov B.A. Selection varieties of red cabbage suitable to spring and repeated culture in Uzbekistan. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 182-188. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-22.

Введение. В последние годы в развитых странах мира большое внимание уделяется организации здорового питания, обеспечивающего рост, нормальное развитие и жизнедеятельность человека и способствующего укреплению его здоровья и профилактики заболеваний [6, 2, 7, 9, 5].

Одним из важнейших принципов здорового питания, принятым ВОЗ, является употребление несколько раз в день свежих овощей и фруктов местного происхождения (не менее 400 г в сутки) [3, 8, 4].

В Узбекистане производство овощей значительно превышает рекомендуемые нормы потребления. Однако их ассортимент нуждается в расширении. Для этих целей большой интерес представляет капуста краснокочанная, которая превосходит белокачанную по питательной и лечебно-профилактической ценности, жаростойкости, лежкости и другим свойствам [1]. Однако она в Узбекистане является малораспространенной культурой. Ее широкому распространению препятствует отсутствие научно обоснованных рекомендаций возделывания.

Краснокочанная капуста в Узбекистане может выращиваться как при весенней, так и при повторной культурах. Однако эти периоды выращивания очень различаются по температурным условиям. Так, при весенней посадке произрастание растений идет при возрастании температур, а образование кочанов – при высоких летних температурах. При летней же – произрастание – при спаде температур, а образование кочанов – при благоприятной погоде. Поэтому для разных сроков посадки нужны сорта с различными требованиями к теплу, и подбор их является актуальной проблемой.

Сортимент краснокочанной капусты многочислен и весьма разнообразен по продолжительности вегетационного периода, морфологическим признакам, биологическим и хозяйственным свойствам. В различных почвенно-климатических зонах выращиваются определенные сорта и гибриды, адаптированные к местным условиям [6, 7, 4].

Учитывая необходимость подбора сортов краснокочанной капусты для разных сезонов мы провели исследования в данном направлении.

Материалы и методы. Исследования выполнялись в Ташкентском ГАУ методом полевого опыта, который проводился при весенней и летней посадках в течение 4-х лет: по оценке коллекции в 2015 году и по сортоиспытанию - в 2016-2018 годы. В обоих случаях стандартом служил районированный гибрид Primero F₁.

При изучении коллекции было оценено при весенней посадке 7 сортов (Торогани, Б/н из Китая, Б/н из Кореи, Сизая голубка, Колибос, Цзинцзиюн, Ruby Queen) и 9 гибридов F₁ (Primero, Rubin, Варна, Марс MC, Rondale, Romanov, Royal, Ranchero, Рососо). При летней посадке было оценено 24 сортообразца: 16 тех же, что при весенней посадке и дополнительно 3 сорта (Choynge gross, Черногорола, Лангедейкер) и 5 гибридов F₁ (Super red, Red Dinasty, Garance, Red Donavel, Бенефис).

В сортоиспытании в 2016-2017 годы изучались 8 краснокочанных сортообразцов: 7 выделившихся из коллекции (Б/н из Китая, Ranchero, Romanov, Royal, Super red, Red Dinasty, Primero) и популярный на семенном рынке Узбекистана гибрид Omero F₁. В 2018 году из сортоиспытания были исключены гибриды Royal, Romanov, Super red и испытывались только оставшиеся сортообразцы.

Изучение коллекции проводилось без повторений, площадь делянки 5 м². На каждой однорядковой делянке высаживалось по 20 растений по схеме 70х35 см. Сортоиспытание проводилось в 4-х кратной повторности. Площадь делянки 9,5-16,8 м², делянки 3-4 рядковые, длиной 4,5-6 м, растения размещались по схеме 70х30 см. Данные полевых наблюдений обрабатывались методом дисперсионного анализа в программе Statistica.

Результаты исследований. При проведении сортоиспытания было выявлено, что все изученные в нем сортообразцы по скороспелости относятся к группе ранних, имеющих продолжительность вегетационного периода до 90 дней. Среди них первый сбор урожая при обеих культурах раньше всех проводился у Omero F₁ и Primero F₁, позже - у Royal F₁ (таблица 1)

Таблица 1 – Облиственность растений, завязываемость и средняя масса кочанов, товарность урожая сортообразцов краснокочанной капусты при весенней культуре (2016-2018 гг.)

№ № п/п	Сортообразцы	Весенняя посадка				Летняя посадка			
		Число дней от посадки до первого сбора	Кол-во листьев, шт./растения	Завязываемость кочанов, %	Средняя масса кочана, кг	Число дней от посадки до первого сбора	Кол-во листьев, шт./растения	Завязываемость кочанов, %	Средняя масса кочана, кг
1	Primero F ₁ St	84	16,9	81,4	1,01	84	16,3	92,9	1,02
2	Ranchero F ₁	88	18,0	81,3	1,3	85	17,7	89,4	1,16
3	Romanov F ₁	90	15,3	71,2	1,04	87	17,5	86,4	1,0
4	Б/н Китай	88	17,0	79,3	1,07	86	17,1	95,3	1,18
5	Royal F ₁	92	17,6	78,9	0,81	92	15,6	88,9	0,7
6	Red Dynasty F ₁	88	19,6	82,2	1,15	86	17,2	89,3	1,13
7	Super red F ₁	87	19,6	81,6	0,99	84	17,9	90,2	1,07
8	Omero F ₁	77	16,0	84,0	0,93	80	14,9	91,0	1,0

Примечание: по гибридам Royal, Romanov и Super red приведены данные за 2016-2017 гг.

Было определено, что из испытанных сортообразцов при обоих сроках посадки наибольшее количество листьев образуют Ranchero F₁, Super red F₁ и Red Dynasty F₁, наименьшее - Omero F₁.

Лучшую завязываемость кочанов имели при весенней посадке Red Dynasty F₁ и Omero F₁, а при летней – Б/н из Китая, Primero F₁ и Omero F₁. Наименьшей завязываемостью кочанов отличились при обоих сроках посадки у гибрида Romanov F₁. Наиболее крупные кочаны при обеих культурах формировали Ranchero F₁, Б/н из Китая и Red Dynasty F₁, а самые мелкие - Royal F₁.

Наиболее урожайными оказались сортообразцы, формировавшие более крупные кочаны. При весенней культуре, как показал статистический анализ, в 2016 г. достоверно наиболее урожайными оказались гибриды Red Dynasty F₁ и особенно Ranchero F₁. Остальные образцы формировали одинаковый со стандартом урожай. В 2017 г. гибрид Royal F₁ дал достоверно более низкий урожай, чем стандарт Primero F₁. Все остальные образцы достоверно превосходили стандарт по урожайности. Наиболее урожайным был опять Ranchero F₁, который достоверно превосходил все остальные образцы. В 2018 году гибрид Omero F₁ достоверно уступал по урожайности стандарту. Остальные три образца (Ranchero F₁, Red Dynasty F₁ и Б/н из Китая) по урожайности были одинаковы со стандартом Primero F₁.

В среднем за годы исследований при весенней культуре наибольший общий и товарный урожай сформировали Ranchero F₁ (прибавка к стандарту 30,6%) и Red Dynasty F₁ (15,5%), гибрид Royal F₁ оказался низкоурожайным. Остальные испытанные образцы по урожайности были одинаковы со стандартом, т.к. у них прибавка в урожае к стандарту была менее 5% (таблица 2).

Таблица 2 – Общий и товарный урожай сортообразцов краснокочанной капусты при весенней и повторной культуре

Сортообразцы	Общий урожай, т/га				% к St Primero F1	Товарный урожай, т/га				% к St Primero F1
	2016	2017	2018	сред. за 3 года		2016	2017	2018	сред. за 3 года	
Весенняя культура										
Primero F1 St	28,7	39,5	40,83	36,3	100	25,4	35,1	35,7	32,1	100
Ranchero F1	47,4	51,4	43,3	47,4	130,6	45,9	44,9	37,8	42,9	133,6
Romanov F1	31,4	43,6	-	-	-	26,7	34,4	-	-	-
Б/н из Китая	27,7	44,6	38,6	37,0	101,9	22,2	38,1	32,7	31,0	96,6
Royal F1	27,2	26,3	-	-	-	22,4	18,3	-	-	-
Red Dynasty F1	37,0	46,5	42,5	42,0	115,7	30,3	40,0	37,0	35,8	11,5
Super red F1	25,1	44,8	-	-	-	22,4	38,2	-	-	-
Omero F1	30,6	46,1	34,0	36,9	101,7	26,3	41,3	30,0	32,5	101,2
Sx	0,88	0,56	0,36							
HCP05	5,1	3,3	3,3							
Повторная культура										
Primero F1 St	31,5	40,2	38,3	36,7	100	27,1	34,2	33,7	31,7	100
Ranchero F1	42,7	46,0	40,7	43,1	117,1	38,1	40,4	35,8	38,1	120,2
Romanov F1	29,7	28,9	-			21,6	23,1	-	-	-
Б/н из Китая	48,2	43,2	40,3	43,9	119,3	42,0	37,1	40,3	39,8	125,5
Royal F1	19,1	21,0	-			14,9	16,6	-	-	-
Red Dynasty F1	41,2	43,0	37,7	40,6	110,3	35,1	35,0	33,1	34,4	108,5
Super red F1	39,1	43,3	-			32,2	36,1	-	-	-
Omero F1	33,0	42,9	38,1	38,0	103,5	28,3	37,3	33,5	33,0	104,1
Sx	0,4	0,8	0,45							
HCP05	2,5	5,1	2,6							

В повторной культуре по сравнению с Primero F₁ в 2016 году имели достоверно более низкий урожай - Royal F₁, более высокий - Б/н из Китая, Ranchero F₁, Red Dynasty F₁, Super red F₁. Гибриды Omero F₁ и Romanov F₁ имели одинаковую со стандартом урожайность. В 2017 году более низкой урожайностью - Romanov F₁ и Royal F₁, более высокой - Ranchero F₁, одинаковой - остальные. В 2018 году все испытанные образцы имели одинаковую урожайность, т.к. разница между ними была меньше НСР. В среднем за годы исследований существенную прибавку в урожае дали - Б/н из Китая, Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁, явно низко урожайными оказались - Royal F₁ и Romanov F₁.

Заключение. Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Все испытанные образцы краснокочанной капусты по скороспелости относятся к группе ранних, наиболее скороспелым из них является Omero F₁.
2. Из испытанных образцов при обоих сроках посадки наибольшим количеством листьев розетки отличались Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁, Super red F₁, а наименьшим - Omero F₁. Более крупные кочаны формируют Б/н из Китая, Ranchero F₁, Red Dynasty F₁, самые мелкие - Royal F₁.
3. Завязываемость кочанов при летней повторной культуре бывает выше, чем при весенней. Лучшей завязываемостью при весенней посадке отличались: Red Dynasty F₁ и Omero F₁, при летней - Б/н из Китая, Primero F₁ и Omero F₁.

4. Наиболее высокий общий и товарный урожай формируют при весенней культуре Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁, при повторной - Ranchero F₁, Б/н из Китая, Red Dynasty F₁. Гибрид Royal F₁ при обоих сроках посадки значительно уступает по урожайности стандарту, а остальные гибриды были близки к нему.

5. Рекомендуются в обеих культурах возделывать районированные гибриды Ranchero F₁ и Red Dynasty F₁ и передать на государственное сортоиспытание для весенней культуры гибрид Omero F₁, как наиболее скороспелый, и для повторной - сорт Б/н из Китая, как наиболее высокоурожайный.

Библиографический список

1. Абдишукурулы, О. Капустное шоу [Текст]/ О. Абдишукурулы // Agroelem. – 2013. – № 3 (44). – С. 20-21.
2. Бондаренко, Г.Л. Капуста краснокочанная [Текст]/ Г.Л. Бондаренко, К.К. Плешков // Все об огороде. – Киев: Урожай, 2000. – С. 130-131.
3. Бриллиантова Р. Перспективные сорта краснокочанной капусты [Текст]/ Р. Бриллиантова // Уральский садовод. – 2013. – № 2. – С. 13-15.
4. Круглова, Н.А. Перспективные гетерозисные гибриды краснокочанной капусты [Текст] / Н.А. Круглова, А.А. Лежнина // Картофель и овощи. – 2008. – № 1. – С. 28.
5. Лудилов, В.А. Капуста краснокочанная [Текст]/ В.А. Лудилов, М.И. Иванова // Все об овощах. – М.: Фитон. 2010. – С. 137-138.
6. Anthocyanin rich extract of Brassica oleracea L.alleviates experimentally induced myocardial infarction [Tekst]/ Sarmita Jana1, Dipak Patel1, Shweta Patel, Kapil Upadhyay, Jaymesh Thadani, Rahul Mandal, Santasabuj Das, Ranjitsinh Devkar // PLOS ONE. – 12(8). – e0182137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182137>.
7. Anthocyanin-Rich Extract from Red Chinese Cabbage Alleviates Vascular Inflammation in Endothelial Cells and Apo E-/- Mice [Tekst]/ Kyoung Joo Hee, Choi Sunga, Lee Yu Ran, Lee Eun Ok, Soo Park Myoung, Been Park Kyu, Kim Cuk-Seong, Lim Yong Pyo, Park Jong-Tae, Jeon Byeong Hwa // Int. J. Mol. Sci. – 2018. – №19. – P. 816. doi:10.3390/ijms19030816.
8. Mikhailyn, V.I. Efficiency of fertilizing in the technology of red cabbage growing [Tekst] / V.I. Mikhailyn // News of Poltava State Agrarian Academy. – 2014. – № 3. – P. 164-166.
9. Shaum, Shiyun. Nephroprotective of anthocyanin pigments extract from red cabbage (brassica oleracea l. Var. Capitata f. Rubra) against gentamicin-captopril-induced nephrotoxicity in rats [Tekst] / Shiyun Shaum, Lita Rizkika Sari Herlina // Asian J Pharm Clin Res. – 2018. – Vol. 11. – Issue 4. – P. 432-436.

References

1. Abdishukuruly, O. Kapustnoe shou [Tekst]/ O. Abdishukuruly // Agroelem. - 2013. - № 3 (44). - P. 20-21.
2. Bondarenko, G. L. Kapusta krasnokochannaya [Tekst]/ G. L. Bondarenko, K. K. Pleshkov // Vse ob ogorode. - Kiev: Urozhaj, 2000. - P. 130-131.
3. Brilliantova R. Perspektivnye sorta krasnokochannoj kapusty [Tekst]/ R. Brilliantova // Ural'skij sadovod. - 2013. - № 2. - P. 13-15.
4. Kruglova, N. A. Perspektivnye geterozisnye gibridy krasnokochannoj kapusty [Tekst] / N. A. Kruglova, A. A. Lezhnina // Kartofel' i ovoschi. - 2008. - № 1. -P. 28.
5. Ludilov, V. A. Kapusta krasnokochannaya [Tekst]/ V. A. Ludilov, M. I. Ivanova // Vse ob ovoschah. - M.: Fiton. 2010. - P. 137-138.
6. Anthocyanin rich extract of Brassica oleracea L.alleviates experimentally induced myocardial infarction [Tekst]/ Sarmita Jana1, Dipak Patel1, Shweta Patel, Kapil Upadhyay, Jaymesh Thadani, Rahul Mandal, Santasabuj Das, Ranjitsinh Devkar // PLOS ONE. – e0182137. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182137>.

7. Anthocyanin-Rich Extract from Red Chinese Cabbage Alleviates Vascular Inflammation in Endothelial Cells and Apo E^{-/-} Mice [Tekst] / Kyoung Joo Hee, Choi Sunga, Lee Yu Ran, Lee Eun Ok, Soo Park Myoung, Been Park Kyu, Kim Cuk-Seong, Lim Yong Pyo, Park Jong-Tae, Jeon Byeong Hwa // Int. J. Mol. Sci. – 2018. – №19. – P. 816. doi:10.3390/ijms19030816.

8. Mikhailyn, V.I. Efficiency of fertilizing in the technology of red cabbage growing [Tekst] / V.I. Mikhailyn // News of Poltava State Agrarian Academy. – 2014. – № 3. – P. 164-166.

9. Shaum, Shiyun. Nephroprotective of anthocyanin pigments extract from red cabbage (*Brassica oleracea* L. Var. Capitata f. Rubra) against gentamicin-captopril-induced nephrotoxicity in rats [Tekst] / Shiyun Shaum, Lita Rizkika Sari Herlina // Asian J Pharm Clin Res. – 2018. – Vol. 11. – Issue 4. – P. 432-436.

Информация об авторах

Адилов Махсуд Мирваситович, профессор кафедры овощеводства, бахчеводства и картофелеводства Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская 2), доктор сельскохозяйственных наук. **E-mail:** m.m.adilov@mail.ru.

Аманова Махфират Эшовна, доцент кафедры «Овощеводства, бахчеводства и картофелеводства» Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская 2), кандидат сельскохозяйственных наук.

Гиченкова Ольга Геннадьевна, доцент кафедры «Садоводство и защита растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук. **E-mail:** Olga.gichenkova@mail.ru.

Рустамов Бехзот Абдумаликович, ассистент кафедры овощеводства, бахчеводства и картофелеводства Ташкентского государственного аграрного университета (ПУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская 2). **E-mail:** Behzodv91@gmail.com.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ.
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ**

УДК 338.24

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-23

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ
МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ**

**ASSESSMENT AND THE CURRENT STATE
OF THE DAIRY PRODUCTION IN RUSSIA**

И.Ф. Горлов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

Г.В. Федотова, доктор экономических наук, доцент

Н.И. Мосолова, доктор биологических наук

В.Н. Сергеев, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН

А.В. Глушенко, доктор экономических наук, профессор

Е.С. Воронцова, аспирантка

**I.F. Gorlov, G.V. Fedotova, N.I. Mosolova,
V.N. Sergeev, A.V. Glushenko, E.S. Voroncova**

*Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград*

*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat- And-Milk Production, Volgograd*

Дата поступления в редакцию 23.04.2019
Received 23.04.2019

Дата принятия к печати 17.06.2019
Submitted 17.06.2019

Интенсификация молочного производства в России является одним из стратегических направлений обеспечения продовольственной безопасности страны. Предметом изучения в данной статье является общая динамика развития и современное состояние молочного производства в России. Анализ состояния молочной отрасли за последние годы показывает, что существует ряд факторов, объективно сдерживающих развитие рассматриваемого комплекса. Поиск резервов и путей увеличения объемов производства молока позволит усилить положительный тренд роста этой важной отрасли в России. Исследования проводились с применением методов цифрового графического представления информации, трендового анализа, метода сопоставления, аналогии и систематизации. Оценка динамики производства продуктов питания, входящих в перечень критериев безопасности Доктрины продовольственной безопасности России, показала, что на начало 2019 года не выполнены показатели по молоку. При необходимой обеспеченности 90 % фактически этот показатель составил 75 %. Для преодоления отставания необходимы меры интенсификации производства молочного сырья, совершенствование работы молочных ферм и комплексов, улучшение условий содержания и кормления животных, оптимизация селекционно-племенной работы, обеспечения предприятий качественным поголовьем. На все эти направления необходимы инвестиционные ресурсы, которые можно привлечь из государственного и частного бизнеса, но при условии создания благоприятной конкурентной среды для отечественных производителей молока и ограничения ввоза молока из стран ближнего зарубежья. Оценка потенциала молочного производства показала, что существуют большие неиспользованные резервы в производственной цепочке, которые при их интенсификации в существующих условиях позволят существенно нарастить объемы производства.

Intensification of dairy production in Russia is one of the strategic directions for ensuring the country's food security. The subject of study in this article is the general dynamics of development and modern state of dairy production in Russia. Analysis of the state of development of

the dairy industry in recent years shows that there are a number of factors that objectively constrain the development of the complex under consideration. The search for reserves and ways to increase milk production will enhance the growth trend of this important industry in Russia. The studies were carried out using the methods of digital graphic representation of information, trend analysis, comparison method, analogy and systematization. An assessment of the dynamics of food production included in the list of safety criteria of the Doctrine of Food Security of Russia showed that at the beginning of 2019 milk indicators were not met. With the necessary availability of 90%, in fact, this figure was 75%. To overcome this lag, measures are needed to intensify the production of dairy raw materials, to improve the work of dairy farms and complexes, to improve the conditions of keeping and feeding animals, to optimize breeding and breeding work, to provide enterprises with high-quality livestock. All these areas require investment resources that can be attracted from public and private business, but subject to the creation of a favorable competitive environment for domestic milk producers and restrictions on the import of milk from neighboring countries. An assessment of the potential of dairy production has shown that there are large untapped reserves in the production chain, which, if they are intensified, will make it possible to significantly increase production volumes in the existing conditions.

Ключевые слова: молочная отрасль, производство молока, экспорт продуктов питания, продовольственная безопасность, поголовье животных.

Key words: dairy industry, milk production, food exports, food safety, livestock.

**Работа выполнена по теме Государственного задания №0716-2019-0002
Министерства науки и высшего образования**

Цитирование. Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Мосолова Н.И., Сергеев В.Н., Глушченко А.В., Воронцова Е.С. Оценка современного состояния молочного производства в России. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 189-197. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-23.

Citation. Gorlov I.F., Fedotova G.V., Mosolova N.I., Sergeev V.N., Glushchenko A.V., Vorontsova E.S. Assessment and the current state of the dairy production in Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 189-197. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-23.

Введение. Продовольственная безопасность населения страны является важным вектором развития любого государства и критерием защищенности от внешних угроз. Утвержденные Доктриной продовольственной безопасности России пороговые значения обеспеченности страны продуктами питания на начало 2019 года, за некоторым исключением, достаточны для полного обеспечения населения необходимыми продуктами. Оценка количественных показателей произведенных продуктов питания по итогам 2018 года показала [6], что объемы производства сельскохозяйственного сырья и продукции растут на протяжении последних 8 лет (рисунок 1).

Согласно представленному графику 1, видим, что общая тенденция производства продукции сельского хозяйства направлена на рост объемов производства животноводческой и растениеводческой продукции. Нарастание продукции АПК несколько замедлилось в 2017 году и даже несколько снизилось в 2018 году за счет сокращения объемов производства продукции растениеводства [7]. Данный фактор является сдерживающим, поскольку Доктриной продовольственной безопасности России декларированы целевые индикаторы, выполнение которых необходимо для поддержания уровня продовольственной независимости нашей страны. Объемы производства продуктов питания показывают, что фактически все критерии выполнены, за исключением позиции «молоко и молочные продукты», которая по-прежнему не достигает нижнего порогового значения Доктрины [15].

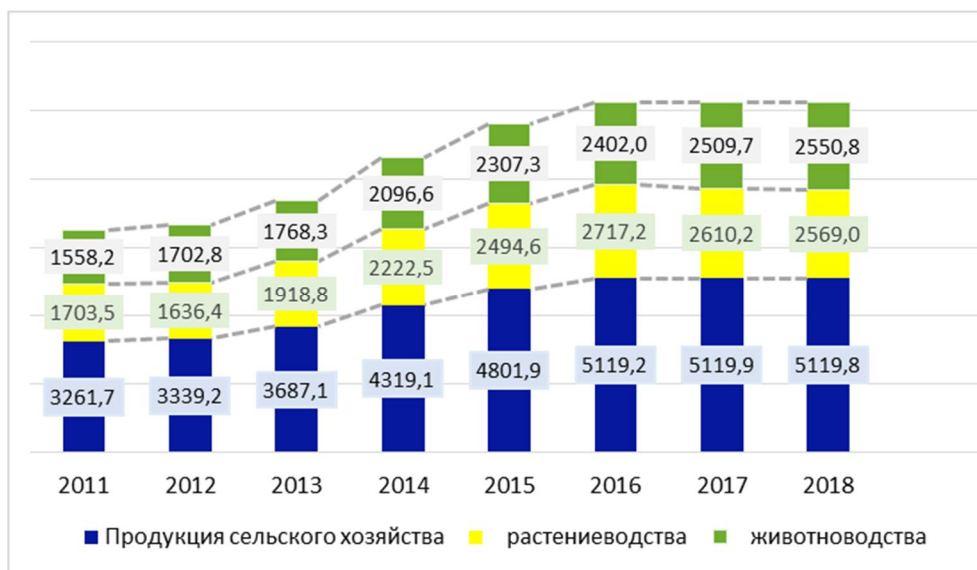


Рисунок 1 – Динамика производства продукции сельского хозяйства России за период 2011-2018 гг., млрд руб.

Для наращивания объемов производства сельхозпродукции следует решить проблему высоких потерь сельхозсырья, которое передается в переработку и для изготовления продуктов питания. Так, исследования член-корр. РАН Сергеева В.Н. доказывают, что фактически в перерабатывающую и пищевую промышленность попадает от 27,0 до 88,5 % всей произведенной продукции (таблица 1).

Таблица 1 – Производство и реализация основных продуктов сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в 2016 г. (млн тонн)

Показатель	Произведено	Реализовано	Гр. 3 в % к гр. 2
Зерно	120,7	83,1	69
Сахарная свекла	51,4	43,6	85
Подсолнечник	11	8,8	80
Картофель	31,1/24,2*	8,5	27
Овощи	16,3/10,8*	6,7	41
Скот и птица (в живом весе)	13,9	12,3	88,5
Молоко	30,7	20,7	67,4
Яйца, млрд шт.	43,5	32,1	74

*- произведено в ЛПХ.

Представленные в графе 4 таблицы 1 цифры отражают фактически реализованную продукцию, произведенную сельскохозяйственными предприятиями, остальная часть составляет потери, которые пополняются за счет импорта продовольствия [8].

Необходимо заметить, что Доктрина 2010 года скоро будет пересмотрена, уже готов Проект Указа Президента Российской Федерации «О внесении изменений в Доктрину продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденную Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120» (подготовлен Минсельхозом России 15.01.2018), согласно которому перечень индикаторов будет расширен за счет 2 позиций «овощи и бахчевые – не менее 90 %», «фрукты и ягоды – не менее 70 %». С нашей точки зрения, предлагаемая Министерством сельского хозяйства России новая редакция Доктрины больше соответствует рациональным нормам питания человека, так как расширяет продуктовые резервы доступной продукцией растениеводства.

Результаты и обсуждение. Россия достигла продуктовой обеспеченности согласно нижним пороговым значениям Доктрины по всем критериям, за исключением молока и молочных продуктов. Анализ показал, что в 2018 году обеспеченность населения молочной продукцией составляла 75 % (пороговый уровень 90 %), тем не менее, этот уровень достаточен для того, чтобы внутренний молочный рынок страны был стабилен. Существующий дефицит молочной продукции компенсируется импортом. Россия закупает не только молоко, но и другие продукты, производство которых упало за последние годы.

Сравним объемы производимых продуктов питания за период 2010-2017 гг. (рисунок 2).

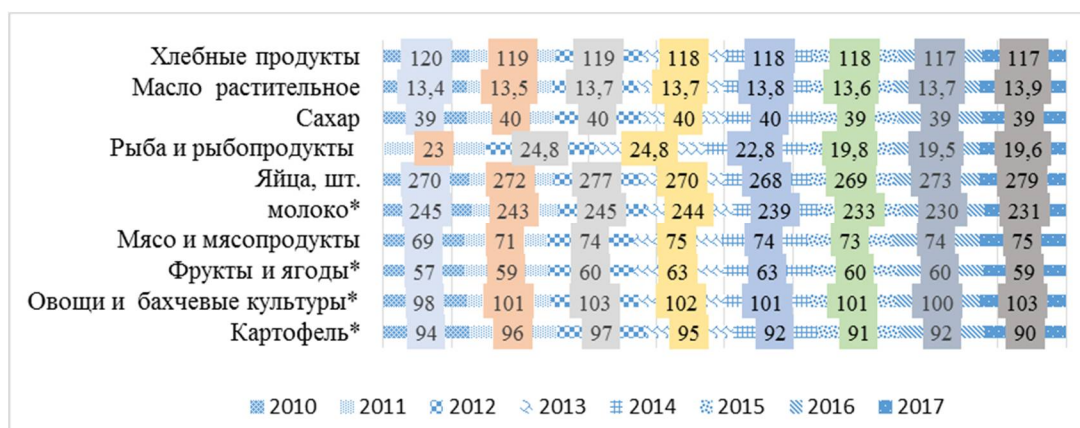


Рисунок 2 – Объемы производства продуктов питания в России

Оценка динамики производства основных продуктов питания показала, что не по всем категориям продуктов наблюдается устойчивая положительная тенденция роста. Так, по категориям «растительное масло», «яйца», «фрукты, ягоды», «овощи и бахчевые культуры» за последние 8 лет наблюдается небольшой прирост объемов производства. Тем не менее данный положительный эффект полностью нивелируется отрицательной динамикой по категориям «хлебная продукция», «рыба и рыбопродукты», «молоко», «мясо и мясопродукты», «картофель». Фактически это доказывает, что население России не получает необходимого количества жизненно важных продуктов питания с высокой белковой составляющей отечественного производства [15].

В нашем исследовании более детально анализировалось состояние и особенности молочного производства в России в современных условиях. Оценка объемов производства молока в России показала, что в 2018 году было произведено 30 640 тыс. тонн молока всеми хозяйствами нашей страны. Для сравнения в 2010 году было произведено 31 508 тыс. тонн молока. Снижение производства произошло с 2012 по 2013 годы, что отражает высокую зависимость отрасли от экономических колебаний в стране. Затем с 2014 года, благодаря программам импортозамещения и государственной поддержки сельхозпроизводителей, стали постепенно расти объемы производства, но невысокими темпами, существенный рост можем наблюдать с 2017 года. На данный момент необходимо поддерживать наметившуюся тенденцию роста производства молока в сельскохозяйственных предприятиях России (рисунок 3).

Обзор производства молочной промышленности в 2018 году показал, что динамика выпуска продукции была выше на 1,5 % по сравнению с 2017 годом. Общий прирост товарного молока составляет 455 тыс. тонн, но данная динамика нивелируется потерями и отсутствием полноценной реализации произведенного сельхозсырья и поступлением в пищевую промышленность.

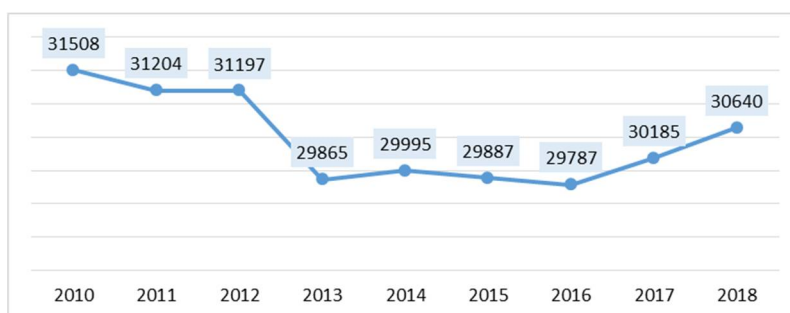


Рисунок 3 – Динамика производства молока в России, тыс. тонн

Основными причинами наблюдаемого роста послужили инвестиционные вливания в отрасль и запуск новых производственных комплексов. По прогнозам экспертов, тренд роста объемов производства молока сохранится благодаря повышению интенсификации производства, ввода новых молочных комплексов в работу. Лидером по производству молока в 2018 году является Центральный федеральный округ – рост в сравнении с 2017г. на 4,1 %, Южный федеральный округ – рост на 2,2 %. Среди регионов России можно отметить ТОП 5 основных производителей молока (рисунок 4).



Рисунок 4 – ТОП-5 регионов лидеров по молочному производству в 2018 году, тыс. тонн

Представленные на рисунке 4 регионы по итогам 2018 году нарастили объемы производства молока. Так, лидер рейтинга Республика Татарстан произвела на 1,3 % молока больше, но выручка от его реализации упала из-за снижения цен на 25 %. Республика Башкортостан увеличила объемы производства на 0,9 % и заняла второе место в рейтинге, что стало следствием строительства в республике молочных комплексов и заводов. Краснодарский край нарастил показатели на 5 %, при этом сохранил высокий суточный надой около 19 кг/сутки на 1 корову – один из самых высоких показателей в России.

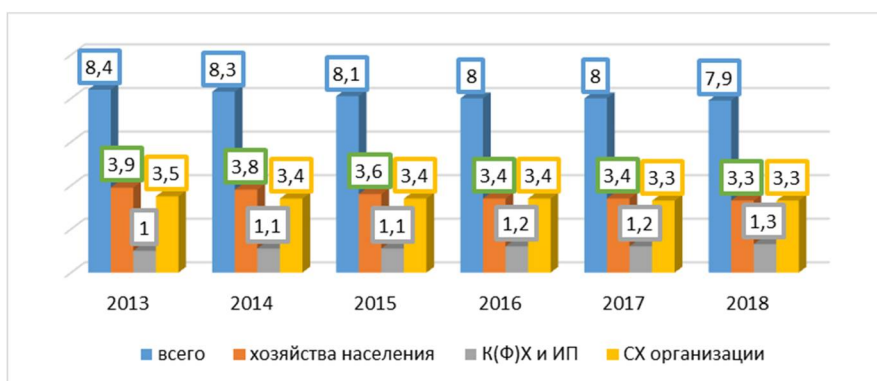


Рисунок 5 – Динамика поголовья коров в хозяйствах России, млн голов

Неблагоприятным фактором, тормозящим рост объемов производства молочного животноводства, является сокращение поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах всех типов. За последние 6 лет поголовье сократилось и составило на конец 2018 года 7,9 млн голов (рисунок 5).

Общая тенденция сокращения поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах России демонстрирует необходимость пересмотра мер государственной поддержки молочного скотоводства. Кроме того, значительно сокращается доля сельскохозяйственных предприятий, положительная динамика наблюдается только в личных подсобных и фермерских хозяйствах. Количество крупных молочных предприятий составляет около 4 % от всех организаций. Но в данном случае необходимо отметить, что рост объемов производства молока при сокращении поголовья молочного скота происходит за счет повышения продуктивности и применения высокотехнологических методов выращивания, содержания и кормления животных [5, 3].

Интенсивность молочного скотоводства доказывают выросшие надои от одной коровы во всех типах хозяйств: в сельскохозяйственных организациях продуктивность на корову составила 5962 кг/год в 2018 году по сравнению с 4519 кг/год в 2013 году, в фермерских хозяйствах – 3799 кг/год в 2018 по сравнению с 3323 кг/год в 2013 году, в личных подсобных хозяйствах населения – 3524 кг/год в 2018 по сравнению с 3496 кг/год в 2013 году.

Сравнение показателей отражает рост интенсивности и производительности производства молока, но на прибыли отрасли такие показатели отражения не нашли, так как в 2018 году произошло падение закупочных цен на сырое молоко. К концу 2018 года цена составила 24,4 руб./кг, тогда как в 2017 году составляла 25 руб./кг. Такая ситуация привела к тому, что фактически большая часть произведенного молока ушла в запасы готовой молочной продукции. Параллельное снижение платежеспособного спроса со стороны населения и снижение доходов заставляют отрасль сокращать производство многих молочных продуктов: сократилось производство кисломолочной продукции – на 2,8 % в 2018 году по сравнению с 2017 годом, сливочного масла – на 4,5 %, сухого молока – на 5,1 %. Перечисленные продукты стали меньше потреблять [9].

Основными трендами 2019 года будут рост цен на молоко, высокая конкуренция на рынке товаропроизводителей, сокращение запасов и рост экспорта. Важным фактором развития отрасли выступает сокращение импорта молока и молочной продукции в 2018 году. Это связано с введением временных ограничений на поставки молочной продукции из Республики Беларусь и стран дальнего зарубежья [10, 2] (рисунок 6).

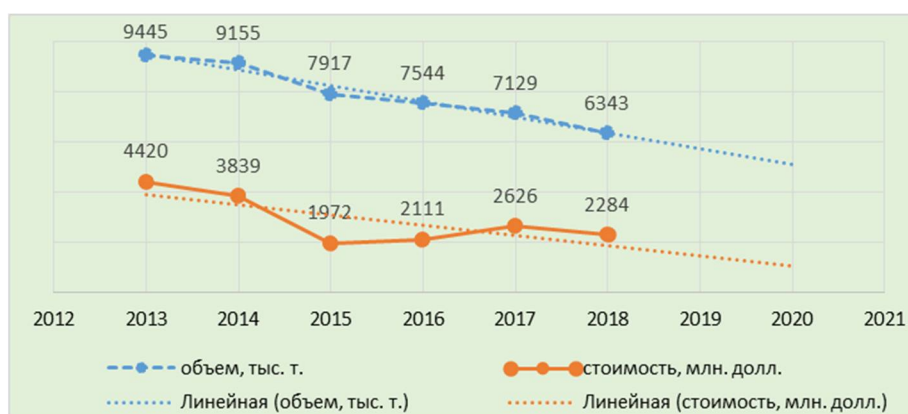


Рисунок 6 – Динамика и прогноз импорта молока в Россию

Анализ динамики импорта молока и молочной продукции в переводе на молоко показал, что за последние 6 лет наблюдается тенденция к снижению импорта молока как в натуральном, так и в стоимостном исчислении. Экспоненциальный прогноз до 2020 года доказывает устойчивость наметившейся тенденции и ее сохранение при существующих условиях [1].

Заключение. Таким образом, необходимо отметить, что в молочном производстве существует высокий потенциал, позволяющий добиться существенных показателей при условии реализации механизмов государственной поддержки молочного животноводства. Инвестиционные ресурсы, дополнительно привлеченные в отрасль, позволят построить современные высокотехнологичные молочные комплексы и фермы в регионах, применяющих инновационные технологии содержания стада, его кормления и мониторинга состояния здоровья [4, 13]. Успехи молочного производства, достигнутые в 2018 году, доказали, что благодаря интенсификации производственного цикла можно добиться положительного роста объемов молока в стране [12]. Стартовавшая в июле 2018 года программа обязательной электронной ветеринарной сертификации (ЭВС), дает возможность отследить технологию производства от «фермы до прилавка», вести борьбу с фальсификатами. Данная программа охватывает молокосырье и молочные продукты, произведенные из непастеризованного молока. Готовая молочная продукция, изготовленная из пастеризованного молока, по настоящему производителей была освобождена от ЭВС19, однако вместо ЭВС она будет маркироваться кодами Data Matrix [11, 14]. Такой код содержит информацию, которая может подтвердить подлинность продукции: дату, место, время производства, и далее всю информацию о передвижении товара по цепочке до вывода из оборота на кассе. Таким образом, для молочного сектора планируется «стыковка двух систем»: сырье в производственную цепочку входит по ЭВС, а на готовую продукцию наносится маркировка. Система электронного мониторинга позволит оценивать каждое звено технологической цепочки производства молока и продукции из него, выявлять неэффективные участки для их оптимизации.

Библиографический список

1. Амерханов, Х.А. Состояние и развитие молочного скотоводства в Российской Федерации [Текст] / Х.А. Амерханов // Молочное и мясное скотоводство. – 2017. – № 1. – С. 2.
2. Горощенко, Л.Г. Импорт и экспорт молочной продукции (код ТН ВЭД 04.03) / Л.Г. Горощенко // Молочная промышленность. – 2019. – №2. – С. 66-67.
3. Кац, Б.А. Цифровизация управления производственными активами: проблемы и решения [Текст] / Б.А. Кац, А.Ю. Молчанов // Молочная промышленность. – 2019. – №3. – С. 6-10.
4. Когнитивный подход к исследованию проблем продовольственной безопасности [Текст] : монография / И.Ф. Горлов, Г.В. Федотова, С.П. Сазонов, В.Н. Сергеев, Ю.А. Юлдашбаев; ФГБНУ «Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции», ФГБОУ ВО «Волгоградский гос. техн. ун-т». – Волгоград, 2018. – 167 с.
5. Молочная продуктивность коров как фактор, позволяющий оценить сбалансированность и полноценность кормов [Текст] / В.Г. Дикусаров, В.В. Шкаленко, Т.А. Акмалиев, Л.В. Андреев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 97-103.
6. Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств по Российской Федерации. Материалы официального сайта Росстата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/tab-sell.htm (дата обращения 01.04.2019 г.).
7. Рыбалова, Т.Н. Молочная индустрия России в 2018 г. [Текст] / Т.Н. Рыбалова // Молочная промышленность. – 2019. – №1. – С. 4-9.

8. Сергеев, В.Н. Белок животного происхождения - важнейший компонент полноценного питания человека [Текст] / В.Н. Сергеев // Аграр.-пищ. инновации. – 2018. – № 1. – С. 12-17.
9. Скоков, В. «Умное производство»: автоматизация и IT-технологии [Текст] / В. Скоков // Молочная промышленность. – 2018. – №9. – С. 26-27.
10. Суровцев, В.Н. Проблемы развития отрасли в условиях снижения потребления молочной продукции / В.Н. Суровцев, Ю.Н. Никулина // Молочная промышленность. – 2018. – №10. – С. 4-6.
11. Complex assessment of meat efficiency and quality of meat rabbit breed “Chinchilla” [Текст] / N.Yu. Sarbatova, V.Yu. Frolov, T.A. Ruleva, O.V. Sycheva, R.S. Omarov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – Т. 8. – № 1. – P. 1091-1095.
12. Development of marble beef technology [Elektronnyj resurs] / R. Omarov, I.F. Gorlov, V. Zakotin, S. Shlykov // 16th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development» (Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017) : Proceedings / Latvia University of Agriculture. – [Jelgava, Latvia], 2017. – P. 956-959. – URL : <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2017/Papers/N194.pdf>.
13. Farhadi Chitgar, M., Effect of thermosonication and thermal treatments on phytochemical stability of barberry juice copigmented with ferulic acid and licorice extract -[Текст] / M. Farhadi Chitgar, M. Aalami, R. Kadkhodaei, Y. Maghsoudlou, E. Milani // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2018. – Vol.50. – P. 102-111. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.09.004
14. Protein-Carbohydrate Complexes in The Meat Products Technology [Elektronnyj resurs] / I.F. Gorlov, G.V. Fedotova, M.I. Slogenkina, N.I. Mosolova, Y.D. Danilov, A.G. Zolotareva // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences : [On-line Journal] (Индия). – 2019. – Vol. 10, Issue 1 (January–February). – С. P. 558-567. – URL : [http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10\(1\)/\[70\].pdf](http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10(1)/[70].pdf).
15. Threats to Food Security of the Russia's Population in the Conditions of Transition to Digital Economy [Elektronnyj resurs] / G.V. Fedotova, N.N. Kulikova, A.K. Kurbanov, A.A. Gontar // The Impact of Information on Modern Humans / ed. by Elena G. Popkova. – [Switzerland] : Springer International Publishing AG (part of Springer Nature), 2018. – P. 542-548.

References

1. Amerhanov, H. A. Sostoyanie i razvitie molochnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii [Текст] / H. A. Amerhanov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2017. – № 1. – P. 2.
2. Goroschenko, L. G. Import i jeksport molochnoj produkcii (kod TN VJed 04.03) [Текст] / L. G. Goroschenko // Molochnaya promyshlennost'. – 2019. – №2. – P. 66-67.
3. Кас, В. А. Цифровизация управления производственными активами: проблемы и решения [Текст] / В. А. Кас, А. Ю. Молчанов // Molochnaya promyshlennost'. – 2019. – №3. – P. 6-10.
4. Kognitivnyj podhod k issledovaniyu problem prodovol'stvennoj bezopasnosti [Текст] : monografiya / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, S. P. Sazonov, V. N. Sergeev, Yu. A. Yuldashbaev; FGBNU “Povolzhskij NII proizvodstva i pererabotki myasomolochnoj produkcii”, FGBOU VO “Volgogradskij gos. tehn. un-t”. – Volgograd, 2018. – 167 p.
5. Molochnaya produktivnost' korov kak faktor, pozvolyayushij ocenit' sbalansirovannost' i polnocennost' kormov [Текст] / V. G. Dikusarov, V. V. Shkalenko, T. A. Akmaliev, L. V. Andreenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – № 4 (40). – P. 97-103.
6. Produkcija sel'skogo hozyajstva po kategorijam hozyajstv po Rossijskoj Federacii. Materialy oficial'nogo sajta Rosstat [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/tab-sell1.htm (data obrascheniya 01.04.2019g.).
7. Rybalova, T. N. Molochnaya industriya Rossii v 2018 g. [Текст] / T. N. Rybalova // Molochnaya promyshlennost'. – 2019. – №1. – P. 4-9.
8. Sergeev, V. N. Belok zhivotnogo proisxozhdeniya - vazhnejshij komponent polnocennogo pitaniya cheloveka [Текст] / V. N. Sergeev // Аграр. - пisch. innovacii. – 2018. – № 1. – P. 12-17.
9. Skokov, V. «Umnoe proizvodstvo»: avtomatizacija i IT-tehnologii [Текст] / V. Skokov // Molochnaya promyshlennost'. – 2018. – №9. – P. 26-27.

10. Surovcev, V. N. Problemy razvitiya otrasli v usloviyah snizheniya potrebleniya molochnoj produkcii [Tekst] / V. N. Surovcev, Yu. N. Nikulina // *Molochnaya promyshlennost'*. - 2018. - №10. - P. 4-6.

11. Complex assessment of meat efficiency and quality of meat rabbit breed "Chinchilla" [Tekst] / N.Yu. Sarbatova, V.Yu. Frolov, T.A. Ruleva, O.V. Sycheva, R.S. Omarov // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. - 2017. - Т. 8. - № 1. - P. 1091-1095.

12. Development of marble beef technology [Elektronnyj resurs] / R. Omarov, И.Ф. Горлов, V. Zakotin, S. Shlykov // 16th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development» (Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017) : Proceedings / Latvia University of Agriculture. - [Jelgava, Latvia], 2017. - P. 956-959. - URL : <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2017/Papers/N194.pdf>.

13. Farhadi Chitgar, M., Effect of thermosonication and thermal treatments on phyto-chemical stability of barberry juice copigmented with ferulic acid and licorice extract [Tekst] / M. Farhadi Chitgar, M. Aalami, R. Kadkhodae, Y. Maghsoudlou, E. Milani // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. - 2018. - Vol.50. - P. 102-111. DOI: 10.1016/j.ifset.2018.09.004

14. Protein-Carbohydrate Complexes in The Meat Products Technology [Elektronnyj resurs] / И.Ф. Горлов, Г.В. Федотова, М.И. Сложенкина, Н.И. Мосолова, Ю.Д. Данилов, А.Г. Золотарева // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* : [On-line Journal] (Индия). - 2019. - Vol. 10, Issue 1 (January–February). - С. P. 558-567. - URL : [http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10\(1\)/\[70\].pdf](http://www.rjpbcs.com/pdf/2019_10(1)/[70].pdf).

15. Threats to Food Security of the Russia's Population in the Conditions of Transition to Digital Economy [Elektronnyj resurs] / Г.В. Федотова, N.N. Kulikova, A.K. Kurbanov, A.A. Гонтарь // *The Impact of Information on Modern Humans* / ed. by Elena G. Popkova. - [Switzerland] : Springer International Publishing AG (part of Springer Nature), 2018. - P. 542-548.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор с.-х. наук, академик РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>. **E-mail:** niimmp@mail.ru.

Федотова Гилян Васильевна, ученый секретарь ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор экон. наук, главный научный сотрудник, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2066-8628>. **E-mail:** g_evgeeva@mail.ru.

Мосолова Наталья Ивановна, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор биол. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6559-6595>. **E-mail:** niimmp@mail.ru

Сергеев Валерий Николаевич, президент Академии Продовольственной безопасности (РФ, Москва, ул. Садово-Черногрязская, д.8, оф.100), д. с.-х. наук, профессор, член-корр. РАН, **E-mail:** apb1412@mail.ru.

Глушченко Александра Васильевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор экон. наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6586-8925>. **E-mail:** aleksa-gl@yandex.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, аспирантка ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X>. **E-mail:** esvoronts@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОНКОРУННОГО МОЛОДНЯКА ОВЕЦ ПРИ РАЗНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭМБРИОНАЛЬНОГО ПЕРИОДА

EFFICIENCY OF FINE-WOOD TYPE OF YOUNG SHEEP UNDER DIFFERENT DURATION OF THE EMBRYONIC PERIOD

В.В. Абонеев^{1,2}, член-корреспондент РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.Г. Чамурлиев³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.В. Марченко¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

Е.В. Абонеева⁴, кандидат экономических наук, доцент

V. V. Aboneev^{1,2}, **N. G. Chamurliiev**³, **V. V. Marchenko**¹, **E. V. Aboneeva**⁴

¹ Краснодарский научный центр зоотехнии и ветеринарии

² ВНИИплем, г. Москва

³ Волгоградский государственный аграрный университет

⁴ Северо-Кавказский Федеральный университет, г. Ставрополь

¹ Krasnodar research center of animal science and veterinary medicine, Krasnodar

² All-Russian research Institute of breeding, Moscow

³ Volgograd state agrarian University, Volgograd

⁴ North Caucasus Federal University, Stavropol

Дата поступления в редакцию 23.04.2019

Дата принятия к печати 21.06.2019

Received 23.04.2019

Submitted 21.06.2019

Изучены вопросы взаимосвязи некоторых хозяйственно-полезных признаков потомства с разной продолжительностью эмбрионального периода. На основе индивидуального учёта результатов осеменения и ягнения маток, учёта роста и развития молодняка, от рождения до отбивки было установлено, что ягнята с продолжительностью эмбрионального периода 150-152 дня характеризуются наиболее высокой живой массой, лучшими экстерьерно-конституционными особенностями и результатами оценки животных при бонитировке в 4-х месячном возрасте по сравнению с потомством с менее продолжительным эмбриональным периодом. Индивидуальное взвешивание ягнят свидетельствует о том, что яркие с продолжительностью эмбрионального периода 150...152 дня превосходили своих сверстниц с эмбриональным периодом 147...149 дней по живой массе. При рождении в 4-х месячном возрасте на 12,6 и 10,9 % соответственно. Промеры, определяющие развитие животного, такие как косая длина туловища, глубина, ширина и обхват груди за лопатками, у четырёхмесячных ярок с длительностью утробного периода 150...152 дня равнялись соответственно 54,7; 27,5; 18,9; 75,4 см. У ягнят с меньшим утробным периодом эти показатели составили соответственно 52,1; 26,5; 18,1; 71,1 см. Разница в пользу ягнят с более продолжительным утробным периодом составила соответственно 5,0; 3,8; 4,4; и 6,0 %. Длина шерсти на боку у ярок четырёхмесячного возраста с более коротким эмбриональным периодом равнялась 3,8±0,11 см, а у потомства с продолжительностью утробного периода 150...152 дня 4,4±0,15 см или на 0,6 см больше, что составляет 15,8 % ($P<0,05$).

The article deals with the relationship of some economic-but-useful features of offspring with different duration of embryonic period. On the basis of individual account of the results of insemination and lambing of Queens, taking into account the growth and development of young animals, from birth to beating, it was found that lambs with a duration of the embryonic period of 150-152 days are characterized by the highest live weight, the best exterior-constitutional features and the results of evaluation of animals when bonitized at 4 months of age, compared with offspring with a shorter embryonic period. Individual weighing of lambs indicates that bright with the duration of the embryonic period of 150-152 days exceeded their peers with the embryonic period of 147-149 days in live weight. At birth at 4 months of age by 12.6% and 10.9 % respectively. Measurements that determine the development of the animal as oblique body length, depth, width, and chest girth behind the shoul-

ders have a bright four-month duration of uterine period, 150 – 152 days equaled 54,7; 27,5; 18,9; 75,4 cm for lambs with a lower uterine period, these figures were respectively 52,1; 26,5; 18,1; 71,1 cm. Difference in favor of the lambs with a longer uterine period amounted to, respectively, 5,0; 3,8; 4,4; and 6.0 %. The length of the hair on the side of the bright four-month-old with a shorter embryonal period was 3.8 ± 0.11 cm, and in the offspring with a duration of the uterine period 150 – 152 days 4.4 ± 0.15 cm or 0.6 cm more, which is 15.8% ($P < 0.05$).

Ключевые слова: эмбриональный период, рост, развитие, живая масса, промеры, индексы телосложения.

Key words: embryonic period, growth, development, live weight, measurements, body indices.

Цитирование. Абонеев В.В., Чамурлиев Н.Г., Марченко В.В., Абонеева Е.В. Продуктивность тонкорунного молодняка овец при разной продолжительности эмбрионального периода. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 198-203. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-24.

Citation. Aboneev V.V., Chamurliiev N.G., Marchenko V.V., Aboneeva E.V. Productivity of fine-wool young sheep with different duration of the embryonic period. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 198-203. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-24.

Введение. Известно, что основным методом разведения животных племенных стад является чистопородное разведение. При создании новой породы необходимо ориентироваться на то, чтобы она отвечала требованиям по приспособленности к тому или иному региону и обладала при этом комплексом необходимых хозяйственно-полезных признаков, позволяющих обеспечивать рентабельность разведения животных. В этой связи квалифицированная работа с породой в последующие периоды после её выведения заключается в закреплении полученных признаков в течение многих поколений путём чистопородного разведения. Особенно это касается племенных стад, в которых другие методы совершенствования, согласно Закону о племенном деле, недопустимы. Росту и развитию молодняка овец посвящены многочисленные исследования отечественных учёных [3, 2, 1, 5, 6, 8, 10]. Поэтому от учёных и овцеводов-практиков требуется разработка различных приёмов и методов чистопородного разведения, способствующих получению потомства с более высокими показателями продуктивности. Одним из таких приёмов является изучение продуктивности потомства с разной продолжительностью эмбрионального периода.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт выполнялся в условиях колхоза-племзавода им. Ленина Апанасенковского района Ставропольского края. С этой целью была сформирована отара маток породы маньчский меринос. В период случной компании проводился индивидуальный учёт результатов осеменения, а в окотную кампанию – результатов ягнения. Ягнята при рождении в 2 и 4 месяца индивидуально взвешивались. С целью исключения влияния на потомство происхождения баранов учёту по продолжительности эмбрионального периода подвергались ягнята, полученные только от баранов породы маньчский меринос линии 815. Связано это было с тем, что данный опыт проводился также с использованием баранов-производителей породы маньчский меринос 214 линии и баранов этой же породы, но завезённых их племзавода «Маньч» Апанасенковского района. При рождении и при отбивке от маток ягнята подвергались всесторонней оценке по сокращённому бонитировочному ключу: кроме живой массы, брались промеры (Меркурьева Е.К., 1970), оценивались складчатость животных, длина, густота шерсти и тип конституции ягнёнка. Рассчитывались индексы телосложения согласно существующей методике (Меркурьева Е.К., 1970). Полученные данные живой массы и длины шерсти обрабатывались биометрически.

Результаты и обсуждение. Эффективность овцеводства во многом определяется количеством полноценных ягнят, полученных не только при рождении, но и их выходом при отъёме от матерей. Вопросы воспроизводства овец отражены в работах учёных [9, 7, 4, 13, 12, 11]. Это, в свою очередь, обусловлено комплексом организационно-технологических приёмов, способствующих рождению максимального количества ягнят в биологические сроки, а также плотности проведения окотной компании. Условия эмбрионального развития молодняка разных видов и пород достаточно глубоко изучались. Авторы свидетельствуют, что на показатели эмбрионального развития оказывают влияние как генетические, так и паратипические факторы. При этом одним из важнейших определяющих моментов является степень подготовки маток к случной кампании, а главное уровень и характер их кормления. В случае недокорма или неполноценного кормления часто наблюдается не только сокращение сроков эмбрионального периода развития потомства, но и абортация различных форм на разных стадиях онтогенеза.

Обладая знаниями закономерности онтогенеза, особенно эмбрионального развития плода, мы можем грамотно управлять процессом получения полноценного потомства, а в последующие периоды постэмбриогенеза получать продукцию желательного качества. Используя различные сроки эмбриогенеза потомства, селекционер способен управлять ростом и развитием животного с целью получения необходимого количества и качества продукции овцеводства. Научные исследования некоторых процессов, связанных с продолжительностью эмбрионального периода потомства, помогут овцеводам дифференцированно проводить оценку получаемого молодняка с целью дальнейшего его производственного назначения. В настоящее время перед учёными и практиками стоит задача – получить животных с хорошими мясными формами, высоким уровнем и характером шерстной и мясной продуктивности.

Одним из главных показателей предварительной оценки молодняка при рождении является его живая масса. Учитывая, что изменение этого признака с каждым днём значительно варьирует, что влияет на достоверность характеристики сравниваемых групп полученного потомства, мы определяли живую массу потомства в определённые часы.

Индивидуальное взвешивание ягнят при рождении свидетельствует (таблица 1), что более высокую живую массу имели ярочки с продолжительностью эмбрионального периода 150...152 дня ($n = 127$), в то время как у потомства с более коротким утробным периодом 147...149 дней ($n = 34$) этот показатель был на 0,47 кг меньше или 12,6 % ($P < 0,05$). Бонитировка ягнят в 4-х месячном возрасте показала, что отмеченная закономерность между ягнятами разных групп при рождении сохранилась в более старшем возрасте и составила в первой группе (150...152 дня) 21,3 кг, а во второй (147...149 дней) – 19,2 кг. Разница в пользу животных с большей продолжительностью эмбрионального периода равнялась 2,1 кг или 10,9 % ($P < 0,05$).

Такое превосходство ягнят с наиболее длительным эмбриональным периодом подтверждается лучшими промерами телосложения (Борисенко Е.А., 1967). Например, такие промеры, определяющие развитие животного, как косая длина туловища, глубина, ширина и обхват груди за лопатками, у четырёхмесячных ярок с продолжительностью утробного периода 150...152 дня равнялись соответственно 54,7; 27,5; 18,9; 75,4 см.

У ягнят с меньшим утробным периодом эти показатели составили соответственно 52,1; 26,5; 18,1; 71,1 см. Разница в пользу ягнят с более продолжительным утробным периодом составила соответственно 5,0; 3,8; 4,4; и 6,0 %.

Расчёт основных индексов телосложения у четырёхмесячных ягнят (таблица 2), каких-либо существенных различий между сравниваемыми группами животных по продолжительности эмбрионального периода не выявил, однако во всех случаях

наблюдается тенденция превосходства животных с более длительным утробным периодом. Длина шерсти на боку у ярок четырёхмесячного возраста с более коротким эмбриональным периодом равнялась $3,8 \pm 0,11$ см, а у потомства с продолжительностью утробного периода 150 – 152 дня $4,4 \pm 0,15$ см или на 0,6 см больше, что составляет 15,8 % ($P < 0,05$).

Таблица 1 – Живая масса, промеры и длина шерсти ярок в зависимости от продолжительности эмбрионального периода.

Эмбриональный период, дней	Живая масса, кг		Промеры, см							Длина шерсти, см
	при рождении	в 4 мес.	высота в холке	высота в крестце	косая длина туловища	глубина груди	ширина груди	обхват груди	обхват пясти	
145...149	$3,74 \pm 0,11$	$19,2 \pm 0,22$	$52,3 \pm 0,41$	$53,3 \pm 0,40$	$52,1 \pm 0,41$	$26,5 \pm 0,31$	$18,1 \pm 0,28$	$71,1 \pm 0,52$	$7,9 \pm 0,12$	$3,8 \pm 0,11$
150...152	$4,21 \pm 0,09$	$21,3 \pm 0,24$	$54,8 \pm 0,31$	$56,1 \pm 0,38$	$54,7 \pm 0,52$	$27,5 \pm 0,27$	$18,9 \pm 0,21$	$75,4 \pm 0,61$	$8,2 \pm 0,15$	$4,4 \pm 0,15$

Таблица 2 – Индексы телосложения ярок в зависимости от продолжительности эмбрионального периода

Эмбриональный период, дней	Индекс телосложения, %			
	грудной	растянутость	сбитость	массивность
147 – 149	68,3	99,6	136,4	135,9
150 – 152	68,7	99,8	137,8	137,6

По органолептической оценке степени выраженности мясных форм, развития складчатости кожи, густоте и тонине шерсти между потомством с разными продолжительностью эмбрионального периода, типом и сроками рождения существенных различий как при рождении, так и в четырёхмесячном возрасте не установлено.

Заключение. Результаты экспериментальных исследований позволили установить, что оценка потомства породы маньчжурский меринос линии 815 при рождении и в четырёхмесячном возрасте показывает достоверные отличия друг от друга ягнят с разной продолжительностью эмбрионального периода. Лучшими по живой массе, длине шерсти и промерам статей были потомки, родившиеся в первую декаду с продолжительностью эмбрионального периода 150...152 дня. В этой связи с целью получения высокопродуктивных животных селекционных групп и племенного ядра при формировании сакманов рекомендуется учитывать данные показатели.

Библиографический список

1. Алыбаев, К.А. Эффективность повышения плодовитости овец и раннего использования ярок в воспроизводстве [Текст]/ К.А. Алыбаев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 2. – С. 19-20.
2. Афанасьева, А.И. Развитие ягнят западно-сибирской мясной породы в эмбриональный период, матери которых получали пробиотик «Ветом 4.24» [Текст]/ А.И. Афанасьева, В.А. Сарычев, С.Г. Катаманов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 4. – С. 43-46.
3. Зиновьева, Н.А. Весовой и линейный рост тонкорунного и гибридного молодняка [Текст]/ Н.А. Зиновьева, Х.К. Давлятов // Овцы, козы, шерстяное дело, 2019. – № 1. – С. 12-15.
4. Кравченко, Н.И. Интенсификация воспроизводства овец – основа повышения рентабельности отрасли [Текст]/ Н.И. Кравченко // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 2. – С. 8-10.
5. Кулинцев, В.В. Интенсивное выращивание ягнят – повышает рентабельность производства баранины [Текст]/ В.В. Кулинцев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 3. – С. 29-31.

6. Линейный и весовой рост молодняка овец разного происхождения [Текст]/ М.В. Забелина, Т.Ю. Левина, А.П. Скрынников, П.С. Бабочкин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 2. – С. 12-14.
7. Молчанов, А.В. Весовой рост и показатели убоя эдильбаевских баранчиков разного типа рождения [Текст]/ А.В. Молчанов, К.А. Егорова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 4. – С. 21-22.
8. Молчанов, А.В. Линейный рост и некоторые интерьерные показатели баранчиков волгоградской породы с разной тониной шерсти [Текст]/ А.В. Молчанов, А.Н. Козин // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 2. – С. 10-12.
9. Светлов, В.В. Уровень и эффективность производства баранины в зависимости от генотипа и сроков ягнения [Текст]/ В.В. Светлов // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 3. – С. 28-30.
10. Ульянов, А.Н. Интенсификация воспроизводства повышает эффективность овцеводства [Текст]/ А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 1. – С. 2-5.
11. CAST/MspI gene polymorphism and its impact on growth traits of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the South European part of Russia [Tekst]/ I. F. Gorlov, N. V. Shirokova, A. V. Randelin, V. N. Voronkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, L. V. Getmantseva// Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. – 2016. – 40(4). – P. 399-405. doi:10.3906/vet-1507-10.
12. Kolosov, Yu. Sheep breeding resources in Rostov region, Russia [Tekst] / Yu. Kolosov, L. Getmantseva, N. Shirokova // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 23. – № 10. – P. 1322-1324.
13. Laparoscopic insemination of sheep in republic of Serbia [Tekst]/ A. Milovanovic, N. Maksimovic, T. Barna et al. // Biotechnology in Animal Husbandry. – 2013. – Vol. 29. – № 3. – P. 449-456.

References

1. Alybaev, K. A. Jefferktivnost' povysheniya plodovitosti ovec i rannego ispol'zovaniya yarov v vosproizvodstve [Tekst]/ K. A. Alybaev // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2018. - № 2. - P. 19-20.
2. Afanas'eva, A. I. Razvitie yagnyat zapadno-sibirskoj myasnoj porody v jembrional'nyj period, materi kotoryh poluchali probiotik "Vetom 4.24" [Tekst]/ A. I. Afanas'eva, V. A. Sarychev, S. G. Katamanov // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2018. - № 4. - P. 43-46.
3. Zinov'eva, N. A. Vesovoj i linejnyj rost tonkorunnogo i gibridnogo molodnyaka [Tekst]/ N. A. Zinov'eva, H. K. Davlyatov // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo, 2019. - № 1. - P. 12-15.
4. Kravchenko, N. I. Intensifikaciya vosproizvodstva ovec - osnova povysheniya rentabel'nosti otrasli [Tekst]/ N. I. Kravchenko // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2018. - № 2. - P. 8-10.
5. Kulincev, V. V. Intensivnoe vyrashchivanie yagnyat - povyshaet rentabel'nost' proizvodstva baraniny [Tekst]/ V. V. Kulincev // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2017. - № 3. - P. 29-31.
6. Linejnyj i vesovoj rost molodnyaka ovec raznogo proisxozhdeniya [Tekst]/ M. V. Zabelina, T. Yu. Levina, A. P. Skrynnikov, P. S. Babochkin // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2017. - № 2. - P. 12-14.
7. Molchanov, A. V. Vesovoj rost i pokazateli uboya jedil'baevskih baranchikov raznogo tipa rozhdeniya [Tekst]/ A. V. Molchanov, K. A. Egorova // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2017. - № 4. - P. 21-22.
8. Molchanov, A. V. Linejnyj rost i nekotorye inter'ernye pokazateli baranchikov volgogradskoj porody s raznoj toninoj shersti [Tekst]/ A. V. Molchanov, A. N. Kozin // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2017. - № 2. - P. 10-12.
9. Svetlov, V. V. Uroven' i jefferktivnost' proizvodstva baraniny v zavisimosti ot genotipa i srokov yagneniya [Tekst]/ V. V. Svetlov // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2018. - № 3. - P. 28-30.
10. Ul'yanov, A. N. Intensifikaciya vosproizvodstva povyshaet jefferktivnost' ovcevodstva [Tekst]/ A. N. Ul'yanov, A. Ya. Kulikova // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. - 2017. - № 1. - P. 2-5.
11. CAST/MspI gene polymorphism and its impact on growth traits of Soviet Merino and Salsk sheep breeds in the South European part of Russia [Tekst]/ I. F. Gorlov, N. V. Shirokova, A. V. Randelin, V. N. Voronkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, L. V. Getmantseva// Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. – 2016. – 40(4). – P. 399-405. doi:10.3906/vet-1507-10.
12. Kolosov, Yu. Sheep breeding resources in Rostov region, Russia [Tekst] / Yu. Kolosov, L. Getmantseva, N. Shirokova // World Applied Sciences Journal. –2013. – Vol. 23. – № 10. – P. 1322-1324.

13. Laparoscopic insemination of sheep in republic of Serbia [Tekst]/ A. Milovanovic, N. Maksimovic, T. Barna et al. // Biotechnology in Animal Husbandry. – 2013. – Vol. 29. – N.3. – P. 449-456.

Информация об авторах

Абонеев Василий Васильевич, главный научный сотрудник отдела разведения и генетики Краснодарского научного центра зоотехнии и ветеринарии, ВНИИплем (РФ, 355000 г. Краснодар, ул. Первомайская, д. 4), член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822>. **E-mail:** aboneev49@mail.ru.

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>. **E-mail:** chamurliyev49@mail.ru.

Марченко Вячеслав Вячеславович, главный научный сотрудник отдела овцеводства ВНИИплем (РФ, 355017, г. Ставрополь, ул. Старомарьевская, д. 34), доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН. **E-mail:** vmedelika@mail.ru.

Абонеева Екатерина Васильевна, доцент кафедры мировой экономики Северо-Кавказского Федерального университета (РФ, 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1), кандидат экономических наук, доцент. **E-mail:** info@ncfu.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК:636.5.033.087.26

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-25

КОНСЕКВЕНЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЫЖИКОВОГО ЖМЫХА В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

CONSEQUENCE OF USING THE «CAMELINA CAKE» DURING THE PROCESS OF FEEDING THE BROILER CHICKENS

С.И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Р.Н. Муртазаева¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.А. Корнилова², доктор сельскохозяйственных наук, доцент

В.С. Зотеев², доктор биологических наук, профессор

Х.Б. Баймишев², доктор биологических наук, профессор

И.Н. Хакимов², доктор сельскохозяйственных наук, доцент

S.I. Nikolaev¹, R.N. Murtazaeva¹, V.A. Kornilova², V.S. Zoteev²,

Kh.B. Baimishev², I.N. Khakimov²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Самарская государственная сельскохозяйственная академия

¹Volgograd State Agrarian University

²Samara State Agricultural Academy

Дата поступления в редакцию 13.12.2018

Received 13.12.2018

Дата принятия к печати 22.04.2019

Submitted 22.04.2019

Статья посвящена решению проблемы поиска новых нетрадиционных кормов и их контексту в связи с необходимостью выделения зернобобовых компонентов рациона (пшеница, ячмень, соя, нут, горох, и др.) для питания человека, а также экономическим соображениям в организации безотходного производства, более полного использования естественных ресурсов растительного происхождения, для использования и улучшения рациона питания цыплят-бройлеров. В статье представлены результаты исследования химического, аминокислотного, минерального, витаминного и микроэлементного состава озимого рыжика сорта «Пензяк», его использования в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. За последние годы важное место уделяется изучению

различных минеральных добавок на обменные процессы организма животных и птицы и их влияния на качественные и количественные показатели производимой продукции. Одной из таких кормовых добавок в рационе животных и птицы следует считать бишофит – природный минерал, который состоит из комплекса солей и микроэлементов естественной природы. Установлено, что замена подсолнечного жмыха на жмых из рыжика сорта «Пензяк», включая растительный концентрат с вводом природного минерала Волгоградского месторождения – бишофита, – способствовала увеличению прироста цыплят в опытных группах: первой (+33,34 г), второй (+153,34 г), третьей (+270,00 г), четвертой (+83,34 г), соответственно. Кроме того, консеквенция проведенных исследований позволила сформулировать следующий вывод: совместное применение растительного концентрата, жмыха рыжика по отдельности и вместе с бишофитом положительно повлияло на жизнеспособность птицы, позволило повысить сохранность в I и III опытных группах на 3,9...4,7 % по сравнению с контрольной и способствовало повышению роста мясной продуктивности, улучшив экономические показатели птицеводства, получение прибыли на 1 гол. по I группе на 37,3 руб. и по III группе на 60,3 руб. В связи с этим исследования, направленные на изучение влияния рыжикового жмыха и растительного концентрата, обогащенных бишофитом, в кормлении цыплят-бройлеров на продуктивность и качество мяса, являются актуальными и представляют научный и практический интерес.

The article is devoted to solving the problem of finding new non-traditional feeds and their context, due to the need to isolate legume-like components of the diet (wheat, barley, soybeans, chickpeas, peas, etc.) for human nutrition, as well as economic considerations in the organization of waste-free production, more complete natural resources of plant origin, to use and improve the diet of broiler chickens. The article presents the results of a study of the chemical, amino acid, mineral, vitamin and microelement composition of winter small mushrooms of the Penziak variety, its use in feeding farm animals and poultry. In recent years, an important place is given to the study of various mineral supplements on the metabolic processes of the organism of animals and birds and their influence on the qualitative and quantitative indicators of the products produced. One of these feed additives in the diet of animals and poultry should be considered bischofite - a natural mineral that consists of a complex of salts and trace elements of natural nature. It has been established that the replacement of sunflower oil cake with oilcake from Penziak camelina variety, including vegetable concentrate with the introduction of the natural mineral of the Volgograd deposit - bischofite, contributed to an increase in the growth of chickens in the experimental groups: first (+ 33,34g), second (+ 153,34g) , the third (+ 270,00g), the fourth (+ 83,34g), respectively. In addition, the sequencing of the studies made it possible to formulate the following conclusion - the combined use of plant concentrate and rye cake separately and together with bischofite, had a positive effect on the viability of the birds, increased the safety of I and III experimental groups by 3,9 – 4,7% by weight compared with the control and contributed to the increase in meat productivity, improving the economic performance of the poultry industry, making a profit of 1 goal. for group I at 37,3 rubles. and group III at 60,3 rubles. In this regard, studies aimed at studying the effect of camelina oil cake and vegetable concentrate, enriched with bischofite, in feeding broiler chickens on the productivity and quality of meat are relevant and of scientific and practical interest.

Ключевые слова: *рыжиковый жмых, продукты переработки, растительный концентрат, бишофит, комбикорма, кормление цыплят-бройлеров, переваримость питательных веществ, темпы роста, экономика.*

Key words: *ryzhikovy cake, products of processing, vegetable concentrate, bischofite, compound feeds, feeding broiler chickens, digestibility of nutrients, growth rates, economy.*

Научная работа выполнена по теме Государственного задания
«Разработка и внедрение биологически ценных кормовых добавок для повышения
продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы
как способ безопасной утилизации отходов перерабатывающих предприятий»
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Цитирование. Николаев С.И., Муртазаева Р.Н., Корнилова В.А., Зотеев В.С., Баймишев Х.Б., Хакимов И.Н. Консеквенция использования рыжикового жмыха в кормлении цыплят-бройлеров. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 203-213. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-25.

Citation. Nikolaev S.I., Murtazaeva R.N., Kornilova V.A., Zoteev V.S., Baimishev Kh.B., Khakimov I.N. Consequence of using the «camelina cake» during the process of feeding the broiler chickens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 203-213. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-25.

Введение. В кормлении сельскохозяйственных животных и птицы широко используются продукты переработки масличных культур (шроты, жмыхи), которые являются источником не только сырого жира, но и сырого протеина [7, 3, 18].

Использование нетрадиционных кормов в животноводстве связано с необходимостью высвобождения зернобобовых (пшеницы, ячменя, сои и др.) и подсолнечного жмыха. По вопросам питания человека, а также по экономическим соображениям – организация безотходного производства, более полного использования природных ресурсов с целью использования и повышения усвояемости питательных веществ из традиционных кормов в рационах животных [10, 15, 16].

Полная утилизация растительных отходов после переработки масличных культур – одна из актуальных проблем современного агропромышленного комплекса. Продукция переработки рыжика – рыжиковый жмых – является ценным источником белка для сельскохозяйственных животных и птицы [5, 6]. При использовании жмыха необходимо учитывать наличие в продукте антипитательных веществ. Допустимая норма эфирного масла незначительна и должна составлять 0,01-0,03 %, а низкое содержание нежелательных глюкозинолатов – от 0,15 до 0,30 % [2].

Кроме того, причиной ограничения использования нетрадиционных средств кормления сельскохозяйственных животных является то, что некоторые из них содержат высокий процент клетчатки, а также вредных и токсичных веществ, что снижает переваримость рационов, а также подвергает их быстрому ухудшению качества [4, 8].

Использование специфических ингредиентов корма, а их около 300, возможно после их очищения от токсических веществ, термической обработки при грануляции и экспандировании, облучении электромагнитным излучением, о чём свидетельствует ряд научных трудов ученых как российских, так и зарубежных. Также нужно уделять внимание балансу питательных веществ и препятствовать недостатку отдельных элементов первичного обмена веществ у цыплят [11, 12].

По исследованиям Арькова А.А., Егорова И.А., включение бишофита в рацион бройлеров влияет на ход биохимических процессов в органах и тканях цыплят, стимулирует окислительно-восстановительные процессы, происходящие в организме, без каких-либо патологических отклонений при использовании в практике кормления бройлеров, на что указывает увеличение содержания гемоглобина в сыворотке крови цыплят опытных групп [1, 7, 13].

Целью наших исследований было изучение эффективности использования рыжикового жмыха, обогащенного растительным концентратом и природным минералом бишофита, при кормлении цыплят-бройлеров.

Материалы и методы. Проведение исследования (рисунок 1) по использованию богатых протеином, аминокислотами жмыхов масличных культур индивидуально или объединенно с растительным компонентом и добавлением минеральной добавки бишофит, с прогнозом на рост мясной продуктивности цыплят, улучшение физиологического состояния и качества мяса, играет значительную роль и демонстрирует прикладное и научное значение [4, 9].

В научно-лабораторном и научно-хозяйственном опытах изучались следующие показатели: химический состав кормов – согласно методике научных и производственных исследований по кормлению птицы по нормативам и документам зоохиманализа; динамика и прирост живой массы (7, 14, 21, 28, 35, 42-дневном возрасте); потребление кормов (кг); расход корма (кг) на прирост живой массы (кг); сохранность (%) (ежедневно путем учета отхода и выбраковки); убойная масса (кг); убойный выход (%); себестоимость (руб.).

Первый опыт по изучению влияния масличной культуры – рыжика – на рост цыплят-бройлеров кросса «Иза-15» проведен в лабораторных условиях по схеме (таблица 1) в виварии факультета биотехнологий и ветеринарной медицины Волгоградского государственного аграрного университета. С первого до 42-х дневного возраста цыплят-бройлеров выращивали по технологическим параметрам, соответствующим рекомендациям Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства [21]. Химический состав рациона отвечал физическим потребностям птицы и требованиям по питательности государственного стандарта. Корм раздавался с 0-7 дней жизни цыплят в форме гранул (размером 2-3 мм) на кормовых листах из бумаги.

Таблица 1 – Схема первого научно-лабораторного опыта на цыплятах-бройлерах

Группа	Кол-во голов	Продол. опыта, дней	Особенности кормления по фазам выращивания	
			с 8 до 28 дней	с 29 до 42 дней
Контрольная	22	42	Основной рацион (ОР) с подсолнечным жмыхом 6,6 %	Основной рацион (ОР) с подсолнечным жмыхом 8,25 %
I опытная	22	42	ОР с рыжиковым жмыхом взамен подсолнечного жмыха	ОР с рыжиковым жмыхом взамен подсолнечного жмыха
II опытная	22	42	ОР с растительным концентратом взамен подсолнечного жмыха	ОР с растительным концентратом взамен подсолнечного жмыха
III опытная	22	42	ОР с рыжиковым жмыхом взамен подсолнечного жмыха +2 мл/кг комбикорма бишофита	ОР с рыжиковым жмыхом взамен подсолнечного жмыха +2 мл/кг комбикорма бишофита
IV опытная	22	42	ОР с растительным концентратом взамен подсолнечного жмыха + 2 мл/кг комбикорма бишофита	ОР с растительным концентратом взамен подсолнечного жмыха + 2 мл/кг комбикорма бишофита

Аналогично схеме таблицы 1 проведен второй экспериментальный опыт в хозяйственных условиях на ООО Птицефабрика «Кумылженская».

Проведенный анализ состава исследуемых кормовых веществ представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав кормов в период закладки эксперимента, %

Показатель	Рыжиковый жмых	Растительный концентрат	Подсолнечный жмых
Вода (H ₂ O)	7,8	9,5	11,0
Сухое вещество	93,1	91	89,0
Сырой жир	8,0	8,5	8,0
Сырая клетчатка	13,9	8,48	14,2
Сырая зола	7,0	6,0	6,5
Сырой протеин	42	34,53	30,0
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)	27,2	30,2	31,0

Показатели состава рыжикового, подсолнечного жмыхов и растительного концентрата, представленные в таблице 2, соответствуют основным требованиям ГОСТ 22391-2015; 12097-76; 9159-71: по содержанию влаги – 7,8-11 %, сырого жира – 8-8,5 %; сырой клетчатки – 8,48-14,2 %; отсутствию повышенной опасности к пылеобразованию; кормовым достоинствам; удовлетворению требований по сыпучести и спеканию, имеющие свойства, которые способствуют образованию однородной смеси. По содержанию сырого протеина 42,0 % рыжиковый жмых превосходил растительный концентрат на 7,47 %, а подсолнечный жмых – на 12,0 % (таблица 3).

Таблица 3 – Аминокислотный состав исследуемых кормов, %

Показатель	Аргинин	Лизин	Тирозин	Фенилаланин	Гистидин	Лейцин + метионин изолейцин	Метионин	Валин	Пролин	Треонин	Серин	Аланин	Глицин	Глутаминовая к-та	Сумма аминокислот
Подсолнечный жмых	1,84	0,97	0,57	0,91	0,57	2,41	0,48	1,22	1,57	1,09	1,13	1,24	1,47	4,11	19,58
Рыжиковый жмых	2,11	7,7	0,83	1,12	0,73	2,84	0,63	1,51	1,88	1,27	1,74	1,74	1,89	5,56	28,09
Растительный концентрат	1,97	1,5	0,68	0,99	0,62	2,61	0,52	1,37	1,65	1,19	1,38	1,49	1,67	4,48	25,68

Содержание незаменимых аминокислот в составе исследуемых кормов представлено на рисунке 1.

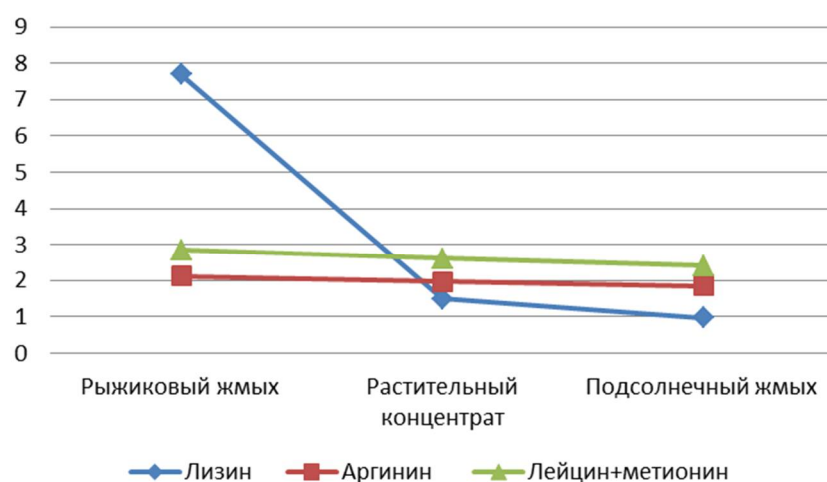


Рисунок 1 – Незаменимые аминокислоты в составе исследуемых кормов

Природный бишофит представляет собой минерал на основе хлорида магния с комплексом жизненно важных макро- и микроэлементов. Основой бишофита является сульфат магния, оказывающий действие на активизацию обменного процесса и метаболизм, что повышает иммунитет и сохранение бройлеров [1, 14, 20].

Результаты и обсуждение. Изучение переваримости органических и неорганических питательных веществ стало важным моментом для оценки пищевой ценности изучаемых кормов (таблица 4).

Таблица 4 –Переваримость питательных веществ комбикорма, %

Показатель	Группа				
	Контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Сухое вещество	71,57± 0,36	73,29± 0,35*	72,63± 0,32	75,79± 0,31***	74,47± 0,26**
Сырой протеин	85,76± 0,47	87,02± 0,27	86,84± 0,34	87,50± 0,36*	87,42± 0,33*
Сырая клетчатка	22,00± 0,31	22,30± 0,34	22,26± 0,30	22,51± 0,31	22,41± 0,33
Сырой жир	78,17± 0,51	80,43± 0,32*	80,37± 0,37*	81,89± 0,24**	80,86± 0,42*
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)	74,49± 0,34	77,10± 0,36**	74,56± 0,36	80,31± 0,28***	77,22± 0,35**

Использование рыжикового жмыха с растительным концентратом, обогащенного бишофитом, в опытных группах указывает на улучшение переваримости питательных веществ комбикорма бройлерами и лучшее использование сухого и органического вещества.

Из этого следует, что использование в комбикормах жмыха рыжика и растительного концентрата, обогащенных бишофитом, оказало позитивное влияние на мясную продуктивность и сохранность птицы [19, 16].

В период проведения научно-лабораторного опыта изучались гематологические показатели крови (таблица 5).

Таблица 5 – Гематологические показатели сыворотки крови цыплят

Показатель	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Эритроциты, $10^{12}/л$	3,00±0,06	3,03±0,03	3,07±0,07	3,10±0,06	3,17±0,07
Лейкоциты, $10^9/л$	29,97±0,64	29,23±0,41	29,63±0,59	29,10±0,31	29,00±0,46
Общий белок, г/л	53,63±0,55	53,77±0,44	53,67±0,43	54,23±0,39	54,03±0,44
Альбумин, г/л	26,20±0,65	27,57±0,55	26,37±0,33	27,63±0,37	27,23±0,27
Мочевина, ммоль/л	9,83±0,49	9,60±0,42	9,77±0,50	9,23±0,46	9,27±0,38
Глюкоза, ммоль/л	12,37±0,27	12,33±0,24	12,47±0,23	12,43±0,22	12,47±0,28
Кальций, ммоль/л	2,47±0,09	2,63±0,09	2,50±0,06	2,73±0,07*	2,60±0,06
Фосфор, ммоль/л	2,37±0,09	2,57±0,09	2,40±0,06	2,63±0,07*	2,57±0,09
Магний, ммоль/л	1,07±0,07	1,17±0,03	1,20±0,06	1,53±0,07**	1,47±0,09*

Гематологические показатели сыворотки крови опытных цыплят всех групп находились в пределах физиологической нормы.

Отмечены более низкие издержки корма на прирост живой массы цыплят опытных групп, соответственно на 4,3; 5,7; 5,2 % по сравнению с контрольной группой. А добавление бишофита в рацион цыплят-бройлеров в количестве 0,2 мл/кг исследуемого корма позволило увеличить прирост живой массы на 141 г (5,93 %), 283 г (119,1 %) по сравнению с контролем и способствовало высокой сохранности молодняка при выращивании на 3,9 % и 4,8 % (таблица 6).

Данные таблицы свидетельствуют, о том что среднесуточный прирост у цыплят-бройлеров 1, 2, 3, 4 опытных групп был выше соответственно на 6,1 %, 12,0 %, 12,1 %, 3,0 % по отношению к контролю.

Таблица 6 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, в г ($\bar{x} \pm m_x$)

Возраст, недель	Группа				
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
суточные	52,48±0,25	52,70±0,24	52,00±0,20	52,40±0,22	52,60±0,23
I	164,00±1,00	161,00±0,84	159,00±1,06	166,70±0,86 *	160,80±0,78
II	341,00±4,02	431,00±4,39 ***	340,00±3,98 ***	497,00±4,02 ***	394,00±4,24***
III	720,00±6,40	844,00±6,02 ***	740,00±4,47 ***	943,00±6,63 ***	789,00±5,76***
IV	1197,00±9,16	1346,00±8,62 ***	1230,00±8,53 ***	1478,00±9,20 ***	1281,00±8,58***
V	1750,00±13,74	1917,00±11,94 ***	1800,00±12,08 ***	2058,00±11,44***	1849,00±13,42***
VI	2376,00±16,80	2517,00±14,22***	2400,00±15,08***	2659,00±14,39***	2459,00±16,10***
Общий прирост	2323,52	2464,30	2348,00	2606,60	2402,40
Среднесуточный прирост	55,32	58,67	55,90	62,05	57,20
% к контролю	100,00	106,06	101,05	112,17	103,39

Эффективность производства мяса рассчитывали на основании общепринятых методик (таблица 7).

Таблица 7 – Экономические показатели выращивания цыплят-бройлеров

Показатель	Группы цыплят-бройлеров				
	контроль-ная	I опытная	II опытная	III опытная	IV опытная
Количество в начале опыта голов	50	50	50	50	50
Сохранность, %	95,2	99,1	96,0	100	96,3
На конец опыта	47,6	49,6	48,0	50	48,2
Валовой прирост: на 1 гол., г всего, кг	2323,52 110,60	2464,30 122,23	2348,00 112,70	2606,60 130,33	2402,40 115,80
Получено дополнительно прироста живой массы, кг	-	11,63	2,1	19,73	5,2
Дополнительный доход, руб	-	1744,5	315	2959,5	780
Скормлено кормов всего, кг	167,2	166,7	166,4	166,9	167,2
Расход бишофита, л	-	-	-	0,3338	0,3344
Стоимость комбикорма и бишофита всего, руб.	2303,13	2182,1	2178,9	2186,075	2190,028
Экономия за счет замены подсол- нечного жмыха, руб.	-	121,03	124,23	117,06	113,10
Доп. доход всего, руб.		1865,53	439,00	3076,56	893,10

Судя по экономической эффективности, самыми лучшими оказались III и I опытные группы, которым скармливался рыжиковый жмых как отдельно, так и совместно с бишофитом, дополнительный доход в руб. составил в первой группе 1865,53 руб., в третьей опытной группе – 3076,56 руб. на 50 гол. в каждой группе.

Заключение. Результаты исследований позволили сделать следующий вывод: совместное использование рыжикового жмыха отдельно и вместе с бишофитом способствует росту живой массы I группы на 141,0 г (5,93 %) и 283,0 г (119,1 %) по III опытной группе, повышению сохранности соответственно на 3,9 % и 4,8 %, мясной продуктивности, улучшению экономических показателей выращивания цыплят-бройлеров. Наиболее целесообразно вводить в рационы цыплят мясных кроссов рыжиковый жмых отдельно и совместно с бишофитом взамен подсолнечного жмыха.

Добавка бишофита как минерального компонента в рационы мясных цыплят-бройлеров не оказала негативного влияния ни на качество откорма цыплят, ни на сроки откорма. А его введение в комбикорма для цыплят-бройлеров стимулировало рост живой массы и позволило заменить 8,25 % подсолнечного жмыха на рыжиковый и растительный концентрат.

Судя по экономической эффективности, самыми лучшими оказались III и I опытные группы, которым скармливался рыжиковый жмых как отдельно, так и совместно с бишофитом. Дополнительный доход на 50 гол. бройлеров составил в I группе 1865,53 руб., в III опытной группе – 3076,56 руб.

В целях повышения кормовой ценности нетрадиционных кормов и эффективности выращивания цыплят-бройлеров рекомендуем производству включать в состав комбикормов, вместо подсолнечного жмыха, 8,25 % рыжикового жмыха и растительного концентрата, а также для улучшения минерального состава кормов и роста сохранности осуществлять ввод природной минеральной добавки – бишофита – в дозе 2 мл/кг комбикорма.

Библиографический список

1. Егоров, И.А. Замена подсолнечного жмыха рыжиковым в кормах для бройлеров [Текст] / И.А. Егоров, Ю.А. Пономаренко // Птицеводство. – 2016. – №8. – С. 18-23.
2. Консеквенция использования рыжикового жмыха в кормлении цыплят-бройлеров [Текст] / С.И. Николаев, Р.Н. Муртазаева, В.А. Корнилова, В.С. Зотеев, Х.Б. Баймишев, И.Н. Хакимов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (54). – С. 212-216.
3. Муртазаева, Р.Н. Организационно-технические факторы управления качеством продукции в промышленном птицеводстве региона [Текст] / Р.Н. Муртазаева, Г.Н. Зверева // Вестник Алтайского ГАУ. – 2015. – № 9. – С. 175-180.
4. Муртазаева, Р.Н. Влияние природного бишофита на азотистый обмен телят [Текст] / Р.Н. Муртазаева, В.В. Саломатин // Ветеринария. – 2016. – №2. – С. 57-60.
5. Муртазаева, Р. Н. Эффективность использования побочной продукции масложировой и перерабатывающей промышленности в комбикормах для цыплят-бройлеров [Текст] / Р. Н. Муртазаева, Е. Ю. Гришина, Т.В. Даева // Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего: XIX международная конференция Российского отделения Всемирной научной ассоциации по птицеводству /ВНИТИП Российской академии наук; НП «Научный центр по птицеводству». – Сергиев Посад, 2018. – С. 269-271.
6. Николаев, С. И. Влияние кормовых добавок на переваримость питательных веществ сельскохозяйственной птицы [Текст] / С. И. Николаев, М. А. Шерстюгина, Е. Ю. Гришина// Инновационная технология и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства: материалы национальной конференции. – Волгоград, 2016. – С. 33–36.
7. Опыт применения ферментного препарата «Целобактерин - Т» в комбикормах для цыплят-бройлеров [Текст] / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова, Т.А. Егорова, В.Г. Вертипрахов, И.Н. Никонов, Г.Ю. Лаптев // Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего: XIX международная конференция Российского отделения Всемирной научной ассоциации по птицеводству /ВНИТИП Российской академии наук; НП «Научный центр по птицеводству». – Сергиев Посад, 2018. – С. 203-205.

8. Околелова, Т.М. Семена и масло рыжика в кормлении бройлеров [Текст] / Т. Околелова, Б. Чакаев, Т. Гордиенко // Птицеводство. – 2013. – № 1. – С. 30-32.
9. Околелова, Т.М. Факторы питания, влияющие на состояние органов пищеварения у птицы [Текст] / Т.М. Околелова, С.В. Енгашев, С.М. Салгереев // Птицеводство. – 2017. – № 6. – С. 44-49.
10. Околелова, Т.М. Качество мяса бройлеров при коррекции протеина и энергии в комбикорме за счет ферментных препаратов [Текст] / Т.М. Околелова // Птица и птицепродукты. – 2016. – №1. – С. 44-45.
11. Повышение мясной продуктивности бройлеров при использовании кормового концентрата из растительного сырья «Сарепта» [Текст] / А.К. Карапетян, С.И. Николаев, М.В. Струк, Е.А. Липова, М.А. Шерстюгина, А.Р. Халиков // Главный зоотехник. – 2013. – №2. – С. 34-40.
12. Результативность выращивания бройлеров в зависимости от уровней обменной энергии и протеина в престартерных рационах [Текст] / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, А.К. Османян, Р. Махдави, В.В. Малородов // Птица и птицепродукты. – 2017. – № 6. – С. 30-33.
13. Antibiotic-free poultry production based on innovative nutritional programs with the involvement of probiotics [Tekst] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, G. Y. Laptev, T. N. Lenkova, I. N. Nikonov, L. A. Ilyina, E. A. Yildyrym // Voprosy Pitaniia. – 2017. – № 86(6). – P. 114-124.
14. Activity of digestive enzymes in duodenal chymus and blood in broilers of parental lines and the meat cross depending on dietary bioactive additives [Tekst] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, V. G. Vertiprakhov, A. A. Grozina, T. N. Lenkova, V. A. Manukyan, T. A. Egorova // Sel'Skokhozyaistvennaya Biologiya. – 2017. – №52(6). – P. 1226-1233. doi:10.15389/agrobiology.2017.6.1226eng.
15. Impact of mash and crumble diets on intestinal amino acids transporters, intestinal morphology and pancreatic enzyme activity of broilers [Tekst] / R. Mahdavi, A. K. Osmanyan, V. I. Fisinin, S. Ghazi Harsini, A. L. Arkhipova, A. N. Shevyakov, G. Y. Kosovsky // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2018. – №1 02(5). – P. 1266-1273. doi:10.1111/jpn.12956.
16. Intestinal amino acid and peptide transporters in broiler are modulated by dietary amino acids and protein [Tekst] / A. K. Osmanyan, S. Ghazi Harsini, R. Mahdavi, V. I. Fisinin, A. L. Arkhipova, T. T. Glazko, G. Y. Kosovsky // Amino Acids. – 2018. – № 50(2). – P. 353-357. doi:10.1007/s00726-017-2510-6.
17. Meat quality in broilers reared in different housing systems [Tekst] / V. I. Fisinin, V. S. Lukashenko, I. P. Saleyeva, I. M. Chernukha, V. G. Volik, D. Y. Ismailova, E. V. Zhuravchuk // Voprosy Pitaniia. – 2018. – №87(5). – P. 77-84. doi:10.24411/0042-8833-2018-10056
18. Mixtures of biologically active substances of oak bark extracts change immunological and productive indicators of broilers [Tekst] / V. I. Fisinin, A. S. Ushakov, G. K. Duskaev, N. M. Kazachkova, B. S. Nurzhanov, S. G. Rakhmatullin, G. I. Levakhin // Sel'Skokhozyaistvennaya Biologiya. – 2018. – №53(2). – P. 385-392. doi:10.15389/agrobiology.2018.2.385eng.
19. Pancreatic secretion and intestinal digestibility of amino acids in chicken at different dietary protein level and quality [Tekst] / V. I. Fisinin, V. G. Vertiprakhov, A. A. Grozina, L. V. Khasanova // Sel'Skokhozyaistvennaya Biologiya. – 2017. – № 52(2). – P. 374-381. doi:10.15389/agrobiology.2017.2.374eng.
20. Safaeikatouli, M. The effect of dietary silicate minerals supplementation on apparent ileal digestibility of energy and protein in broiler chickens [Tekst] / M. Safaeikatouli, et al. // Int J Agric Biol. – 2012. – Vol. 14. – P. 299-302.
21. Zepp, M. The influence of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive pecking behavior in laying hen chicks [Tekst] / M. Zepp et al. // Journal of Veterinary Behavior. – 2018. – P. 33-36.

References

1. Egorov, I. A. Zamena podsolnechnogo zhmyha ryzhikovym v kormah dlya brojlerov [Tekst] / I. A. Egorov, Yu. A. Ponomarenko // Pticevodstvo. - 2016. - №8. - P. 18-23.

2. Konsekvenciya ispol'zovaniya ryzhikovogo zhmyha v kormlenii cyplyat-brojlerov [Tekst] // S. I. Nikolaev, R. N. Murtazaeva, V. A. Kornilova, V. S. Zoteev, H. B. Bajmishev, I. N. Hakimov / Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 1 (54). - P. 212-216.
3. Murtazaeva, R. N. Organizacionno-tehnicheskie faktory upravleniya kachestvom produkcii v promyshlennom pticevodstve regiona [Tekst] / R. N. Murtazaeva, G. N. Zvereva // Vestnik Altajskogo GAU. - 2015. - № 9. - P. 175-180.
4. Murtazaeva, R. N. Vliyanie prirodnogo bishofita na azotistyj obmen telyat [Tekst] / R. N. Murtazaeva, V. V. Salomatin // Veterinariya. - 2016. - №2. - P. 57-60.
5. Murtazaeva, R. N. Jeffektivnost' ispol'zovaniya pobochnoj produkcii maslozhirovoj i pererabatyvayushej promyshlennosti v kombikormah dlya cyplyat-brojlerov [Tekst] / R. N. Murtazaeva, E. Yu. Grishina, T. V. Daeva // Mirovye i rossijskie trendy razvitiya pticevodstva: realii i vyzovy budushego: XIX mezhdunarodnaya konferenciya Rossijskogo otdeleniya Vsemirnoj nauchnoj associacii po pticevodstvu / VNITIP Rossijskoj akademii nauk; NP "Nauchnyj centr po pticevodstvu". - Sergiev Posad, 2018. - S. 269-271.
6. Nikolaev, S. I. Vliyanie kormovyh dobavok na perevarimost' pitatel'nyh veschestv sel'sko-hozyajstvennoj pticy [Tekst] / S. I. Nikolaev, M. A. Sherstyugina, E. Yu. Grishina // Innovacionnaya tehnologiya i veterinarnaya zaschita pri intensivnom proizvodstve produkcii zhivotnovodstva: materialy nacional'noj konferencii. - Volgograd, 2016. - P. 33-36.
7. Opyt primeneniya fermentnogo preparata "Celobakterin - T" v kombikormah dlya cyplyat-brojlerov [Tekst] / I. A. Egorov, V. A. Manukyan, T. N. Lenkova, T. A. Egorova, V. G. Vertiprahov, I. N. Nikonov, G. Yu. Laptev // Mirovye i rossijskie trendy razvitiya pticevodstva: realii i vyzovy budushego: XIX mezhdunarodnaya konferenciya Rossijskogo otdeleniya Vsemirnoj nauchnoj associacii po pticevodstvu / VNITIP Rossijskoj akademii nauk; NP "Nauchnyj centr po pticevodstvu". - Sergiev Posad, 2018. - P. 203-205.
8. Okolelova, T. M. Semena i maslo ryzhika v kormlenii brojlerov [Tekst] / T. Okolelova, B. Chakaev, T. Gordienko // Pticevodstvo. - 2013. - № 1. - P. 30-32.
9. Okolelova, T. M. Faktory pitaniya, vliyayuschie na sostoyanie organov pischevareniya u pticy [Tekst] / T. M. Okolelova, S. V. Engashev, S. M. Salgereev // Pticevodstvo. - 2017. - № 6. - P. 44-49.
10. Okolelova, T. M. Kachestvo myasa brojlerov pri korrekcii proteina i jenerгии v kombikorme za schet fermentnyh preparatov [Tekst] / T. M. Okolelova // Ptica i pticeprodukty. - 2016. - №1. - P. 44-45.
11. Povyshenie myasnoj produktivnosti brojlerov pri ispol'zovanii kormovogo koncentrata iz rastitel'nogo syr'ya "Sarepta" [Tekst] / A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, M. V. Struk, E. A. Lipova, M. A. Sherstyugina, A. R. Halikov // Glavnyj zooteknik. - 2013. - №2. - P. 34-40.
12. Rezul'tativnost' vyraschivaniya brojlerov v zavisimosti ot urovnej obmennoj jnergii i proteini v prestarternyh racionah [Tekst] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, A. K. Osmanyan, R. Mahdavi, V. V. Malorodov // Ptica i pticeprodukty. - 2017. - № 6. - P. 30-33.
13. Antibiotic-free poultry production based on innovative nutritional programs with the involvement of probiotics [Tekst] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, G. Y. Laptev, T. N. Lenkova, I. N. Nikonov, L. A. Ilyina, E. A. Yildyrym // Voprosy Pitaniia. - 2017. - № 86(6). - P. 114-124.
14. Activity of digestive enzymes in duodenal chymus and blood in broilers of parental lines and the meat cross depending on dietary bioactive additives [Tekst] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, V. G. Vertiprahov, A. A. Grozina, T. N. Lenkova, V. A. Manukyan, T. A. Egorova // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya. - 2017. - №52(6). - P. 1226-1233. doi:10.15389/agrobiology.2017.6.1226eng.
15. Impact of mash and crumble diets on intestinal amino acids transporters, intestinal morphology and pancreatic enzyme activity of broilers [Tekst] / R. Mahdavi, A. K. Osmanyan, V. I. Fisinin, S. Ghazi Harsini, A. L. Arkhipova, A. N. Shevyakov, G. Y. Kosovsky // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. - 2018. - №1 02(5). - P. 1266-1273. doi:10.1111/jpn.12956.

16. Intestinal amino acid and peptide transporters in broiler are modulated by dietary amino acids and protein [Tekst] / A. K. Osmanyany, S. Ghazi Harsini, R. Mahdavi, V. I. Fisinin, A. L. Arkhipova, T. T. Glazko, G. Y. Kosovsky // Amino Acids. – 2018. – № 50(2). – P. 353-357. doi:10.1007/s00726-017-2510-6
17. Meat quality in broilers reared in different housing systems [Tekst] / V. I. Fisinin, V. S. Lukashenko, I. P. Saleyeva, I. M. Chernukha, V. G. Volik, D. Y. Ismailova, E. V. Zhuravchuk // Vo-prosy Pitaniia. – 2018. – №87(5). – P. 77-84. doi:10.24411/0042-8833-2018-10056
18. Mixtures of biologically active substances of oak bark extracts change immunological and productive indicators of broilers [Tekst] / V. I. Fisinin, A. S. Ushakov, G. K. Duskaev, N. M. Kazachkova, B. S. Nurzhanov, S. G. Rakhmatullin, G. I. Levakhin // Sel'Skokhozyaistvennaya Bi-ologiya. – 2018. – №53(2). – P. 385-392. doi:10.15389/agrobiology.2018.2.385eng
19. Pancreatic secretion and intestinal digestibility of amino acids in chicken at different die-tary protein level and quality [Tekst] / V. I. Fisinin, V. G. Vertiprakhov, A. A. Grozina, L. V. Khasanova // Sel'Skokhozyaistvennaya Biologiya. – 2017. – № 52(2). – P. 374-381. doi:10.15389/agrobiology.2017.2.374eng
20. Safaeikatouli, M. The effect of dietary silicate minerals supplementation on apparent ile-al digestibility of energy and protein in broiler chickens [Tekst] / M. Safaeikatouli, et al. //Int J Agric Biol. – 2012. – Vol. 14. – P. 299-302.
21. Zepp, M. The influence of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive pecking behavior in laying hen chicks [Tekst] / M. Zepp et al. //Journal of Veterinary Behavior. – 2018. – P. 33-36.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002 г. Волгоград, пр-т Университетский 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>. **E-mail:** nikolaevvolgau@yandex.ru.

Муртазаева Ряшида Назировна, профессор кафедры «Менеджмент» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002 г. Волгоград, пр-т Университетский 26), доктор сельскохозяйственных наук профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8289-1331>. **E-mail:** rmurtazaeva@mail.ru.

Корнилова Валентина Анатольевна, доцент кафедры «Зоотехния» Самарской государственной сельскохозяйственной академии (РФ, 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), доктор сельскохозяйственных наук, доцент. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5475-5623>. **E-mail:** kornilova_va@mail.ru.

Зотеев Владимир Степанович, профессор кафедры «Зоотехния» Самарской государственной сельскохозяйственной академии (РФ, 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), доктор биологических наук, профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7853-4569>. **E-mail:** vladimir.zoteev@yandex.ru.

Баймишев Хамидулла Балтуханович, профессор, заведующий кафедрой «Анатомия, акушерство и хирургия» Самарский государственный аграрный университет (РФ, 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), доктор биологических наук, профессор, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1944-5651>. **E-mail:** Baimishev_HB@mail.ru.

Хакимов Исмагиль Насибуллович, профессор кафедры «Зоотехния» Самарской государственной сельскохозяйственной академии (РФ, 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. ORCID <http://orcid.org/0000-0002-1640-8436>. **E-mail:** hakimov_2@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 619:618.7:636.22/28

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-26

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБА ТЕРАПИИ И ПРОФИЛАКТИКИ
ЦЕРВИЦИТА У КОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ
ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ**

**IMPROVEMENT OF THE METHOD OF THERAPY AND PREVENTION OF COWS
CERVICITIS WITH THE USE OF ADDRESS DELIVERY OF MEDICINES**

В.Д. Кочарян, кандидат биологических наук, доцент

К.А. Баканова, аспирант

С.П. Перерядкина, кандидат ветеринарных наук, доцент

М.А. Ушаков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ю.Г. Букаева, ассистент

V.D. Kocharyan, K.A. Bakanova, S.P. Pereryadkina,

M.A. Ushakov, Yu.G. Bukaeva

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian Universit

Дата поступления в редакцию 30.11.2018

Дата принятия к печати 29.05.2019

Received 30.11.2018

Submitted 29.05.2019

В молочном скотоводстве на сегодняшний день актуальной проблемой является патология репродуктивных органов у коров в послеродовой период, а также их дифференциальная диагностика. Для изучения причин возникновения и установления процента распространения послеродовой патологии в каждом хозяйстве Волгоградской области проводится акушерско-гинекологическая диспансеризация. Установлено, что воспалительные процессы шейки матки составляют значительную долю (11,6 %) воспалительных заболеваний половых органов самок. Температура тела животных в ближайшие 24 часа служит ранним признаком развития патологий органов размножения. Выявлено, что матка коров после отела в основном несвободна от условно-патогенной микрофлоры и значительная роль отводится сочетанному воздействию микроорганизмов. Наибольший процент распространения имеют ассоциации *Staph. aureus* + *E.coli* и *Staph. aureus* + *E.coli* + *P. mirabilis* равны 24 и 20 соответственно. Установлено, что клинический эффект при применении Биоконтейнера в сравнении с суппозиториями «Йодопен» наиболее выражен при трехкратном применении более чем у 70,0 % больных животных при среднем сроке лечения 7 дней. Применение Биоконтейнера для профилактики цервицита на 15 % эффективнее традиционных способов профилактики, принятых в хозяйствах.

In dairy cattle breeding today, the actual problem is the pathology of the reproductive organs in cows in the postpartum period, as well as their differential diagnosis. To study the causes of the occurrence and the percentage of postpartum pathology in each farm of the Volgograd region, an obstetric and gynecological clinical examination is conducted. It has been established that inflammation of the cervix of the uterus constitutes a significant proportion (11,6%) of inflammatory diseases of the female genital organs. The body temperature of animals in the next 24 hours is an early sign of the development of pathologies of the reproductive organs. It has been revealed that the uterus of cows after calving is mainly not free from conditionally pathogenic microflora and a significant role is given to the combined effects of microorganisms. The largest percentage of the distribution have *Staph. aureus* + *E.coli* and *Staph. aureus* + *E.coli* + *P. mirabilis* are 24 and 20, respectively. It has been established that the clinical effect with the use of Biocontainer in comparison with the suppositories «Iodopen» is most pronounced with a triple use in more than 70,0% of sick animals, with an average treatment period of 7 days. The use of Biocontainer for cervicitis prophylaxis is 15% more effective than traditional methods of prophylaxis adopted in farms.

Ключевые слова: коровы, послеродовая патология, цервицит, адресная доставка, условно-патогенная микрофлора, Биоконтейнер, плодные фракции.

Key words: cows, postpartum pathology, cervicitis, targeted delivery, conditionally pathogenic microflora, Biocontainer, fetal fractions.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области по научному проекту № 18-416-342014 «Оценка репаративных свойств пептидных биорегуляторов, полученных из фетоплацентарного комплекса животных, при воспалительных процессах»

Цитирование. Кочарян В.Д., Баканова К.А., Перерядкина С.П., Ушаков М.А., Букаева Ю.Г. Совершенствование способа терапии и профилактики цервицита у коров с применением адресной доставки лекарственных средств. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 214-222. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-26.

Citation. Kocharyan V. D., Bakanova K. A., Pereryadkina S. P., Ushakov M. A., Bukaeva Y. G. Improving the method of treatment and prevention of cervicitis in cows using targeted drug delivery. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 214-222. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-26.

Введение. Послеродовые функциональные и воспалительные заболевания – важная ветеринарная проблема, так как в настоящее время они являются одной из основных причин снижения репродуктивного здоровья маточного поголовья молочного скота [1, 2, 3, 4, 10]. Частота послеродовых воспалительных заболеваний не имеет тенденции к снижению, несмотря на успехи в диагностике, профилактике и лечении. Так, их частота находится в пределах 35,0...56,0 %, при этом на долю потери репродуктивной способности от воспалительных осложнений матки приходится от 24,5 до 35,0 %. Наиболее распространенным проявлением послеродовой патологии являются цервициты, частота которых в общей популяции молочного скота составляет 33,0...48,0 % [7, 4, 8, 9, 12]. В то же время конкретные диагностические критерии, позволяющие дифференцировать функциональные нарушения от воспалительных заболеваний матки, отсутствуют. Поэтому одним из важных условий развития скотоводства является совершенствование уже существующих, а также изыскание новых методов диагностики и терапии акушерско-гинекологических заболеваний у коров [2, 3, 11].

Из многих акушерско-гинекологических заболеваний наиболее распространенными формами проявления болезни половых органов являются неспецифические воспалительные заболевания и функциональные расстройства матки и половых желез (субинволюция матки, метриты, цервициты, кисты и гипофункция яичников). Заболевания чаще всего выявляются в послеродовый период [4, 8, 10].

Неоднозначность информативных клинических, эхографических и гистологических характеристик не позволяет с вероятной точностью установить диагностические погрешности, поэтому внимание ветеринарных специалистов должно быть сосредоточено на гистопатических особенностях каждого из вариантов цервицита. В литературе редко встречаются данные о цитологических особенностях состава метроаспираатов, в когортах высокопродуктивных коров с симптоматическим бесплодием, не уделено должного внимания цитоморфологии как весомому методу прогнозирования осложненного течения острого, подострого и хронического цервицита при его доказанной информативности в пуэрперии [11, 9, 12].

Цель исследования – верификация диагноза и оценка эффективности применения способа адресной доставки биологически активных препаратов при терапии и профилактике цервицита у коров.

Материалы и методы. Исследования проведены в 2014-2018 гг. на кафедре «Акушерство и терапия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», а также в условиях молочных комплексов ООО СП «Донское» Калачевского района и в АО имени Кирова Старополтавского района Волгоградской области. В период опыта под наблюдением находились новотельные коровы черно-пестрой и голштино-фризской по-

род. Определение клинических критериев заболевания проводили на 200 животных. Были подобраны животные в послеродовой период, у которых не восстановилась половая цикличность свыше 44...61 дней после родов и которые многократно приходили в охоту без плодотворного осеменения. Частоту и распространенность заболевания изучали по журналам регистрации больных животных и журналам оператора искусственного осеменения. Диагноз акушерско-гинекологических заболеваний устанавливали на основании принятых в ветеринарии методов. Для микробиологических исследований маточный аспират получали по методике Б.Н. Панкова (2008). Определение состава микрофлоры матки осуществляли методом посева на жидкие и полужидкие среды: МПА, МПБ, Эндо, Сабуро, цветные среды Гиса. Изучали видовой состав микрофлоры маточного содержимого коров с первого дня отела по 15-й день. Идентификацию изолированных микроорганизмов проводили с учетом их морфологических, культуральных свойств, руководствуясь определителем бактерий Берджи, а грибов – «Определитель патогенных, токсикогенных и вредных для человека грибов» (1979), а также «Атлас грибов патогенных для сельскохозяйственных животных и птиц» (1953). Для определения вида бактерий использовали пластины биохимические, дифференцирующие энтеробактерии и стафилококки научно-производственного объединения «Диагностические системы», г. Нижний Новгород.

Терапевтическую и профилактическую эффективности биологического препарата проводили путем сравнения с традиционными способами терапии и профилактики. Животные были разделены на две группы – опытная (n=25) и контрольная (n=25).

В опытной группе для адресной доставки применяли «Биоконтейнер» на основе желатиновых капсул, заполненный фетоплацентарными фракциями, состоящими из плодных фракций (амниотической, абдоминальной жидкости, пуповинной крови, вартоновского студня), а также фракций из гомогенной массы тимуса, карункулов, котиледонов, околоплодных оболочек, взятых от плодов телят, в возрасте первой половины внутриутробного развития. Лечебные препараты были изготовлены в условиях лаборатории «Клеточно-тканевой терапии животных» кафедры «Акушерство и терапия». Биоконтейнеры вводили трехкратно с интервалом 72 часа за поперечную складку канала шейки матки на 3-5 сутки после отела. В контрольной группе применяли принятую в хозяйствах схему терапии и профилактики, которая включает введение суппозитория «Йодопен» в шейку матки. За подопытными животными устанавливали постоянное наблюдение. Учитывали общее состояние и клинико-физиологические показатели. Оценку результатов терапии проводили по итогам прихода в половую охоту и плодотворному осеменению. Цифровой материал подвергали статистической обработке на ПК Pentium с использованием прикладных программ пакета Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. В ходе исследований мы установили динамику распространения акушерско-гинекологических заболеваний у высокопродуктивных коров. В хозяйстве послеродовые воспалительные заболевания были зарегистрированы более чем у 50 % поголовья. Субинволюцию матки наблюдали у 16 % больных животных. Цервициты диагностировали у 29 животных (11,6 %). Вагиниты менее распространены (8 % от количества обследуемых животных).

Изучение распространения послеродовой патологии животных показали, что цервициты редко бывают изолированным состоянием, как правило, сочетаются с вульвитами, вагинитами, так как половые органы коров (вульва, влагалище и шейка матки) образуют единую анатомическую систему. Цервициты занимают значительное место среди этих заболеваний. Они характеризуются длительным бесплодием маточного поголовья, снижением продуктивности дойных коров, что приводит к большим экономическим потерям. На крупных комплексах цервицитами заболевают до 35 % отелившихся коров (рисунок 1).

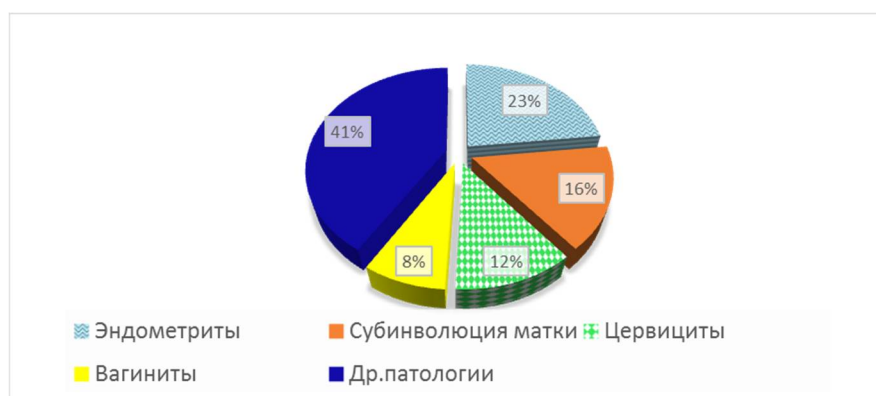


Рисунок 1 – Распространенность акушерско-патологических патологий ООО СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области

Факторы, ведущие к возникновению и развитию у коров цервицита в ООО СП «Донское», представлены на рисунке 2. Наиболее частая причина возникновения цервицитов – травмирование животных во время трудных родов или неправильного родо-вспоможения.

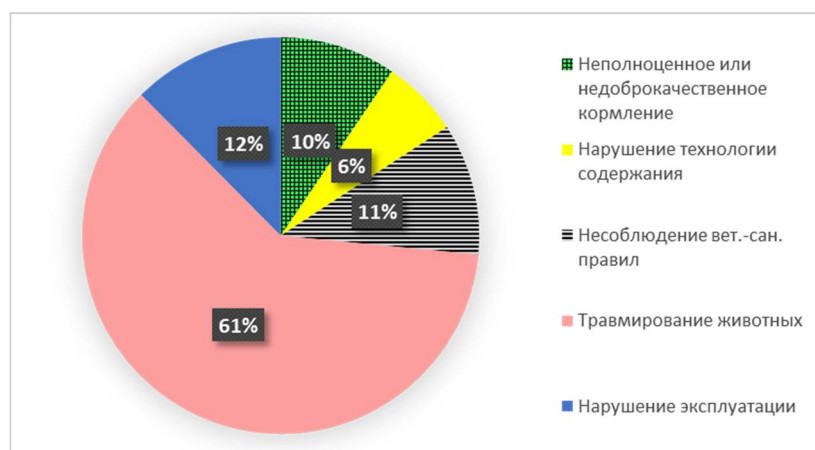


Рисунок 2 – Причины возникновения цервицитов в хозяйствах

Из этого следует, что характер течения родов у коров можно считать признаком проявления воспаления шейки матки. Часто цервицит у коров является результатом осложнений других акушерско-гинекологических патологий и протекает одновременно с этими заболеваниями. Для этого была проведена сравнительная оценка клинических проявлений цервицита и других патологий репродуктивных органов. Для этого мы провели анализ клинических симптомов эндометрита, субинволюции матки, вагинита и цервицита.

Из таблицы следует, что в послеродовой период у коров с риском развития акушерско-гинекологических заболеваний температура тела может варьировать в зависимости от тяжести протекающих изменений. Из этого следует, что наблюдение за температурой тела животных в ближайшие 24 часа служит ранним признаком развития патологий органов размножения. При повышении температуры тела увеличиваются и другие физиологические показатели, такие как частота дыхания и пульса. Животные отказываются от корма и питья, больше лежат, из родовых путей выделяется слизистогнойный или буроватый экссудат. При ректальной пальпации матки обнаруживают мягкость и тестоватость, а также болезненность матки; яичники, в частности правый,

немного увеличены в размерах. Клиническая картина цервицита по различным критериям сходна с симптомами других заболеваний половых органов, что, в свою очередь, существенно затрудняет дифференциацию цервицита как отдельного заболевания.

Таблица 1 – Клиническая картина акушерско-гинекологических патологий у коров

Клинические проявления	Эндометрит	Субинволюция матки	Вагинит	Цервицит
<i>Общие признаки воспаления:</i>				
Повышение температуры тела, °С	39,5-41,5	39,0-40,5	38,5-39,5	39,0-41,0
Угнетение и потеря аппетита	Присутствует	Присутствует	Отсутствует	Присутствует
Поза животного	Животное стоит, выгнув спину, чаще лежит	Животное стоит, выгнув спину	Не изменена	Животное стоит, выгнув спину
<i>Характерные особенности</i>				
Изменение размеров большого органа	Матка увеличена в размерах	Матка увеличена и растянута	Влагалище не изменено	Шейка матки увеличена в размерах
Болезненность органа при пальпации	Значительная	Отсутствует	Не значительная	Не значительная
Характер выделений	с примесью гноя, серозно-катаральные	Лохии	Серозно-катаральные	Гной, слизь с хлопьями
Слизистая оболочка	Складки сглажены, на поверхности может обнаруживаться бугристость. Гиперемия.	Дряблая без складчатости. Умеренная гиперемия.	Отёчность и гиперемия, имеются кровоизлияния в виде полос и точек; присутствуют наложения экссудата. Складки разглажены	Дряблость, тестоватость и липкость слизистой оболочки; иногда на поверхности ее обнаруживаем фибриновые наложения, эрозии и язвы. Складчатость увеличена.

В результате проведенных микробиологических исследований проб содержимого шейки матки, взятых от коров с клиническими признаками цервицита, установили, что в 80 % случаях воспаление обусловлено внедрением в ткани шейки матки условно-патогенных бактерий. Динамику развития микрофлоры в матке коров мы отслеживали до 15 дня после отела. У животных с заболеваниями половых органов из шеечной слизи были выделены различные виды микроорганизмов и их ассоциации. У коров с клиническими симптомами акушерско-гинекологических патологий на 4-5 день после патологических родов в мазках были выявлены различные монокультуры и ассоциации микроорганизмов. Нами установлено, что матка коров после отела в основном несвободна от условно-патогенной микрофлоры, которая является одной из непосредственных причин воспаления цервикального канала животных. При этом значительная роль отводится сочетанному воздействию микроорганизмов. Наибольший процент распространения имеют ассоциации *Staph. aureus* + *E.coli* и *Staph. aureus* + *E.coli* + *P. mirabilis* равны 24 и 20 соответственно.

Предлагаемый нами «Биоконтейнер» относится к резервуарным препаратам. В качестве носителя нами предложена композиция резервуара, содержащая 95 % желатина и 5 % глицерина. Данные резервуары на основе желатина привлекли наше внимание

как полимерный препарат животного происхождения, лишенный видовой специфичности. В суспензии содержится ряд биологически активных веществ: аминокислоты (в т.ч. незаменимые), протеины, липиды, цитокины (в т.ч. интерлейкины), альфа-фетопротеин, а также природный комплекс витаминов, макро- и микроэлементов, что обеспечивает стимуляцию иммунной системы организма, улучшение обмена веществ. Противовоспалительное действие препарата связывается с наличием в нем интерлейкинов и альфа-фетопротеина. Микро- и макроэлементы, витамины, аминокислоты являются основным строительным материалом любой ткани организма.

Эффективность терапии больных коров определялась кратностью проведения курсов лечения, от которого зависят сроки выздоровления и восстановление продуктивности больного животного. Установлено, что трехкратное применение на 26,7 % выше, чем при двукратном и на 40,0 % выше, чем при однократном. Следовательно, трехкратное применение биоконтейнера наиболее эффективно и сокращает сроки выздоровления в среднем до 6 дней. При проведении опыта «Биоконтейнер», заполненный суспензиями фетоплацентарного комплекса, мы сравнивали с общепринятой схемой лечения цервицита в ООО СП «Донское» и «АО им. Кирова». В опытной и контрольных группах лечение начинали после появления клинических симптомов, на 3...5 сутки после родов. В опыте участвовало 60 коров. Для лечения контрольной группы коров использовали внутриматочный антибактериальный препарат «Йодопен» согласно инструкции по применению. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты лечения предлагаемым способом

Хозяйство	Всего коров в опыте, гол.	Кратность введения препарата	Терапевтическая эффективность		Количество дней лечения, дн.	Количество дней бесплодия, дн.
			%	голов		
ООО СП «Донское»	10	Контроль	50	5	9,2±0,03	33,5±0,5
	10	Двукратное	70	7	8,1±0,03*	30,1±0,5*
	10	Трехкратное	90	9	6,1±0,03*	28,9±0,5*
АО «им. Кирова»	10	Контроль	50	5	8,8±0,02	32,7±0,4
	10	Двукратное	70	7	7,9±0,02*	29,9±0,4*
	10	Трехкратное	100	10	6,2±0,02*	28,6±0,4*

Примечание: здесь и далее: * $p < 0,05$.

Установлено, что трехкратное применение в среднем в течение 7 дней более, чем на 20,0 % эффективнее, чем двукратное применение предлагаемого способа для лечения цервицитов у коров. Количество дней бесплодия сокращается на 4-5 дней.

Профилактическую эффективность применения биоконтейнера с биологическим препаратом осуществляли в сравнительном аспекте с суппозиториями «Йодопен». Применение биоконтейнера для профилактики цервицита в ООО СП «Донское» в среднем на 15,0 % эффективнее, чем применение традиционных средств профилактики. Сроки восстановления репродуктивных функций у коров сокращаются в среднем на 5-6 дней. Клинический эффект при применении биоконтейнера в сравнении с суппозиториями «Йодопен» наиболее выражен при трехкратном применении более чем у 70,0 % больных животных, при среднем сроке лечения 7 дней.

Применение «Биоконтейнера» для профилактики цервицита на 15,0 % эффективнее традиционных способов профилактики, принятых в хозяйствах. Введение за поперечную складку шейки матки на 3 сутки после родов позволяет на 80 % сократить частоту проявления симптомов цервицита, что в 2 раза эффективнее применения пенообразующих суппозитория «Йодопен».

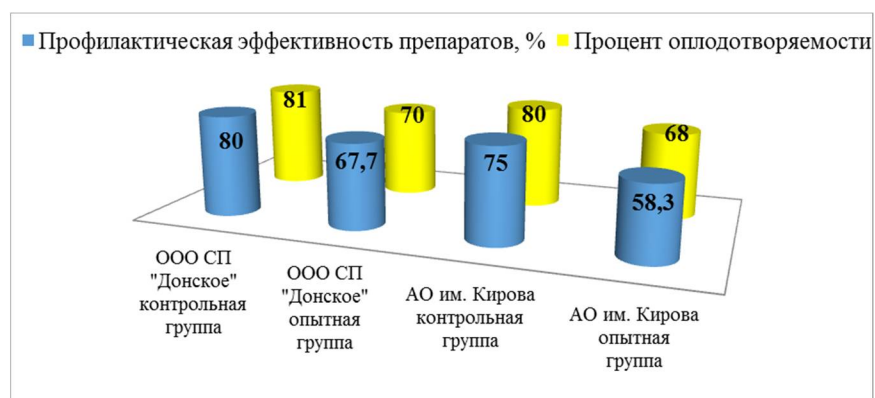


Рисунок 3 – Профилактическая эффективность применения предлагаемого способа в ООО СП «Донское» и АО «им. Кирова»

Международная молочная федерация и Европейская ассоциация животноводов опубликовали доклад, который обобщает результаты многочисленных исследований, свидетельствующие о том, что симптоматическое бесплодие диагностируется у 20,0...25,0 % коров молочного стада.

Заключение. В результате проведенных исследований мы установили, что послеродовые воспалительные заболевания были зарегистрированы более чем у 50 % поголовья хозяйств Волгоградской области. Цервициты достаточно широко распространены (11,6 %). Часто цервицит у коров является результатом осложнений других акушерско-гинекологических патологий и протекает одновременно с этими заболеваниями. При проведении сравнительной оценки клиническая картина цервицита по различным критериям сходна с симптомами других заболеваний половых органов, что, в свою очередь, существенно затрудняет дифференциацию цервицита как отдельного заболевания. Микробное поле половых органов представлено разнообразными видами условно-патогенных микроорганизмов. Применение «Биоконтейнера» для терапии и профилактики заболеваний в послеродовой период у коров позволяет на 80 % сократить частоту проявления цервицита.

Библиографический список

1. Баканова, К.А. Экспериментальное изучение безвредности плодных фракций на животных [Текст]/ К.А. Баканова, Г.В. Небогатилов //Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессионального образования. – 2015. – №2 (38). – С. 164-167.
2. Глазунов, Е.А.Изучение профилактической эффективности препарата бактериофагов при эндометритах у коров в условиях молочно-товарной фермы [Текст]/ Е.А. Глазунов, Н.В. Пименов, Л.Ф. Сотникова // RJOAS. – 2016. – №5. – С. 90-96.
3. Кочарян, В.Д. Верификация диагноза и терапия коров больных хроническим эндометритом [Текст]/В.Д. Кочарян, К.А. Баканова, В.С. Авдеенко// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессионального образования. – 2016. – №2 (42). – С. 190-197.
4. Метод оптимизации репродуктивной функции коров после отёла [Текст] / И.В. Яшин, З.Я. Косорлукова, Г.В. Зоткин, А.В. Дубинин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – №5 (60). – С. 52-54.
5. Новый этиотропный препарат для лечения послеродовых эндометритов у коров [Текст]/ И. Коба, Н. Басова, Е. Новикова, М. Староселов, В. Пачина //Комбикорма. – №9. – 2018. – С. 104-106.
6. Результативность осеменения коров в зависимости от условий содержания в сухостойный период [Текст]/ Ю.А. Горбунов, Н.Г. Минина, Э.И. Бариева, В. Б. Андалюкевич, В.П. Немец // Актуал. проблемы интенсивного развития ж-ва. – 2017. – №20-2. – С. 280-287.

7. Топурия, Л.А. Основные причины низкой воспроизводительной способности коров [Текст] / Л.Ю. Топурия, А.Б. Есказина // Известия ОГАУ. – 2012. – №36-1. – С. 76-77.
8. Bacteriological, cytological and histopathological evaluation of the reproductive tract of slaughtered cows [Tekst]/ Julia B.S. Casarin, Ana P. Martini, Janislene M. Trentin, Mariani F. Fiorenza, Gilson A. Pessoa, Severo S. Barros, Mara I.B. Rubin // Pesquisa Veterinária Brasileira. – 2018. – Volume 38. – № 1. – P. 53-58.
9. Changes in feeding, social, and lying behaviors in dairy cows with metritis following treatment with a nonsteroidal anti-inflammatory drug as adjunctive treatment to an antimicrobial [Tekst]/ J. Lomb, H.W. Neave, D.M. Weary, S.J. LeBlanc, J.M. Huzzey, M.A.G. von Keyserlingk// ODSA, Journal of dairy science. – 2018. – Volume 101. – Issue 5, May. – P. 4400–4411.
10. Effects of intrauterine infusion of Escherichia coli lipopolysaccharide on uterine health, resolution of purulent vaginal discharge, and reproductive performance of lactating dairy cows [Tekst]/ João G.N. Moraes, Paula R.B. Silva, Luís G.D. Mendonça, Alexandre A. Scanavez, Joseane C.C. Silva, Ricardo C. Chebe// ODSA, Journal of dairy science. – 2017. – Volume 100. – Issue 6, June. – P. 4772–4783.
11. Khan, M. H. Reproductive disorders in dairy cattle under semi-intensive system of rearing in North-Eastern India [Tekst]/ M. H. Khan, K. Manoj, S. Pramod // Veterinary World. – 2016. – Volume 9(5). – P. 512-518.
12. Prevalence of various pathological conditions in female buffaloes (Bubalus bubalis) [Tekst]/ Perumal Ponraj, Sukkum Chang, Nakulan V Rajesh, Muthusamy Veeraselvam, Kalpana Devi Rajesh // Asian Pacific Journal of Reproduction. – 2017. – Volume 6(2). – P. 58-67.

References

1. Bakanova, K. A. Jeksperimental'noe izuchenie bezvrednosti plodnyh frakcij na zhivotnyh [Tekst]/ K. A. Bakanova, G. V. Nebogatikov //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'nogo obrazovaniya. - 2015. - №2 (38). - P. 164-167.
2. Glazunov, E. A. Izuchenie profilakticheskoy jeffektivnosti preparata bakteriofagov pri jndometritah u korov v usloviyah molochno-tovarnoj fermi [Tekst]/ E. A. Glazunov, N. V. Pimenov, L. F. Sotnikova // RJOAS. - 2016. - №5. - P. 90-96.
3. Kocharyan, V. D. Verifikaciya diagnoza i terapiya korov bol'nyh hronicheskim jndometritom [Tekst] / V. D. Kocharyan, K. A. Bakanova, V. S. Avdeenko// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'nogo obrazovaniya. - 2016. - №2 (42). - P. 190-197.
4. Metod optimizacii reproduktivnoj funkcii korov posle otjola [Tekst] / I. V. Yashin, Z. Ya. Korsorlukova, G. V. Zotkin, A. V. Dubinin // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - 2017. - №5 (60). - P.
5. Novyj etiotropnyj preparat dlya lecheniya poslerodovyh jndometritov u korov [Tekst]/ I. Koba, N. Basova, E. Novikova, M. Staroselov, V. Pachina //Kombikorma. - №9. - 2018. - P. 104-106.
6. Rezul'tativnost' osemeneniya korov v zavisimosti ot uslovij soderzhaniya v suhostojnyj period [Tekst]/ Yu. A. Gorbunov, N. G. Minina, Je. I. Barieva, V. B. Andalyukevich, V. P. Nemec // Aktual. problemy intensivnogo razvitiya zh-va. - 2017. - №20-2. - P. 280-287.
7. Topuriya, L. A. Osnovnye prichiny nizkoj vosproizvoditel'noj sposobnosti korov [Tekst] / L. Yu. Topuriya, A. B. Eskazina // Izvestiya OGAU. - 2012. - №36-1. - P. 76-77.
8. Bacteriological, cytological and histopathological evaluation of the reproductive tract of slaughtered cows [Tekst]/ Julia B.S. Casarin, Ana P. Martini, Janislene M. Trentin, Mariani F. Fiorenza, Gilson A. Pessoa, Severo S. Barros, Mara I.B. Rubin // Pesquisa Veterinária Brasileira. – 2018. – Volume 38. – № 1. – P. 53-58.
9. Changes in feeding, social, and lying behaviors in dairy cows with metritis following treatment with a nonsteroidal anti-inflammatory drug as adjunctive treatment to an antimicrobial [Tekst]/ J. Lomb, H.W. Neave, D.M. Weary, S.J. LeBlanc, J.M. Huzzey, M.A.G. von Keyserlingk// ODSA, Journal of dairy science. – 2018. – Volume 101. – Issue 5, May. – P. 4400–4411.
10. Effects of intrauterine infusion of Escherichia coli lipopolysaccharide on uterine health, resolution of purulent vaginal discharge, and reproductive performance of lactating dairy cows [Tekst]/ João G.N. Moraes, Paula R.B. Silva, Luís G.D. Mendonça, Alexandre A. Scanavez, Joseane C.C. Silva, Ricardo C. Chebe// ODSA, Journal of dairy science. – 2017. – Volume 100. – Issue 6, June. – P. 4772–4783.

11. Khan, M. H. Reproductive disorders in dairy cattle under semi-intensive system of rearing in North-Eastern India [Tekst]/ M. H. Khan, K. Manoj, S. Pramod // Veterinary World. – 2016. – Volume 9(5). – P. 512-518.

12. Prevalence of various pathological conditions in female buffaloes (*Bubalus bubalis*) [Tekst]/ Perumal Ponraj, Sukkum Chang, Nakulan V Rajesh, Muthusamy Veeraselvam, Kalpana Devi Rajesh // Asian Pacific Journal of Reproduction. – 2017. – Volume 6(2). – P. 58-67.

Информация об авторах

Кочарян Валентина Даниловна, заведующий кафедрой «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>.
E-mail: kvd202@mail.ru.

Баканова Ксения Алексеевна, ассистент кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26).

Перерядкина Светлана Петровна, доцент кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат ветеринарных наук.

Ушаков Максим Александрович, доцент кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук.

Букаева Юлия Григорьевна, ассистент кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 636.52/.58:575.

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-27

ДИНАМИКА ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У КУР ПРИ ОТБОРЕ ПО ПОЛИМОРФНЫМ ВАРИАНТАМ В ГЕНЕ МИОСТАТИНА

DYNAMICS OF EXTERIOR INDICATORS OF CHICKENS DURING SELECTING POLYMORPHIC OPTIONS IN THE MYOSTATIN GENE

О.В. Митрофанова, кандидат биологических наук

Н.В. Дементьева, кандидат биологических наук

Т.А. Ларкина, кандидат биологических наук

O.V. Mitrofanova, N.V. Dementieva, T.A. Larkina

*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*

*All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals –
a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Research Center for Livestock
Breeding – All-Russian Research Institute of Livestock named after academician LK Erns»,
St. Petersburg*

Дата поступления в редакцию 20.02.2019
Received 20.02.2019

Дата принятия к печати 22.05.2019
Submitted 22.05.2019

В последние годы широкое распространение получила геномная оценка племенной ценности животных. Поэтому поиск ассоциаций значимых полиморфизмов ДНК с показателями продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц остается актуальной задачей. С использованием данных по полиморфным вариантам в гене миостатина в популяции кур пуш-

кинской породы в течение пяти поколений проводился отбор по замене rs313744840 в гене MSTN. Каждый год лучшая птица отбиралась в племенное ядро, представители которого в возрасте 330 дней были взвешены, оценены по экстерьерным показателям, с них сняты основные промеры (живая масса, длина корпуса, обхват груди, обхват плюсны, длина кия, длина плюсны, длина бедра, глубина груди, ширина таза, ширина груди в ключицах, угол груди). Экстерьерный профиль взрослой (330 дней) опытной птицы пушкинской породы отличался от экстерьерного профиля кур племенного ядра предыдущего поколения. Несмотря на незначительное снижение массы взрослых кур с 2707 ± 34 г до 2686 ± 42 г, произошло уменьшение практически всех промеров. Куры стали более компактными, но в то же время у них достоверно ($p < 0,05$) увеличился угол груди с $80,69 \pm 0,47$ до $83,67 \pm 0,64$ градусов. Сопоставление экстерьерных показателей особей с разными генотипами по SNP в гене миостатина выявило, что гетерозиготы AG ($n=10$) по замене rs313744840 в гене MSTN превосходили особей с другими генотипами по показателям живой массы (различия не достоверны). Средний показатель обхвата бедра у гомозигот AA ($n=15$) составил $4,03 \pm 0,081$ см и оказался достоверно ($p < 0,05$) выше, чем у кур с другими генотипами. Можно рекомендовать использовать промеры тела кур при отборе птицы в племенное ядро как дополнительный показатель изменения экстерьера.

In recent years, genome evaluation of the breeding value of animals has become widespread. Therefore, the search for associations of significant DNA polymorphisms with indicators of productivity of farm animals and birds remains an urgent task. Using data on polymorphic variants in the myostatin gene in a population of hens of the Pushkin breed for five generations, selection was carried out to replace rs313744840 in the MSTN gene. Each year, the best bird was taken to the breeding core, representatives of which at the age of 330 days were weighed, evaluated by exterior indicators, and the main measurements (live weight, body length, chest girth, tarsus girth, keel length, tarsus length, hip length, chest depth, pelvis width, chest width in clavicle, chest angle). The exterior profile of an adult (330 days) experienced Pushkin breed bird differed from the exterior profile of the hens of the breeding core of the previous generation. Despite a slight decrease in the weight of adult chickens from 2707 ± 34 g to 2686 ± 42 g, almost all the measurements decreased. Chickens have become more compact, but at the same time, they significantly ($p < 0,05$) increased the angle of the breast from $80,69 \pm 0,47$ to $83,67 \pm 0,64$ degrees. Comparison of the exterior indicators of individuals with different genotypes for SNP in the myostatin gene revealed that AG heterozygotes ($n = 10$) by replacing rs313744840 in the MSTN gene were superior to individuals with other genotypes in terms of live weight (the differences are not significant). The average hip circumference in AA homozygotes ($n = 15$) was $4,03 \pm 0,081$ cm and was significantly ($p < 0,05$) higher than in chickens with other genotypes. It may be recommended to use the measurements of the body of chickens in the selection of birds in the breeding core as an additional indicator of changes in the exterior.

Ключевые слова: куры, полиморфизм, миостатин, экстерьер, маркерная селекция, *Gallus domesticus*, GDF-8.

Key words: chickens, polymorphism, myostatin, exterior, marker selection, *Gallus domesticus*, GDF-8.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России по теме Государственного задания «Изучение структурной и функциональной изменчивости животных и птиц на основе использования ДНК-маркеров с целью оценки аллельного биоразнообразия и идентификации ценных генотипов для внедрения в селекционный процесс» АААА-А18-118021590138-1

Цитирование. Митрофанова О.В., Дементьева Н.В., Ларкина Т.А. Динамика экстерьерных показателей у кур при отборе по полиморфным вариантам в гене миостатина. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 222-228. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-27.

Citation. Mitrofanova O.V., Dementeva N.V., Larkina T.A. Dynamics of exterior indicators in chickens when selecting polymorphic options in the myostatin gene. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 222-228. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-27.

Введение. Широкое использование в последние годы молекулярно-генетических методов для оценки племенной ценности животных привело к возможности проводить отбор молодняка на ранних этапах роста и развития. Это направление получило название геномной селекции. Высокая эффективность геномного отбора обусловлена идентификацией в раннем возрасте генетически элитных животных на основе информации о состоянии однонуклеотидных полиморфизмов ДНК-генома, что позволяет рассчитывать индексы племенной ценности с охватом почти всех локусов количественных признаков [4]. В птицеводстве этот подход имеет ряд отличий от подобной технологии, используемой на сельскохозяйственных видах млекопитающих. Наличие двух категорий хромосом (микро- и макрохромосомы) с разной скоростью рекомбинаций, включение в геномную оценку женских особей, а также быстрая смена поколений вносят свои особенности [3].

У кур известен ряд генов, отвечающих в той или иной степени за продуктивные качества. Одним из таких генов является миостатин *MSTN*. Он также известен как фактор роста и дифференцировки 8 (GDF-8) и является одним из основных регуляторов развития мышц [12]. Ген миостатина высоко консервативен и действует таким образом, что уменьшает размер скелетной мускулатуры. Поэтому у животных с дефицитом *MSTN* наблюдается увеличение мышечной массы, что может приводить к эффекту, известному как двойная мускулатура. Мутации в гене *MSTN* были описаны у разных видов животных, включая собак [5], овец [9], крупный рогатый скот [8], свиней [11], а также человека [10].

У кур эффект двойной мускулатуры не наблюдается, но обнаружено большое число однонуклеотидных замен (SNP) в этом гене. Выявление замен методически несложно выполнить, а их поиск направлен только на интересующие генетические последовательности, что уменьшает время и стоимость такой оценки [7]. Часть из них оказывает влияние на мясные качества, показатели репродуктивного здоровья, скорость роста [13].

Целью нашего исследования было сравнение экстерьерных показателей кур экспериментальной популяции пушкинской породы в зависимости от полиморфных вариантов в гене миостатина.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужила ДНК, выделенная из крови кур экспериментальной популяции пушкинской породы. Это генофондная порода комбинированного направления продуктивности, что позволяет получать от её представителей как яйцо, так и мясо. Стандарт породы предполагает следующие показатели: живая масса кур – 2,3 кг, петухов – 2,8 кг, яйценоскость за 49 недель жизни – 114 яиц при массе яиц 62 г [2]. Пушкинская порода разводится в рамках биоресурсной коллекции «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (<http://vniigen.ru/ckp-geneticheskaya-kollekciya-redkix-i-ischezayushhix-porod-kur/>). С 2013 года на ее основе была создана экспериментальная популяция, в которой проводился отбор по полиморфным вариантам в гене миостатина [1], что привело к увеличению желательного генотипа AA по замене rs313744840 с 3 % до 21 %.

При рождении каждый цыпленок помечался индивидуальной крылометкой. ДНК выделяли из крови, которую брали из вен крыла в возрасте 33 дня. Биоматериал помещали в специально подготовленную пробирку объемом 0,5 мл с добавленным внутрь антикоагулянт, в качестве которого использовали 50 мкл 0,5 мМ ЭДТА. После взятия кровь замораживали и хранили при -20 °С.

Выделение ДНК проводили с помощью стандартной методики с применением протеиназы К и фенола. Оценку качества выделенной ДНК осуществляли с помощью прибора NanoDrop2000 (Thermo Fisher Scientific). При этом учитывали соотношение оптической плотности раствора ДНК при длинах волн 260 нм и 280 нм.

Генотипы по замене rs313744840 в гене миостатина были определены с помощью ПЦР-ПДРФ по ранее описанной методике [6].

Лучшая птица отбиралась в племенное ядро, представители которого в возрасте 330 дней были взвешены и оценены по экстерьерным показателям. Измерялись следующие параметры: живая масса, длина корпуса, обхват груди, обхват плюсны, длина кия, длина плюсны, длина бедра, глубина груди, ширина таза, ширина груди в ключицах, угол груди.

Данные по фенотипической вариабельности изучаемых показателей экстерьера у кур пушкинской породы обрабатывали биометрически проведением дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и SigmaPlot. При этом были вычислены следующие величины: среднеарифметическая (M), среднеквадратическая ошибка ($\pm m$) и уровень значимости (p).

Результаты и обсуждение. Было проведено сравнение племенного ядра пушкинских кур опытной популяции, рожденной в 2017 году с курами из племенного ядра предыдущего поколения (таблица 1) по основным промерам. Некоторое снижение живой массы кур было недостоверным. В то же время отмечены достоверные отличия практически по всем показателям экстерьера профиля. Куры стали более компактными, о чем говорит снижение измеряемых параметров. В то же время у них произошло увеличение такого показателя, как угол груди. Если для кур, рожденных в 2016 году, угол груди составлял $80,69 \pm 0,47$ ($n=97$), то у отобранных в племенное ядро в 2017 году особей этот показатель увеличился до $83,67 \pm 0,64$ ($n=58$).

Далее был проведен анализ различий по экстерьерным показателям между курами опытной популяции пушкинской породы в зависимости от генотипа по замене rs313744840 в гене MSTN (таблица 2). Достоверные различия были обнаружены по признаку «обхват плюсны». У кур с генотипами AA ($n=15$) средний обхват плюсны составил $4,03 \pm 0,08$ см, у гетерозигот AG ($n=10$) – $3,98 \pm 0,05$ см. Они достоверно превосходили кур с генотипом GG по этому показателю. Наибольшие значения длины бедра были отмечены у гетерозигот AG ($9,65 \pm 0,15$ см), которые достоверно превосходили по этому признаку гомозигот AA ($9,02 \pm 0,17$ см).

Таблица 1. Сравнение экстерьерных показателей кур пушкинской породы разных годов рождения

Показатель	Популяция 2016 г.р. ($n=97$)	Популяция 2017 г.р. ($n=58$)	Значение t-критерия Стьюдента
Живая масса в 330 дней, г	2707 ± 34	2686 ± 42	0,39
Длина корпуса, см	$19,49 \pm 0,07$	$17,99 \pm 0,09$	3,13*
Обхват груди, см	$35,24 \pm 0,15$	$34,37 \pm 0,20$	3,48*
Обхват плюсны, см	$4,08 \pm 0,02$	$3,92 \pm 0,03$	4,44*
Длина кия, см	$11,85 \pm 0,07$	$10,62 \pm 0,08$	11,57*
Длина плюсны, см	$10,64 \pm 0,07$	$9,73 \pm 0,07$	8,56*
Длина бедра, см	$10,10 \pm 0,07$	$9,19 \pm 0,09$	8,56*
Глубина груди, см	$12,29 \pm 0,08$	$11,3 \pm 0,08$	8,75*
Ширина таза, см	$9,36 \pm 0,06$	$9,21 \pm 0,08$	1,5
Ширина груди в ключицах, см	$7,56 \pm 0,06$	$7,10 \pm 0,07$	4,99*
Угол груди, градусы	$80,69 \pm 0,47$	$83,67 \pm 0,64$	3,75*

* - различия достоверны при $p < 0,05$.

В течение пяти поколений для использования в разведении в опытной популяции пушкинской породы отбирались куры с желательным генотипом по замене в гене миостатина. Но кроме этого, обязательно учитывались и показатели интенсивности роста молодняка, а также мясные экстерьерные признаки. Особенное уделялось внимание развитию мышц на бедрах и груди. Если птица обладала генотипом по замене rs313744840 в гене *MSTN*, отличным от желательного, но хорошими экстерьерными параметрами и высокими показателями яйценоскости, ее оставляли в племенное ядро. Такой подход позволил избежать инбридинга в популяции.

Таблица 2 – Экстерьерная оценка опытной популяции кур пушкинской породы 2017 года рождения в зависимости от генотипов по замене rs313744840 в гене *MSTN*

Показатель	Генотип		
	AA (n=15)	AG (n=10)	GG (n=15)
Живая масса в 330 дней, г	2686 ± 85	2734 ± 86	2584 ± 93
Длина корпуса, см	17,88 ± 0,19	18,03 ± 0,25	17,93 ± 0,16
Длина корпуса лентой, см	21,62 ± 0,38	21,4 ± 0,19	21,46 ± 0,19
Косая длина туловища, см	21,70 ± 0,35	22,4 ± 0,45	22,5 ± 0,27
Обхват груди, см	34,50 ± 0,50	34,43 ± 0,40	34,33 ± 0,41
Ширина груди в ключицах, см	7,31 ± 0,14	7,05 ± 0,11	6,97 ± 0,16
Глубина груди, см	11,24 ± 0,18	11,3 ± 0,23	11,23 ± 0,15
Обхват плюсны, см	4,03 ± 0,08 ^{1,2}	3,98 ± 0,05 ¹	3,8 ± 0,05 ²
Длина кия, см	10,72 ± 0,18	10,7 ± 0,24	10,4 ± 0,17
Длина плюсны, см	9,59 ± 0,17	9,93 ± 0,24	9,65 ± 0,12
Длина бедра, см	9,02 ± 0,17	9,65 ± 0,15	9,27 ± 0,18
Длина голени, см	13,56 ± 0,15	13,60 ± 0,22	13,6 ± 0,07
Обхват голени, см	12,63 ± 0,29	12,65 ± 0,28	13,00 ± 0,24
Ширина таза, см	9,11 ± 0,20	9,24 ± 0,22	9,2 ± 0,17
Угол груди, градусы	83,27 ± 1,61	83,5 ± 1,48	81,9 ± 1,38

Используя данные о промерах кур, можно получить более полную оценку результатов проводимого отбора в популяции. Видно, что изменение живой массы вызывает лишь общее направление селекции. Промеры помогают понять, за счет чего получается это изменение. В нашем случае наблюдалось увеличение развития грудных мышц у кур опытной популяции, что является желательным показателем при отборе, направленном на увеличение выхода мясной продукции (таблица 1).

Заключение. Экстерьерный профиль кур племенного ядра пушкинской породы из опытной популяции, в которой в течение пяти поколений шел отбор по полиморфным вариантам в гене миостатина, за период 2016-2017 годов претерпел изменения. Особенно влияние отбора сказалось на таком показателе, как угол груди. Он у пушкинских кур опытной популяции существенно вырос, что является желательным, в связи с ценностью грудных мышц как продукта питания. Проведенная в 2017 году экстерьерная оценка кур из племенного ядра в зависимости от генотипов по замене rs313744840 в гене *MSTN* в большинстве случаев не выявила достоверных ассоциаций между полиморфными вариантами в изучаемом гене и промерами. Необходимо использовать промеры как дополнительные ориентиры при отборе кур в племенное ядро.

Благодарности. Коллектив авторов выражает признательность Олегу Павловичу Юрченко, ведущему научному сотруднику ВНИИГРЖ и создателю пушкинской породы кур, за предоставленную возможность использовать кур этой породы для формирования экспериментальной популяции.

Библиографический список

1. Митрофанова, О.В. Динамика частоты встречаемости однонуклеотидных замен в гене миостатина у кур пушкинской породы биоресурсной коллекции [Текст] / О.В. Митрофанова, Н.В. Дементьева // Эффективное животноводство. – 2018. – №4. – С. 50-51.
2. Юрченко, О.П. Гетерогенный подбор при разведении пушкинской породы кур [Текст] / О.П. Юрченко, А.В. Макарова, А.Б. Вахрамеев // Генетика и разведение животных. – 2017. – № 3. – С. 51-57.
3. Яковлев, А.Ф. Использование геномных данных в селекции птицы [Текст] / А.Ф. Яковлев, Н.В. Дементьева // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21. – № 7. – С. 770-777.
4. Яковлев, А.Ф. Геномная селекция и прогнозирование качества потомства животных [Текст] / А.Ф. Яковлев // Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88. – № 10. – С. 946-950.
5. A mutation in the myostatin gene increases muscle mass and enhances racing performance in heterozygote dogs [Tekst]/ D.S. Mosher, P. Quignon, C.D. Bustamante, N.B. Sutter, C.S. Mellersh, H.G. Parker, E.A. Ostrander // Public Library of Science Genetics. – 2007. – Vol. 3(5). – P. 79.
6. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in pushkin breed chickens [Tekst]/ O.V. Mitrofanova, N.V. Dementeva, A.A. Krutikova, O.P. Yurchenko, A.B. Vakhrameev, V.P. Terletskiy // Cytology and Genetics. – 2017. – Vol. 51. – № 3. – P. 179-184.
7. Characterization of the complete porcine MSTN gene and expression levels in pig breeds differing in muscularity [Tekst]/ A. Stinckens, T. Luyten, J. Bijttebier, K. Van Den Maagdenberg, D. Dieltiens, S. Janssens, S. De Smet, M. Georges, N. Buys // Animal Genetics. – 2008. – Vol. 39 (6). – P. 586–596.
8. Deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscling phenotype in cattle [Tekst]/ L. Grobe, L.J. Martin, D. Poncelet, D. Pirottin, B. Brouwers, J. Riquet, A. Schoeberlein, S. Dunner, F. Ménéssier, J. Massabanda, R. Fries, R. Hanset, M. A. Georges // Nature Genetics. – 1997. – Vol. 17. – №. 1. – P. 71–74.
9. Evidence for multiple alleles effecting muscling and fatness at the ovine GDF8 locus [Tekst]/ J.W. Kijas, R. McCulloch, J.E. Edwards, V.H. Oddy, S.H. Lee, J. Van Der Werf // Bio Med Central Genetics. – 2007. – Vol. 8:80. – doi: 10.1186/1471-2156-8-80.
10. Myostatin mutation associated with gross muscle hypertrophy in a child [Tekst]/ M. Schuelke, K.R. Wagner, L.E. Stolz, C. Hubner, T. Riebel, W. Kömen, T. Braun, J.F. Tobin, S.J. Lee // New England Journal of Medicine. – 2004. – Vol. 350. – P. 2682–2688.
11. Smaragdov, M.G. Genomic selection as a possible accelerator of traditional selection [Tekst]/ M.G. Smaragdov // Russian Journal of Genetics. – 2009. – Vol. 45. – №. 6. – P. 633-636.
12. The TGFb superfamily in stem cell biology and early mammalian embryonic development [Tekst]/ T.A. Beyer, M. Narimatsu, A. Weiss, L. David, J.L. Wrana // Biochimica et Biophysica Acta. – 2013. – № 1830. – P. 2268–2279.
13. The rate of weight gain and productivity of a chicken broiler cross with various polymorphic types of the myostatin gene [Tekst]/ N.V. Dementeva, O.V. Mitrofanova, V.I. Tyshchenko, V.P. Terletskiy, A.F. Yakovlev // Russian Journal of Genetics: Applied Research. – 2017. – Vol. 7. – № 1. – P. 1-15.

References

1. Mitrofanova, O. V. Dinamika chastoty vstrechaemosti odnonukleotidnyh zamen v gene miostatina u kur pushkinskoj porody bioresurnoj kolekcii [Tekst] / O. V. Mitrofanova, N. V. Dement'eva // Jefferktivnoe zhivotnovodstvo. – 2018. – №4. – P. 50-51.

2. Yurchenko, O. P. Geterogenyj podbor pri razvedenii pushkinskoj porody kur [Tekst] / O. P. Yurchenko, A. V. Makarova, A. B. Vahrameev // *Genetika i razvedenie zhivotnyh*. - 2017. - № 3. - P. 51-57.
3. Yakovlev, A. F. Ispol'zovanie genomnyh dannyh v selekcii pticy [Tekst] / A. F. Yakovlev, N. V. Dement'eva // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. - 2017. - Vol. 21. - № 7. - P. 770-777.
4. Yakovlev, A. F. Genomnaya selekciya i prognozirovaniye kachestva potomstva zhivotnyh [Tekst] / A. F. Yakovlev // *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*. - 2018. - Vol. 88. - № 10. - P. 946-950.
5. A mutation in the myostatin gene increases muscle mass and enhances racing performance in heterozygote dogs [Tekst] / D.S. Mosher, P. Quignon, C.D. Bustamante, N.B. Sutter, C.S. Mellersh, H.G. Parker, E.A. Ostrander // *Public Library of Science Genetics*. - 2007. - Vol. 3(5). - P. 79.
6. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in pushkin breed chickens [Tekst] / O.V. Mitrofanova, N.V. Dementeva, A.A. Krutikova, O.P. Yurchenko, A.B. Vakhrameev, V.P. Terletskiy // *Cytology and Genetics*. - 2017. - Vol. 51. - № 3. - P. 179-184.
7. Characterization of the complete porcine MSTN gene and expression levels in pig breeds differing in muscularity [Tekst] / A. Stinckens, T. Luyten, J. Bijttebier, K. Van Den Maagdenberg, D. Dieltiens, S. Janssens, S. De Smet, M. Georges, N. Buys // *Animal Genetics*. - 2008. - Vol. 39 (6). - P. 586-596.
8. Deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscling phenotype in cattle [Tekst] / L. Grobe, L.J. Martin, D. Poncelet, D. Pirottin, B. Brouwers, J. Riquet, A. Schoeberlein, S. Dunner, F. Ménéssier, J. Massabanda, R. Fries, R. Hanset, M. A. Georges // *Nature Genetics*. - 1997. - Vol. 17. - № 1. - P. 71-74.
9. Evidence for multiple alleles effecting muscling and fatness at the ovine GDF8 locus [Tekst] / J.W. Kijas, R. McCulloch, J.E. Edwards, V.H. Oddy, S.H. Lee, J. Van Der Werf // *Bio Med Central Genetics*. - 2007. - Vol. 8:80. doi: 10.1186/1471-2156-8-80.
10. Myostatin mutation associated with gross muscle hypertrophy in a child [Tekst] / M. Schuelke, K.R. Wagner, L.E. Stolz, C. Hubner, T. Riebel, W. Kömen, T. Braun, J.F. Tobin, S.J. Lee // *New England Journal of Medicine*. - 2004. - Vol. 350. - P. 2682-2688.
11. Smaragdov, M.G. Genomic selection as a possible accelerator of traditional selection [Tekst] / M.G. Smaragdov // *Russian Journal of Genetics*. - 2009. - Vol. 45. - № 6. - P. 633-636.
12. The TGFβ superfamily in stem cell biology and early mammalian embryonic development [Tekst] / T.A. Beyer, M. Narimatsu, A. Weiss, L. David, J.L. Wrana // *Biochimica et Biophysica Acta*. - 2013. - № 1830. - P. 2268-2279.
13. The rate of weight gain and productivity of a chicken broiler cross with various polymorphic types of the myostatin gene [Tekst] / N.V. Dementeva, O.V. Mitrofanova, V.I. Tyshchenko, V.P. Terletskiy, A.F. Yakovlev // *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. - 2017. - Vol. 7. - № 1. - P. 1-15.

Информация об авторах

Митрофанова Ольга Викторовна, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Московское шоссе, 55А), кандидат биологических наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4702-2736>. **E-mail:** mo1969@mail.ru.

Дементьева Наталия Викторовна, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Московское шоссе, 55А), кандидат биологических наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0210-9344> **E-mail:** dementevan@mail.ru.

Ларкина Татьяна Александровна, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Московское шоссе, 55А), кандидат биологических наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7764-1338>. **E-mail:** tanya.larkina2015@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**ВЛИЯНИЕ ПРЕМИКСОВ И БВМК НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ**
**EFFECT OF PREMIXES AND PROTEIN-VITAMIN-MINERAL
CONCENTRATES ON HEMATOLOGICAL INDICATORS OF POULTRY**

С.И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.К. Карапетян¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О.В. Корнеева¹, студент

М.В. Струк², кандидат сельскохозяйственных наук

В.Н. Рудников¹, аспирант

S.I. Nikolaev¹, A.K. Karapetyan¹, O.V. Korneev¹, Mv Struk¹, V.N. Rudnikov¹

¹ Волгоградский государственный аграрный университет

² ЗАО птицефабрика «Волжская»

¹ Volgograd State Agrarian University

² Close Joint-stock Company «Volzhskaya Poultry Farm»

Дата поступления в редакцию 20.03.2019

Дата принятия к печати 21.05.2019

Received 20.03.2019

Submitted 21.05.2019

Приведены результаты исследования по применению БАД, в составе которого присутствовал концентрат из растительного сырья «Сарепта» в комбикормах для птицы. На базе птицефабрик «Волжская» и «Кумылженская» Волгоградской области были проведены научно-хозяйственные опыты на птице яичного и мясного направления продуктивности. Птица контрольной группы получала премикс и БВМК на основе подсолнечного жмыха, а птица опытной – на основе концентрата «Сарепта». При кормлении молодняка кур использовался основной рацион с добавкой 1 % премикса на основе концентрата из растительного сырья «Сарепта». Кормление кур-несушек осуществлялось с применением 3 % БВМК (С) на основе высокобелкового концентрата «Сарепта». Во время опыта на цыплятах-бройлерах использовалась схема кормления с добавлением на разных этапах выращивания 7,5, 10 и 12 % БВМК (С) на основе высокобелкового концентрата «Сарепта». По результатам проведенных научно-хозяйственных опытов было отмечено положительное влияние изучаемых БАД на зоотехнические показатели птицы опытных групп по сравнению с контрольной: среднесуточный прирост живой массы у подопытных цыплят-бройлеров увеличился на 9,31 %, а у молодняка кур – на 10,96 %, яичная продуктивность кур-несушек повысилась на 1,73 %. Анализ данных, полученных в ходе гематологических исследований, позволил заключить, что все морфологические и биохимические показатели крови подопытной птицы находились в пределах физиологической нормы. Следовательно, можно сделать вывод, что повышение зоотехнических и улучшение морфо-биохимических показателей крови при использовании в рационе цыплят-бройлеров, молодняка кур и взрослых кур-несушек премиксов и БВМК, наполнителем в которых являлся кормовой концентрат из растительного сырья «Сарепта», сопровождалось повышением обменных процессов в организме за счет более сбалансированного кормления.

Presents the results of a study on the use of dietary supplements, which included a concentrate from plant raw materials «Sarepta» in compound feeds for poultry. On the basis of the Volzhskaya and Kumylzhenskaya poultry farms of the Volgograd Region, scientific and business experiments were conducted on the egg and meat productivity poultry. The bird of the control group received premixes and Protein-vitamin-mineral concentrates on the basis of sun-flower oil cake, and an experienced bird received on the basis of the Sarepta concentrate. When feeding young hens, the main ration was used with the addition of 1% premix based on the Sarepta vegetable concentrate. Feeding of laying hens was carried out using 3% of Protein-vitamin-mineral concentrates (C) on the basis of high protein concentrate «Sarepta». During the experiment on broiler chickens, a feeding scheme was used with the addition of 7,5, 10 and 12% of Protein-vitamin-mineral concentrates (C) at different stages of cultivation on the basis of high protein concentrate «Sarepta». According to the results of scientific and business experiments, the positive effect of the studied dietary supplements on the zootechnical indicators

of poultry of the experimental groups was observed compared to the control, as the average daily weight gain in experimental broiler chickens increased 9,31%, and in young chickens - by 10,96% , egg productivity of laying hens increased by 1,73%. Analysis of the data obtained in the course of hematological studies led to the conclusion that all the morphological and biochemical parameters of the blood of the experimental poultry were within the physiological norm. Therefore, it can be concluded that the increase in zootechnical and improved morpho-biochemical blood parameters when used in the diet of broiler chickens, young chickens and adult laying hens of premixes and Protein-vitamin-mineral concentrates, the filler in which was the feed concentrate from plant raw materials «Sarepta», was accompanied by an increase metabolic processes in the body due to a more balanced feeding.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, молодняк кур, куры-несушки, живая масса, яйценоскость, концентрат из растительного сырья «Сарепта», комбикорм, премикс, БВМК.

Key words: broiler chickens, young hens, laying hens, live weight, egg production, concentrate from plant raw materials «Sarepta», compound feed, premix, Protein-vitamin-mineral concentrates.

Работа выполнена по теме Государственного задания «Разработка и внедрение биологически ценных кормовых добавок для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы, как способ безопасной утилизации отходов перерабатывающих предприятий» Министерство сельского хозяйства РФ

Цитирование. Николаев С.И., Карапетян А.К., Корнеева О.В., Струк М.В., Рудников В.Н. Влияние премиксов и БВМК на гематологические показатели сельскохозяйственной птицы. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 229-238. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-28.

Citation. Nikolayev S.I., Karapetyan A.K., Korneeva O.V., Struk M.V., Rudnikov V.N. The effect of premixes and BVMK on hematological indicators of poultry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 229-238. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-28.

Введение. Узкоспециализированной отраслью агропромышленного комплекса является промышленное птицеводство, которое обеспечивает население страны высокопитательными и диетическими продуктами питания [4].

За последние несколько лет генетический потенциал современных кроссов позволил значительно увеличить производство продукции птицеводства [8, 10]. Однако за счет генетических задатков сельскохозяйственной птицы успешное развитие яичного и мясного птицеводства невозможно [9]. По-прежнему большое значение в этом вопросе отводится кормлению птицы, которое необходимо балансировать по обменной энергии, питательным веществам, витаминам, минералам и т.д. [11, 12].

Недостаточное получение каких-либо компонентов, входящих в состав рациона, приводит у сельскохозяйственных животных и птицы к нарушению обменных процессов в организме, отставанию в росте, уменьшению уровня продуктивности и снижению качества получаемой продукции [2].

Немаловажную роль в дальнейшем развитии отрасли играет возможность повышения продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы с наименьшими затратами на производство, причем в первую очередь на корма, на которые, как известно, приходится до 75 % [7].

Для более полной реализации генетического потенциала сельскохозяйственной птицы важную роль играет применение в составе комбикормов биологически активных добавок (БАД) [3]. Рядом исследований было доказано, что введение отдельных биологически активных добавок напрямую в комбикорма менее эффективно, чем использование их в виде витаминно-минеральных смесей [1]. Добавка премиксов и БВМК в рационы птицы позволит обеспечить удовлетворение потребности организма в основных необходимых элементах питания.

Перспективным направлением в повышении качественных характеристик премиксов и БВМК является поиск наполнителя, обладающего нужными технологическими свойствами. Одним из таких наполнителей может быть кормовой концентрат из растительного сырья «Сарепта», который производится на ВГМЗ «Сарепта» г. Волгограда путем гидробаротермической обработки горчичного жмыха.

Целью данной работы явилось изучить влияние премиксов и БВМК в составе комбикормов на продуктивность и гематологические показатели птицы.

Материалы и методы. С 2015 по 2017 гг. был проведен ряд научно-хозяйственных опытов по изучению влияния БВМК и премиксов, разработанных на основе концентрата «Сарепта», на продуктивные качества, а также гематологические показатели молодняка и кур-несушек кросса «Хайсекс коричневый» и цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» на птицефабриках Волгоградской области.

Для опытов подопытную птицу подбирали согласно рекомендациям ВНИТИП, по методу аналогичных групп. Зоогигиенические требования были соблюдены для всех групп и отвечали требованиям к кроссу по выращиванию птицы. На рисунке 1 представлена общая схема исследований.

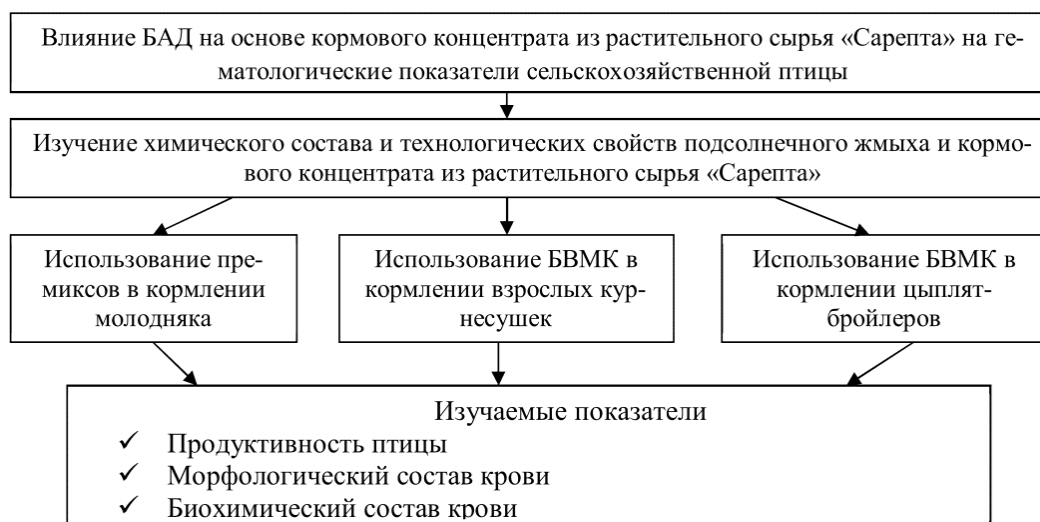


Рисунок 1 – Общая схема исследований

Результаты и обсуждение. Перед проведением научно-хозяйственных опытов нами был проведен химический анализ жмыха из подсолнечника и концентрата «Сарепта» с дальнейшим изучением технологических свойств на возможность использования второго в качестве наполнителя премиксов.

Химический состав концентрата «Сарепта» в значительной степени превосходил подсолнечный жмых. Так, отмечалось увеличение количества содержания сухого вещества в высокобелковом концентрате «Сарепта» на 2,00 %, чем в подсолнечном жмыхе. По содержанию сырого жира концентрат «Сарепта» также превосходил подсолнечный жмых на 1,00 %, по количеству сырого протеина – на 5,9 % в сравнении с традиционно используемым жмыхом.

Далее мы изучили технологические свойства исследуемых кормовых ингредиентов в качестве наполнителей для премиксов и БВМК. Нами было установлено, что концентрат «Сарепта» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к наполнителю премиксов и БВМК. Содержание воды в нем не более 10-13 %, клетчатки – 11,9 %, жира – 8,8 %. При этом отсутствовала склонность к пылеобразованию и присутствовали свойства, способствующие формированию однородной смеси.

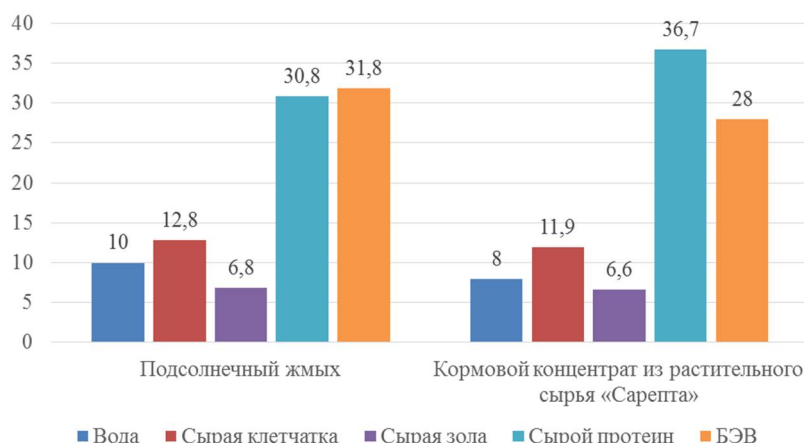


Рисунок 2 – Химический состав жмыха из подсолнечника и концентрата «Сарепта», %

Для проведения опыта на курах-молодках в суточном возрасте нами были сформированы две подопытные группы цыплят: контрольная и опытная (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта на молодняке кур

Особенности кормления	Группа	
	контрольная	опытная
	ОР (с 1 % премикса «000-1П-П»)	ОР (с 1 % премикса «000-1П-С»)
Количество голов в группе	54	54
Продолжительность опыта, дней	120	120

К основному рациону (ОР) молодкам контрольной группы вводили 1 % премикса «000-1П-П», наполнителем которого был подсолнечный жмых, а опытной группе – 1 % премикса «000-1П-С» – концентрат «Сарепта». В составе премикса присутствовали следующие компоненты: метионин, лизин, витамины, минеральные вещества, а также L-карнитин, антиоксидант и ферментные препараты.

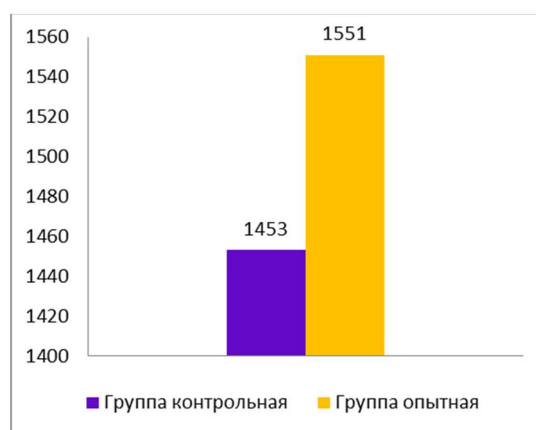


Рисунок 3 – Живая масса кур-молодок, г ($M \pm m$)

Живая масса молодняка птицы является важным критерием в прогнозировании их дальнейшей продуктивности и воспроизводительной способности [6]. Динамика живой массы кур-молодок представлена на рисунке 3.

По результатам взвешивания живая масса молодняка птицы в контрольной группе составила 1453 г, а опытной группы – 1551 г, превысив аналогов из контроля на 98 г.

Среднесуточный прирост у молодок кур контрольной группы составил 11,50 г, в опытной – 12,76 г, что было выше, чем в контрольной группе птиц на 10,96 %. Сохранность поголовья в обеих группах птицы составила 100 %.

Далее нами были изучены биохимические и морфологические показатели крови подопытных кур-молодок (таблица 2).

Таблица 2 – Морфологический и биохимический составы крови
молодняка кур, (M ± m)

Группа	Показатель							
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Лейкоциты, $10^9/л$	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Холестерин ммоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л
Контрольная	3,08 ±0,04	27,11 ±0,51	47,3 ±0,82	18,5± 0,93	3,3 ±0,18	14,2 ±1,02	2,6 ±0,24	1,6 ±0,2
Опытная	3,12 ±0,06	27,59 ±0,72	50,3 ±2,02	20,0± 0,97	3,8 ±0,22	14,9 ±0,26	2,8± 0,073	1,8 ±0,06

Здесь и далее * P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,99

На основании данных, полученных в ходе исследований, следует, что морфологические и биохимические показатели крови подопытных птиц находились в пределах физиологической нормы.

Эритроцитов в крови птиц опытной группы содержалось на $0,04 \cdot 10^{12}/л$ больше по сравнению с аналогами из контроля. В крови птиц контрольной группы общего белка содержалось 47,3 г/л, в опытной группе было выше на 6,34 %. Кальция и фосфора в крови птиц опытной группы было соответственно 2,8 ммоль/л и 1,8 ммоль/л, а в контрольной – соответственно 2,6 ммоль/л и 1,6 ммоль/л.

Таким образом, разработанный нами премикс с новым наполнителем – концентрат «Сарепта» – оказал положительный эффект на живую массу кур-молодок, а также на морфологические и биохимические показатели крови подопытной птицы.

Далее нами был разработан БВМК (С) на основе высокобелкового концентрата «Сарепта» для кур-несушек. Опыт проводили по следующей схеме (таблица 3).

Таблица 3 – Схема опыта на курах-несушках

Особенности кормления	Группа	
	Контрольная	Опытная
	ОР (с 3 % стандартный БВМК (П))	ОР (с 3 % БВМК (С))
Количество голов в группе	54	54
Продолжительность опыта, недель	52	52

Во время проведения научно-хозяйственного опыта к основному рациону подопытных кур-несушек контрольной группы вводили 3 % стандартного БВМК, наполнителем которого был подсолнечный жмых, а опытной группе птиц 3% БВМК (С), наполнителем в котором был концентрат «Сарепта». БВМК состоял из метионина, лизина, треонина, витаминов, минеральных веществ, ферментного препарата и антиоксиданта.

Яйценоскость является главным зоотехническим показателем при определении уровня продуктивности кур-несушек, которую учитывают путем подсчета количества снесенных яиц за период проведения опыта (рисунок 4).

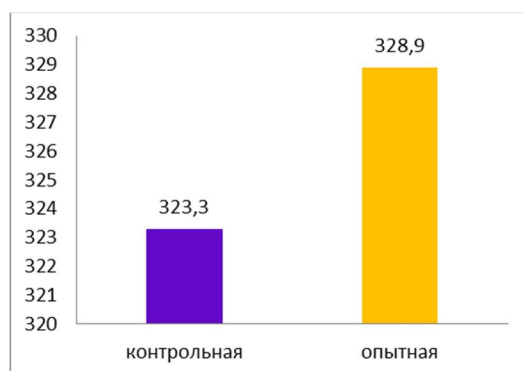


Рисунок 4 – Яичная продуктивность на среднюю несушку, шт.

За продуктивный период куры-несушки контрольной группы снесли 17 458 яиц, а опытной группы – 17 761 штук, что больше, чем в контроле, на 303 штуки, или 1,73 %. По средней массе яиц опытная группа птиц превышала контроль на 3,79 %. Полученной яичной массы от птиц контрольной группы было на уровне 1105,09 кг, в опытной группе – 1166,9 кг, разница в пользу опытной группы составила 61,81 кг.

Биохимические и морфологические показатели крови подопытных кур-несушек представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Морфологический и биохимический составы крови кур-несушек (M±m)

Группа	Показатель						
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, $10^9/л$	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Кальций, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л
Контрольная	3,70 ±0,10	99,5 ±2,38	29,65 ±0,49	50,00 ±0,50	24,60 ±0,30	1,84 ±0,07	1,67 ±0,12
Опытная	3,78 ±0,06	107,10 ±2,64*	30,84 ±0,67	54,00 ±0,60***	27,30 ±0,42***	1,99 ±0,10	1,72 ±0,10

Полученные нами в ходе гематологических исследований данные свидетельствуют о том, что ввод БВМК (С) в комбикорма для кур-несушек увеличил содержание общего белка в опытной группе на 4,0 г/л по сравнению с аналогами из контроля.

По количеству кальция и фосфора подопытная группа птиц также превзошла аналогов из контроля. Так, уровень кальция и фосфора в крови несушек из контрольной группы составил – 1,84 ммоль/л и 1,67 ммоль/л, в опытной группе данный показатель был на уровне 1,99 ммоль/л и 1,72 ммоль/л, что было выше по сравнению с контрольной группой птиц на 0,15 ммоль/л и 0,05 ммоль/л.

Содержание количества эритроцитов и лейкоцитов у птиц подопытных групп находилось в пределах физиологической нормы, это подтверждает положительное протекание окислительно-восстановительных процессов в организме птицы.

По количеству содержания эритроцитов в крови кур-несушек опытная группа превзошла аналогов из контрольной группы на 2,16 % по сравнению с птицей из контроля.

Таким образом, БВМК на основе концентрата «Сарепта» в рационе кур-несушек способствовал увеличению яичной продуктивности птицы, а также улучшению гематологических показателей крови кур-несушек.

Далее на птицефабрике «Кумылженская» нами было изучено влияние БВМК с наполнителем из концентрата «Сарепта» на продуктивные качества и гематологические показатели цыплят-бройлеров (таблица 5).

Таблица 5 – Схема опыта на цыплятах-бройлерах

Особенности кормления с учетом периода выращивания	Группа	
	контрольная	опытная
Старт	Основной рацион (ОР) с 7,5 % стандартным БВМК	ОР с 7,5 % БВМК (С)
Рост	Основной рацион (ОР) с 10 % стандартным БВМК	ОР с 10 % БВМК (С)
Финиш	Основной рацион (ОР) с 12 % стандартным БВМК	ОР с 12 % БВМК (С)

Отличие в рационе кормления для цыплят-бройлеров контрольной и опытной группой было в следующем: птица контрольной группы потребляла комбикорм с БВМК, наполнителем которого был жмых из подсолнечника, а опытной группы – БВМК (С) – концентрат «Сарепта».

Цыплята-бройлеры отличаются большой интенсивностью роста мышечной массы [5]. Живая масса подопытной птицы представлена на рисунке 5.

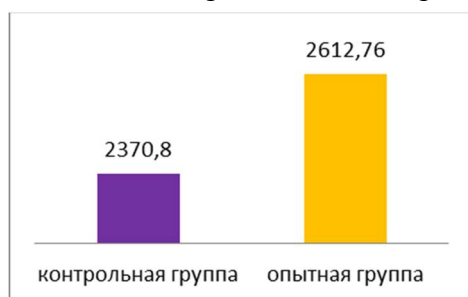


Рисунок 5 – Изменение живой массы цыплят-бройлеров, г

По результатам еженедельных взвешиваний цыплят-бройлеров к концу выращивания (42 дня) у птицы из контроля общий прирост живой массы составил 2,33 кг, у птицы из опытной группы данный показатель составил – 2,57 кг, что было больше на 9,39 %, чем в контроле.

Среднесуточный прирост живой массы у птиц в контроле составил – 55,5 г, в опытной группе – 61,2 г, что было выше, чем в контрольной группе, на 9,31 %.

Гематологические показатели подопытных бройлеров представлены в таблице 6.

Введение БВМК (С) в состав комбикормов оказало благоприятное воздействие на гематологические показатели подопытных цыплят-бройлеров. Количество эритроцитов в крови цыплят-бройлеров опытной группы было больше на $0,26 \cdot 10^{12}$ л по сравнению с контролем. Содержание общего белка в крови кур-несушек контрольной группы было на уровне 53,23 ммоль/л, а у птицы в опытной группе данный показатель был выше по сравнению с контролем на 0,93 ммоль/л.

Таблица 6 – Морфологический и биохимический состав крови
цыплят-бройлеров, ($M \pm m$)

Группа	Показатель						
	Эритроциты, 10^{12} /л	Лейкоциты, 10^9 /л	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Глюкоза, ммоль/л	Кальций, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л
Контрольная	3,00 $\pm 0,16$	32,30 $\pm 0,66$	53,23 $\pm 0,73$	24,07 $\pm 0,24$	11,30 $\pm 0,15$	3,95 $\pm 0,07$	1,68 $\pm 0,01$
Опытная	3,26 $\pm 0,12$	32,69 $\pm 0,51$	54,16 $\pm 0,53$	24,41 $\pm 0,31$	12,40 $\pm 0,32^{***}$	4,18 $\pm 0,07^*$	1,81 $\pm 0,09$

Кальция в крови птицы из контроля содержалось 3,95 ммоль/л, в опытной группе данный показатель был выше по сравнению с контролем на 0,23 ммоль/л. Уровень количества фосфора в крови птицы подопытной группы был выше на 0,13 ммоль/л по сравнению с цыплятами-бройлерами из контроля.

Таким образом, в ходе проведенных исследований БВМК (С) способствовал увеличению прироста живой массы цыплят-бройлеров, при этом биохимические и морфологические показатели крови подопытной птицы находились в пределах нормы.

Заключение. По результатам опыта на молодняке кур выявлено, что использование в основном рационе опытной группы 1 % премикса «000-1П-С» позволило увеличить живую массу на 8,96 %. Количество эритроцитов в крови молодняка увеличилось на $0,04 \cdot 10^{12}/л$, общего белка – на 3 г/л, альбумина – на 1,5 г/л, кальция – на 0,2 ммоль/л, фосфора – на 0,02 ммоль/л.

Применение в основном рационе опытной группы кур-несушек 3 % БВМК (С), наполнителем которого послужил концентрат «Сарепта», позволило увеличить яйценоскость на одну несушку на 1,7 %, а среднюю массу яйца – на 3,8 %. Количество эритроцитов в крови молодняка увеличилось на $0,08 \cdot 10^{12}/л$, общего белка – на 4 г/л, альбумина – 2,7 г/л, кальция – на 0,15 ммоль/л, фосфора – на 0,05 ммоль/л.

Введение к основному рациону опытной группы цыплят БВМК (С), с наполнителем «Сарепта» позволило увеличить живую массу на 10,4 %. Количество эритроцитов в крови молодняка увеличилось на $0,26 \cdot 10^{12}/л$, общего белка – на 0,93 г/л, альбумина – 0,34 г/л, кальция – на 0,23 ммоль/л, фосфора – на 0,13 ммоль/л.

Таким образом, разработанные нами премиксы и БВМК на основе концентрата «Сарепта» оказали положительное влияние на морфологический и биохимический состав крови, показатели роста молодняка кур и цыплят-бройлеров, а также яичную продуктивность кур-несушек, что говорит об интенсивных обменных процессах, происходящих в их организме.

Библиографический список

1. Изменение иммунологических и продуктивных показателей у цыплят-бройлеров под влиянием биологически активных веществ из экстракта коры дуба [Текст] / В.И. Фисинин, А.С. Ушаков, Г.К. Дускаев, Н.М. Казачкова // Сельскохозяйственная биология – 2018. – Т.53. – №2. – С. 385-392.
2. Околелова, Т.М. Качество мяса бройлеров при коррекции протеина и энергии в комбикорме за счет ферментных препаратов [Текст] / Т.М. Околелова // Птица и птицепродукты – 2016. – №1. – С. 44-46.
3. Препараты для замены кормовых антибиотиков [Текст] / А.С. Ушаков, В.И. Фисинин, Т.Н. Ленкова, Т.А. Егорова // Ветеринария и кормление – 2018. – №2. – С. 82-85.
4. Фисинин, В.И. Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов [Текст] / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Г.Ю. Лаптев // Вопросы питания – 2017. – Т.86. – №6. – С. 114-124.
5. Фисинин, В.И. Качество мяса в зависимости от сроков и способов выращивания цыплят-бройлеров [Текст] / В.И. Фисинин, И.П. Салеева, В.С. Лукашенко // Птица и птицепродукты – 2018. – №2. – С. 14-17.
6. Фисинин, В.И. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании в комбикормах легкоусвояемых кормовых компонентов [Текст] / В.И. Фисинин, И.П. Салеева, В.С. Лукашенко // Птица и птицепродукты – 2018. – №4. – С. 28-30.
7. Фисинин, В.И. Результативность выращивания бройлеров в зависимости от уровней обменной энергии и протеина в престартерных рационах [Текст] / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, А.К. Османян // Птица и птицепродукты – 2017. – №6. – С. 30-33.
8. Ahmadi, M. Effect of Different Levels of Nano-selenium on Performance, Blood Parameters, Immunity and Carcass Characteristics of Broiler Chickens [Текст] / M. Ahmadi, A. Ahmadian, A. Seidavi // Poultry Science Journal – 2018. – № 6. – P.99-108.

9. Dersjant-Lia, Y. Effect of phytase dose and reduction in dietary calcium on performance, nutrient digestibility, bone ash and mineralization in broilers fed corn-soybean meal-based diets with reduced nutrient density [Текст] / Y. Dersjant-Lia, C. Evansa, A. Kumarb // *Animal Feed Science and Technology* - 2018. - № 242. - P.95-110.

Influence of graded dietary levels of meals from three lupin species on the excreta dry matter, intestinal viscosity, excretion of total and free sialic acids, and intestinal morphology of broiler chickens [Текст] / M. Hejdyszac, S. Kaczmareka, A. Rogiewicz, A. Rutkowskia // *Animal Feed Science and Technology* - 2018. - № 241. - P.223-232.

The effects of microbial phytases and dietary calcium and phosphorus levels on the productive performance and bone mineralization of broilers [Текст] / Hamdia J.F., Pérez M., P. Létourneau-Montminy, R. Franco-Rosselló, R. Aliguec, D. Solà-Oriolb // *Animal Feed Science and Technology* - 2018. - № 248. - P.41-51.

Widodo, A.E. Response of Broiler Chickens to Triticale-Based Diets Supplemented with Microbial Enzymes [Текст] / A.E. Widodo, J.V. Nolan // *Poultry Science Journal* - 2018. - № 6. - P.25-40.

Reference

1. Изменение иммунологических и продуктивных показателей у цыплят-бройлеров под влиянием биологически активных веществ из экстракта коры дуба [Текст] / V. I. Fisinin, A. S. Ushakov, G. K. Duskaev, N. M. Kazachkova // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* - 2018. - T.53. - №2. - P. 385-392.

2. Okolelova, T. M. Kachestvo myasa brojlerov pri korrekcii proteina i jenerгии v kombinirovannom kormе za schet fermentnykh preparatov [Текст] / T. M. Okolelova // *Ptica i pticeprodukty* - 2016. - №1. - P. 44-46.

3. Preparaty dlya zameny kormovykh antibiotikov [Текст] / A. S. Ushakov, V. I. Fisinin, T. N. Lenkova, T. A. Egorova // *Veterinariya i kormlenie* - 2018. - №2. - P. 82-85.

4. Fisinin, V. I. Poluchenie produkci pticevodstva bez antibiotikov s ispol'zovaniem perspektivnykh programm kormleniya na osnove probioticheskikh preparatov [Текст] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, G. Yu. Laptev // *Voprosy pitaniya* - 2017. - T.86. - №6. - P. 114-124.

5. Fisinin, V. I. Kachestvo myasa v zavisimosti ot srokov i sposobov vyrashchivaniya cyplyat-brojlerov [Текст] / V. I. Fisinin, I. P. Saleeva, V. S. Lukashenko // *Ptica i pticeprodukty* - 2018. - №2. - P. 14-17.

6. Fisinin, V. I. Produktivnost' cyplyat-brojlerov pri ispol'zovanii v kombinirovannom kormе kormovykh komponentov [Текст] / V. I. Fisinin, I. P. Saleeva, V. S. Lukashenko // *Ptica i pticeprodukty* - 2018. - №4. - P. 28-30.

7. Fisinin, V. I. Rezul'tativnost' vyrashchivaniya brojlerov v zavisimosti ot urovnej obmennoj jenerгии i proteina v prestarternykh racionah [Текст] / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, A. K. Osmanyanyan // *Ptica i pticeprodukty* - 2017. - №6. - P. 30-33.

8. Ahmadi, M. Effect of Different Levels of Nano-selenium on Performance, Blood Parameters, Immunity and Carcass Characteristics of Broiler Chickens [Текст] / M. Ahmadi, A. Ahmadian, A. Seidavi // *Poultry Science Journal* - 2018. - № 6. - P. 99-108.

9. Dersjant-Lia, Y. Effect of phytase dose and reduction in dietary calcium on performance, nutrient digestibility, bone ash and mineralization in broilers fed corn-soybean meal-based diets with reduced nutrient density [Текст] / Y. Dersjant-Lia, C. Evansa, A. Kumarb // *Animal Feed Science and Technology* - 2018. - № 242. - P.95-110.

10. Influence of graded dietary levels of meals from three lupin species on the excreta dry matter, intestinal viscosity, excretion of total and free sialic acids, and intestinal morphology of broiler chickens [Текст] / M. Hejdyszac, S. Kaczmareka, A. Rogiewicz, A. Rutkowskia // *Animal Feed Science and Technology* - 2018. - № 241. - P.223-232.

11. The effects of microbial phytases and dietary calcium and phosphorus levels on the productive performance and bone mineralization of broilers [Текст] / Hamdia J.F., Pérez M., P. Létourneau-Montminy, R. Franco-Rosselló, R. Aliguec, D. Solà-Oriolb // *Animal Feed Science and Technology* - 2018. - № 248. - P.41-51.

12. Widodo, A.E. Response of Broiler Chickens to Triticale-Based Diets Supplemented with Microbial Enzymes [Текст] / A.E. Widodo, J.V. Nolan // *Poultry Science Journal* - 2018. - № 6. - P.25-40.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>. E-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru.

Карапетын Анжела Кероповна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат сельскохозяйственных наук.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604a>. E-mail: k.karapetyan@bk.ru.

Корнеева Ольга Владимировна, студент факультета Биотехнологий и ветеринарной медицины Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652>.
E-mail: korneevaoluhka97@mail.ru.

Струк Михаил Владимирович, генеральный директор ЗАО птицефабрика «Волжская» (РФ, 404143, х. Заяр, Волгоградская область, Среднеахтубинский район).
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1841-1444>. E-mail: pticefabrika_34@mail.ru.

Рудников Владимир Николаевич, аспирант факультета Биотехнологий и ветеринарной медицины Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7955-1782>.
E-mail: Rudnikov_345.vlg@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 619:618.33:636.2

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-29

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ В ПЛАЦЕНТОМАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ОСЛОЖНЕННОЙ БЕРЕМЕННОСТИ ЭКЛАМПСИЕЙ

MORPHOLOGICAL INTERACTION IN PLACENTOMA OF CATTLE DURING COMPLEXED PREGNANCY WITH ECLAMPSIA

С.А. Приходько¹, аспирант

В.Д. Кочарян¹, кандидат биологических наук, доцент

В.С. Авдеенко², доктор ветеринарных наук, профессор

П.В. Родин², кандидат ветеринарных наук, ветеринарный врач

М.А. Ушаков¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

S.A. Prikhodko¹, V.D. Kocharyan¹, V.S. Avdeenko², P.V. Rodin², M.A. Ushakov¹

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

¹Volgograd State Agrarian University

²Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova

Дата поступления в редакцию 30.11.2018
Received

Дата принятия к печати 21.04.2019
Submitted 21.04.2019

Установлено, что материнская и плодная части плаценты у коров при осложнении беременности эклампсией уплощены, отечны, их общее число уменьшено до 83-91 штук, по сравнению с таковыми при течении физиологической беременности (91-121 штук), где карункулы и котиледоны, как правило, имеют эллипсоидную правильную форму. Морфометрическое изучение гистопрепаратов показало, что высота эпителия крипт карункулов материнской части плаценты у коров составила при неосложненной беременности $9,54 \pm 0,05$ мкм, а при осложнении беременности эклампсией – $6,35 \pm 0,02$ мкм ($p \geq 0,05$). При чем относительная величина S ворсин котиледонов у клинически здоровых коров составила $40,4 \pm 1,46$ мкм, а при осложнении беременности экламп-

сией – $32,1 \pm 1,07$, с высокой долей достоверности ($p \geq 0,01$). Относительная площадь соединительной ткани карункулов и котиледонов плаценты занимала у здоровых животных $39,0 \pm 1,07$ мкм, а при эклампсии – $47,0 \pm 1,12$ мкм, эпителий крипт карункулов и ворсин котиледонов выглядит практически одинаково, а относительная площадь ворсин хориона котиледонов плодной части плаценты находилась в пределах $16,6 \pm 0,59$ мкм, при высокой степени достоверности ($p \geq 0,01$). Количество диплокариоцитов с апикальной поверхностью на ворсинах хориона на единицу площади котиледонов при физиологическом течении беременности составляет $8,5 \pm 2,1$ и снижено при осложненном течении беременности эклампсией до $2,8 \pm 0,84$, ($p \geq 0,001$).

It has been established that maternal and fetal parts of the placenta of cows with pregnancy complications with eclampsia are flattened, edematous, their total number is reduced to 83-91 pieces, compared with those during physiological pregnancy (91-121 pieces), where caruncles and cotyledons, as a rule have ellipsoid regular shape. A morphometric study of histopreparations showed that the height of the epithelium of crypts of caruncles of the maternal part of the placenta of cows during uncomplicated pregnancy was $9,54 \pm 0,05$ μm , and during pregnancy complication with eclampsia, $6,35 \pm 0,02$ μm ($p \geq 0,05$). Moreover, the relative size S of cotyledons' villus in clinically healthy cows was $40,4 \pm 1,46$ μm , and with a complication of pregnancy with eclampsia $32,1 \pm 1,07$, with a high degree of confidence ($p \geq 0,01$). The relative area of connective tissue of caruncles and cotyledons of the placenta occupied $39,0 \pm 1,07$ μm of healthy animals, while in eclampsia it was $47,0 \pm 1,12$ μm , the epithelium of crypts caruncles and vines of cotyledons looked almost the same, and the relative area of the vales of the cotiledons the fetal part of the placenta was within $16,6, \pm 0,59$ microns, with a high degree of confidence ($p \geq 0,01$) The number of diplocaryocytes with an apical surface on the chorionic villi per unit area of cotyledons during the physiological course of pregnancy is $8,5 \pm 2,1$ and reduced with a complicated course of pregnancy with eclampsia to $2,8 \pm 0,84$, ($p \geq 0,01$).

Ключевые слова: плацента, морфологические исследования, ангиогенез, эклампсия беременных, коровы.

Key words: placenta, morphological studies, angiogenesis, eclampsia of pregnant cows, cows.

Цитирование. Приходько С.А., Кочарян, В.Д., Авдеенко В.С., Родин П.В., Ушаков М.А. Морфологические взаимоотношения в плацентах крупного рогатого скота при осложненной беременности эклампсией. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 238-245. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-29.

Citation. Prikhodko S. A, Kocharyan, V. D., Avdeenko V. S., Rodin P. V. Ushakov M.A Morphological interaction in the placentoma of cattle during complicated pregnancy with eclampsia *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 238-245. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-29.

Введение. В последнее время в ветеринарном акушерстве произошел резкий прорыв в перинатологии [1], в частности были достигнуты значительные успехи в изучении эклампсии беременных у молочного скота, что дает возможность обеспечить научно обоснованный подход к профилактике перинатальных патологий и повышать репродуктивную способность животных и сохранность молодняка [6]. Осложнение беременности эклампсией у молочных высокопродуктивных коров и нетелей – достаточно частое явление, которое протекает в латентной форме. Однако, учитывая финансовую составляющую последствий, вызванных эклампсией у коров, и особенно у нетелей, по мнению В.С. Авдеенко [3], становится очевидным беспокойство владельцев стада по поводу развития данной патологии. Известно, что эклампсия – это не заболевание, поскольку она никогда не развивается вне стельного периода, являясь, по сути, патологией беременности, обусловленной нарушением структуры, микроциркуляции и функции материнской и особенно части плодной части плаценты [5]. Материалы исследований Кочарян В.Д. [3], Kambale T., Iqbal B., Ramraje S., Swaimul K., Salve S. [10] свидетельствуют о том, что после родов симптомы эклампсии пропадают. Существенным тормозом в развитии молочного скотоводства, по данным исследований Перерядкиной С.П. [4], Peter A.T. [11], явля-

ется значительное распространение бесплодия у коров и первотелок, развившегося на почве эклампсии на завершающем этапе беременности, и получение нежизнеспособного новорожденного молодняка. Метаболическая полноценность плаценты, как считают DeSousa J., Tong M., Wei J., Chamley L., Stone P., Chen Q [9] и В.С. Авдеенко [2], обуславливает нормальное функционирование системы «мать – плацента – плод» в целом и физиологическое развитие плаценты в частности. Дисбаланс обменных процессов в плаценте, как показали исследования, приводит к развитию фетоплацентарной недостаточности, которая сопровождает все осложнения беременности [13].

Лечение беременных коров и нетелей с осложнением стельности на последних сроках эклампсией относится к одной из наиболее актуальных проблем ветеринарной медицины. Механизм развития эклампсии достаточно сложен [3, 6, 11]. В последнее время довольно прочную позицию, о чем свидетельствуют публикации Askelund K.J., Chamley L.W. [7], приобрела концепция хронического гиповолемического шока, сопряженного с эндотоксинемией и синдромом полиорганной недостаточности. Из этого Кочарян В.Д., Авдеенко В.С. и др. [3] предлагают методы патогенетической терапии тяжелых форм эклампсии.

Согласно современным представлениям, при лечении эклампсии необходимо применять плазмозамещающие растворы (увеличители объема крови), обладающие минимальными побочными эффектами [8]. По материалам исследований зарубежных ученых известно, что течение эклампсического синдрома жеребых кобыл определяется степенью гиповолемии [9, 13]. Предупредить достижение гиповолемией критического уровня, как считают, можно при правильном подборе инфузионно-трансфузионной терапии [11].

Цель работы – изучить морфологические механизмы развития эклампсии беременных коров и нетелей.

Материалы и методы. Работа выполнена на коровах черно-пестрой и симментальской пород. Животные принадлежали сельскохозяйственным предприятиям различных организационно-правовых форм собственности Саратовской и Волгоградской областей РФ. Лабораторные исследования проведены на кафедрах «Болезни животных и ВСЭ» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и «Акушерство и терапия» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Материалом для исследований служила плацента крупного рогатого скота при физиологически протекающей и осложненной эклампсией беременности. Непосредственно после взятия биоматериала карункулы и котеледоны рассекали на фрагменты толщиной не менее 5 мм общей площадью до 3 см² и фиксировали в нейтральном формалине. Полученный материал заливали в парафин и готовили серии срезов во всю толщину плацентомы от аллантохориона до эндометрия, что дало возможность определить ее локализацию и проследить топографические и топахимические изменения. Для микроскопического исследования полученный материал окрашивали гематоксилин-эозином по Ван-Гизону, импрегнировали – по Футу и окрашивали фуксеином – по Харту. Высоту эпителия крипт устанавливали с помощью окуляр-микрометра МОВ-15, определяли относительную площадь ворсинок хориона, соединительной ткани и эпителиальной ткани крипт в карункуле – на морфометрической сетке (Автандилов Г.Г., цит. по [1]). В срезах, фиксированных формалином, определяли концентрацию гликопротеинов и гиалуроната.

Особенности морфологии организации микрообъектов, цветовых характеристик микропрепаратов оценивали по результатам количественных исследований, проведенных на телевизионном автоматизированном микроденситометре «Микротелс-4» (Э.Г. Быков, цит. по [5]).

В ходе исследования измеряли активность гистохимических показателей в целом по площадям, выбор септ, элементов хориона. С целью селективного исследования в случае необходимости проводили разграничение эпителиальной ткани крипт и симпластов ворсинок.

Результаты и обсуждение. Полученные материалы свидетельствуют о том, что материнская и плодная части плаценты у коров при осложнении беременности эклампсией уплощены, отечны, их общее число уменьшено до 83-91 штук по сравнению с таковыми при течении физиологической беременности (91-121 штук), где карункулы и котиледоны, как правило, имеют эллипсоидную правильную форму (таблица 1).

Таблица 1 – Структура плодной части плаценты коров при физиологической и осложненной беременности преэклампсией

Показатель	Физиологическое течение беременности	Осложненная преэклампсией беременность
Масса плодных оболочек, кг	5,65±0,43	4,36±0,27*
Количество котиледонов, шт.	86,0±3,24	72,50±4,55**
Площадь хориона, мм ²	1744,12±12,7	1570,05±25,9**
Площадь котиледона, мм ²	10600,9±104,3	7930,3±115,7**

Примечание: $p \geq 0,05$ *; $p \geq 0,01$ **;; $p \geq 0,001$ ***; здесь и далее по тексту.

Масса плодных оболочек (хориональная, аллантаисная и амниотическая) у коров с осложнением на завершающем этапе беременности эклампсией составила 4,36±0,27, кг, что на 1,29 кг меньше чем при физиологическом течении беременности. Количество котиледонов плодной части плаценты сокращено при осложненной беременности эклампсией до 72,50±4,55, $p \geq 0,01$ по сравнению с физиологическим течением беременности у крупного рогатого скота.

Морфометрическое изучение гистопрепаратов (рисунки 1, 2) показало, что высота эпителия крипт карункулов материнской части плаценты у коров составила при неосложненной беременности 9,54±0,05 мкм, а при осложнении беременности преэклампсией – 6,35±0,02 мкм ($p \geq 0,05$), причем относительная величина S ворсин котиледонов у клинически здоровых коров составила 40,4±1,46 мкм, а при осложнении беременности преэклампсией – 32,1±1,07, с высокой долей достоверности ($p \geq 0,01$). Относительная площадь соединительной ткани карункулов и котиледонов плаценты занимала у здоровых животных 39,0±1,07 мкм, а при эклампсии - 47,0±1,12 мкм, эпителий крипт карункулов и ворсин котиледонов выглядит практически одинаково, а относительная площадь ворсин хориона котиледонов плодной части плаценты находилась в пределах 16,6±0,59 мкм, при высокой степени достоверности ($p \geq 0,01$) (таблица 2).

Таблица 2 – Структура материнской и плодной частей плаценты коров

Показатели (M±m,)	Исследуемый признак			
	Высота S эпителия крипт карункулов, мкм	Относительная величина S соединительной ткани крипт карункулов, мкм	Относительная величина S ворсин котиледонов, мкм	Относительная величина S ворсин котиледонов, мкм
Неосложненная беременность	9,54±0,05	39,0±1,07	21,1±0,87	40,4±1,46
Осложненная беременность синдромом эклампсии	6,35±0,02*	47,0±1,12**	16,6±0,59**	32,1±1,07**

В плацентах при морфометрическом исследовании гистопрепаратов установили наличие интраэпителиально расположенных капилляров, которые максимально приближены к эпителию маточной крипты карункулов материнской плаценты. Проведенный подсчет количества капилляров на единицу площади котиледонов плодной части плаценты показал, что у коров с физиологическим течением беременности количе-

ство капилляров составляет $2,5 \pm 0,14$ на единицу площади котиледона, в то время как при осложненной беременности эклампсией количество капилляров в котиледонах снижено до $0,13 \pm 0,07$ на единицу площади плодной части котиледонов плодной части плаценты (таблица 3).

Таблица 3 – Морфометрия котиледонов плодной части плаценты коров
(сетка Автандилова, сетки = $0,0073$ мм)

Количество, на единицу площади котиледона	Физиологически протекающая беременность	Осложненная гестозом беременность
Диплокариоцитов	$8,5 \pm 2,1$	$2,8 \pm 0,84^{***}$
Интраэпителиальных капилляров	$0,7 \pm 0,18$	$3,4 \pm 0,7^{***}$
Капилляров в соединительной ткани ворсин	$2,5 \pm 0,14$	$0,13 \pm 0,07^{***}$

Количество диплокариоцитов на единицу площади в плаценте коровы при физиологическом течении беременности составляет $8,5 \pm 2,1$ на единицу площади, что значительно превышает количество двуядерных клеток животных, стельный период у которых протекает на фоне гестоза ($2,8 \pm 0,84$, $p < 0,001$). Двуядерные клетки в основном фиксируются среди цилиндрических клеток, особенно на верхушках ворсин котиледонов на единицу площади плодной части плаценты.

При осложненном течении стельного периода, протекающего на фоне гестоза, отмечается значительное (более, чем в три раза) увеличение количества интраэпителиальных капилляров ворсин хориона котиледонов на единицу площади плодной части плаценты ($3,4 \pm 0,7$, $p \geq 0,001$) по отношению к стельному периоду, протекающему без осложнений ($0,7 \pm 0,18$).

Гистологические исследования, проведенные на уровне световой микроскопии, свидетельствуют о том, что соединительнотканная строма материнской плаценты коровы имеет свои особенности в разных частях карункулов.

В хориальной пластинке ворсин хориона на единицу площади котиледона соединительная ткань уплотненная, содержит большое количество волокнистых структур. В ворсинах хориона котиледонов на единицу площади плодной части плаценты соединительная ткань скудная, с рыхло расположенными волокнами. Фибробласты ворсин хориона на единицу площади котиледона в центре лежат свободно, контактируя своими отростками. Под эпителием в котиледонах в межворсинчатом пространстве и вблизи сосудов уплощаются, вытягиваются, подстилая мембрану ворсин хориона в котиледоне. В поле зрения микроскопа отмечаются макрофагоподобные клетки и форменные элементы крови. Соединительная ткань в ворсинах хориона на единицу площади котиледона образует тонкие прослойки. По ходу ворсин хориона на единицу площади котиледона фибропластические элементы и их волокна ориентированы параллельно. При этом капилляры занимают интраэпителиальное положение. В строме ворсин хориона на единицу площади котиледона у коров с клиническими признаками эклампсии отмечается коллагенизация, увеличение количества и диаметра кровеносных сосудов в межворсинчатом пространстве котиледона.

При осложнении беременности эклампсией в карункулах на единицу площади материнской части плаценты в слое соединительной ткани, подстилающей эпителий матки, фиксируют наличие белковых субстанций и мелких капилляров.

Заключение. На фоне преэклампсии беременных коров и нетелей изменяется структура плаценты, в основном ее плодовая часть. Исследования особенностей гистометрии плаценты на последних сроках беременности у коров и нетелей при физиологи-

ческом течении беременности и при осложнении беременности эклампсией позволяет объединить их в единую систему «мать – плацента – плод», функции которой обуславливают рождение нормо- гипотрофного и макросомного потомства. Морфологический анализ плаценты коров показал, что ворсины хориона котиледонов на единицу площади плодной части плаценты, представлены одно- и двуядерными клетками: предипло- кариоцитами и диплокариоцитами. При беременности, протекающей без осложнений, число диплокариоцитов на ворсинах хориона на единицу площади котиледонов составляет $8,5 \pm 2,1$, в стельный период, протекающий на фоне гестоза, их число снижается до $2,8 \pm 0,84$, ($p \geq 0,001$). Интраэпителиально расположенные капилляры приближены к эпителию маточной крипты на единицу площади карункула, причем при физиологической беременности их количество составляет $0,7 \pm 0,18$ на единицу площади, а при беременности, осложненной эклампсией, их число увеличивается до $3,4 \pm 0,7$.

Библиографический список

1. Авдеенко, В.С. Субклинический кетоз как фактор развития коров гестоза беременных и его роль в возникновении фетоплацентарной недостаточности [Текст] / В.С. Авдеенко, С.Н. Тресницкий, С.Н. Бабухин // Аграрный научный журнал. – 2017. – №4. – С. 3-7.
2. Авдеенко, В.С. Клинико-биохимическая оценка эффективности применения липосомальных антиоксидантных препаратов при гестозе у беременных коров [Текст] / В.С. Авдеенко, С. Н. Тресницкий // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 6: – С. 41-49.
3. Развитие, обоснование диагноза и терапия эклампсического синдрома у сухостойных коров [Текст] / В.Д. Кочарян, С.А. Приходько, В.С. Авдеенко, С.Н. Тресницкий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 212-220.
4. Перерядкина С.П. Ангиогенез плаценты крупного рогатого скота при гестозе беременных [Текст] / С. П. Перерядкина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 170-176.
5. Соколова, О.В. Особенности показателей обмена веществ у коров на поздних сроках гестации [Текст]/ О.В. Соколова, М.Н. Исакова, М.В. Ряпосова//Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – №4. – С. 48-53.
6. Abdelrahman M.A. Morphological Characteristic of Placenta in Sudanese Subjects [Tekst]/ M.A. Abdelrahman // Anat Physiol. – 2013. –№ 3(124). – P. 1-4. doi:10.4172/2161-0940.1000124
7. Askelund, K.J. Trophoblast deportation part I: review of the evidence demonstrating trophoblast shedding and deportation during human pregnancy [Tekst]/ K.J. Askelund, L.W. Chamley // Placenta. – 2011. – № 10. – P. 716-723.
8. Spreading endothelial cell dysfunction in response to necrotic trophoblasts. Soluble factors released from endothelial cells that have phagocytosed necrotic shed trophoblasts reduce the proliferation of additional endothelial cells [Tekst]/ Q. Chen, J.X. Ding, B. Liu, P. Stone, Y.J. Feng, L.W. Chamley // Placenta. – 2010. – № 11. – P. 976-981.
9. The anti-inflammatory effect of calcium for preventing endothelial cell activation in preeclampsia [Tekst]/ J. DeSousa, M. Tong, J. Wei, L. Chamley, P. Stone, Q. Chen// Journal of Human Hypertension. – 2016. – № 9. – P. 303-308;
10. Placental morphology and fetal implications in pregnancies complicated by pregnancy-induced hypertension [Tekst]/ T. Kambale, B. Iqbal, S. Ramraje, K. Swaimul, S. Salve // Med J DY Patil Univ. – 2016. – № 9. – P. 341-347.
11. Peter, A.T. Bovine placenta: A review on morphology, components, and defects from terminology and clinical perspectives [Tekst]/ A.T. Peter // Theriogenology. – 2013. – № 80. – P. 693-705.
12. Santos, R.B. Ultrastructure of bovine placenta during all gestational period [Tekst]/ R.B. Santos, J.M. Silva, M.E. Beletti // Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. – 2017. –№ 6. – P. 1376-1384.
13. Ovarian and placental morphology and endocrine functions in the pregnant giraffe (*Giraffa camelopardalis*) [Tekst]/ S. Wilsher, F. Stansfield, R.E.S. Greenwood, P.D. Trethowan, R.A. Anderson, F.B.W. Wooding, W.R. Allen // In: Reproduction. – 2013. – №6. – P. 541-554.

Reference

1. Avdeenko, V. S. Subklinicheskij ketoz kak faktor razvitiya korov gestoza beremennyh i ego rol' v vznikenii fetoplacentarnoj nedostatochnosti [Tekst] / V. S. Avdeenko, S. N. Tresnickij, S. N. Babuhin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2017. - №4. - P. 3-7.
2. Avdeenko, V. S. Kliniko-biohimicheskaya ocenka jeffektivnosti primeneniya liposomal'nyh antioksidantnyh preparatov pri gestoze u beremennyh korov [Tekst] / V. S. Avdeenko, S. N. Tresnickij // Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya. - 2017. - № 6: - P. 41-49.
3. Razvitie, obosnovanie diagnoza i terapiya jklampsicheskogo sindroma u suhostojnyh korov [Tekst] / V. D. Kocharyan, S. A. Prihod'ko, V. S. Avdeenko, S. N. Tresnickij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 2 (50). - P. 212-220.
4. Pereryadkina S. P. Angiogenez placenty krupnogo rogatogo skota pri gestoze beremennyh [Tekst] / S. P. Pereryadkina [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 2 (42). - P. 170-176.
5. Sokolova, O. V. Osobennosti pokazatelej obmena veschestv u korov na pozdnyh srokah gestacii [Tekst] / O. V. Sokolova, M. N. Isakova, M. V. Ryaposova // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - 2017. - №4. - P. 48-53.
6. Abdelrahman M.A. Morphological Characteristic of Placenta in Sudanese Subjects [Tekst] / M.A. Abdelrahman // Anat Physiol. - 2013. - № 3(124). - P. 1-4. doi:10.4172/2161-0940.1000124
7. Askelund, K.J. Trophoblast deportation part I: review of the evidence demonstrating trophoblast shedding and deportation during human pregnancy [Tekst] / K.J. Askelund, L.W. Chamley // Placenta. - 2011. - № 10. - P. 716-723.
8. Spreading endothelial cell dysfunction in response to necrotic trophoblasts. Soluble factors released from endothelial cells that have phagocytosed necrotic shed trophoblasts reduce the proliferation of additional endothelial cells [Tekst] / Q. Chen, J.X. Ding, B. Liu, P. Stone, Y.J. Feng, L.W. Chamley // Placenta. - 2010. - № 11. - P. 976-981.
9. The anti-inflammatory effect of calcium for preventing endothelial cell activation in preeclampsia [Tekst] / J. DeSousa, M. Tong, J. Wei, L. Chamley, P. Stone, Q. Chen // Journal of Human Hypertension. - 2016. - № 9. - P. 303-308;
10. Placental morphology and fetal implications in pregnancies complicated by pregnancy-induced hypertension [Tekst] / T. Kambale, B. Iqbal, S. Ramraje, K. Swaimul, S. Salve // Med J DY Patil Univ. - 2016. - № 9. - P. 341-347.
11. Peter, A.T. Bovine placenta: A review on morphology, components, and defects from terminology and clinical perspectives [Tekst] / A.T. Peter // Theriogenology. - 2013. - № 80. - P. 693-705.
12. Santos, R.B. Ultrastructure of bovine placenta during all gestational period [Tekst] / R.B. Santos, J.M. Silva, M.E. Beletti // Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. - 2017. - № 6. - P. 1376-1384.
13. Ovarian and placental morphology and endocrine functions in the pregnant giraffe (*Giraffa camelopardalis*) [Tekst] / S. Wilsher, F. Stansfield, R.E.S. Greenwood, P.D. Trethowan, R.A. Anderson, F.B.W. Wooding, W.R. Allen // In: Reproduction. - 2013. - №6. - P. 541-554.

Информация об авторах

Приходько Светлана Алексеевна, аспирант кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26). **E-mail:** bobls@mail.ru.

Кочарян Валентина Даниловна, заведующий кафедрой «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат биологических наук, доцент
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>. **E-mail:** kvd202@mail.ru.

Авдеенко Владимир Семенович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Болезни животных и ВСЭ» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (РФ, 410005, г. Саратов, Театральная пл.1). **E-mail:** avdeenko0106@mail.ru.

Родин Павел Владимирович, кандидат ветеринарных наук, ветеринарный врач УНТЦ «Ветеринарный госпиталь» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (РФ, 410005, г. Саратов, Театральная пл.1). **E-mail:** rodinnikolaj@yandex.ru.

Ушаков Максим Александрович, доцент кафедры «Акушерство и терапия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук. **E-mail:** volgau-ushakov@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 599.742.1:591.526

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-30

**К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ ЧИСЛЕННОСТИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ
МЕХАНИЗМА ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИИ ВОЛКА
В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**TO THE QUESTION ABOUT THE DYNAMICS OF THE NUMBER
AND IMPROVEMENT OF THE MECHANISM OF LEGAL REGULATION
OF THE WOLF POPULATION IN THE IRKUTSK REGION**

М.А. Будлянский, аспирант

А.М. Синилов, кандидат биологических наук, доцент

M.A. Budlyansky, A.M. Sinilov

Иркутский государственный аграрный университет им. Е.А. Ежевского

Irkutsk State Agrarian University named after E.A. Ezhevsky, Irkutsk

Дата поступления в редакцию 05.03.2019

Дата принятия к печати 27.05.2019

Received 05.03.2019

Submitted 27.05.2019

Акцентируется внимание как на продуктивных методах борьбы с хищником, так и на недостатках, вытеснивших из законодательства правовые вопросы, наложившие запрет на право истребления волка, который в отдельных регионах страны превысил численность. За основу регламентирующих документов были взяты: Приказ Минприроды России от 16.11.2010 N 512 (ред. от 21.03.2018) «Об утверждении Правил охоты» (Зарегистрировано в Минюсте России 04.02.2011 N 19704); Правила охоты в Иркутской области; Приказ Минприроды России от 10 декабря 2013 г. N 581; типовые правила охоты в РСФСР 1988 года; Ведомственные материалы по учету волка методом ЗМУ, картирование участков обитания их в охотхозяйстве «Алагуевское» ИРО «Динамо» и охотхозяйство «Ушаковское» ИРО «Динамо», общей площадью около 83 тыс. га. Маршрутные исследования проводились с использованием специализированной проходимой техники и пешим ходом на лыжах. Представлены фотоиллюстрации, наглядно демонстрирующие факты неоспоримых доказательств свирепости хищника и браконьерства. С целью изменения сроков охоты на волка автор рекомендует принять предложения о разрешении в правовом поле возможности использования петельно-капканных орудий лова как наиболее эффективных. Затрагиваются вопросы о разрешительных мерах охоты «на вабу» и изъятие волчат на логовах, а также приводится статистика остаточно-допустимого количества особей на 1000 га после промысловой численности. В материалах ведомственных хозяйств, являющихся сопредельными территориями Приморского хребта, приводятся рекомендательные данные по планированию мероприятий борьбы с хищником, а также предлагается методика, в комплекс которой входят возвращение к типовым правилам охоты в РСФСР (1988 года) и разработка нормативов вознаграждения охотника за каждого добытого волка.

Attention is focused on productive methods of fighting the predator, as well as on the shortcomings that supplanted legal issues from the legislation, which imposed a ban on the right to exterminate the wolf, which in some regions of the country exceeded the number. The following documents were taken as the basis for regulatory documents: Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated November 16, 2010 N 512 (as amended on March 21, 2017) «On Approval of the Rules for Hunting» (Registered in the Ministry of Justice of Russia February 4, 2011 No. 19704); Rules of hunting in the Irkutsk region; By order of the Ministry of Natural Resources of Russia of December 10, 2013 N 581; model rules for hunting in the Russian Soviet Federative Socialist Republic (RSFSR) 1988; Departmental materials on wolf accounting by

the Winter route accounting method, mapping of their habitats in the Alaguyevskoye hunting farm of Irkutsk regional office «Dynamo» and the Ushakovskoye hunting farm of Irkutsk regional office «Dynamo», with a total area of about 83 thousand hectares. Route studies were conducted using specialized passable equipment, and on foot on skis. One of the topical issues of accounting for the wolf, presented photographs illustrating the facts of the indisputable evidence of the ferocity of a predator, and poaching. On changing the timing of a wolf hunt, the author recommends accepting proposals for permission in the legal field, the possibility of using looped-trap fishing gear, as the most effective. The issues of permissive measures for hunting «on the wabu» and the removal of wolves on the lairs are touched upon, and the statistics of the residual number of individuals per 1000 hectares after the fishery population is given. Analyzing the materials of departmental farms that are adjacent territories of the Primorsky Ridge, recommended data on planning predator control measures are given, and a methodology is proposed that includes: returning to the standard rules for hunting in the Russian Soviet Federative Socialist Republic (RSFSR (1988) mined wolf.

Ключевые слова: Прибайкалье, популяция волка, правовое регулирование хищника, численность, браконьерство, ареал.

Key words: Baikal region, wolf population, predator legal regulation, number, poaching, area.

Цитирование. Будлянский М.А., Синилов А.М. К вопросу о динамике численности и совершенствовании механизма правового регулирования популяции волка в Иркутской области. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 245-252. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-30.

Citation. Budlyansky M.A., Sinilov A.M. Dynamics of number and improvement of the mechanism of legal regulation of wolf population in the Irkutsk region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 245-252. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-30.

Введение. Исторический опыт отношения государства к волку на протяжении ряда десятилетий в той или иной степени считался, мягко говоря, неусовершенствованным. Стремление человека овладеть «интуитивными» способностями этого пластичного зверя на настоящий период пока не увенчалось успехом. Причины этого самые противоречивые: еще в нашей памяти теплятся воспоминания о публикациях в СМИ о «целебных способностях» этого хищника-санитара. Под флагом этого авторитетного мнения «общество зеленых» разработало целый ряд директив, выдвинутых в защиту этого космополита – волка. И в то же время целесообразно было бы напомнить и о том, что активные методы борьбы с волком также имели место быть, хотя эффективность воздействия на популяцию хищника в разных регионах страны имела свою специфику, которая, как правило, основывалась на двух факторах: владение совершенными знаниями биологии данного вида и умении предвидеть время суток, способствующее явной или косвенной встрече хищника и человека, в зависимости от погодных условий и рельефа местности [10, 3, 4, 18]. Следует отметить, что в отдельных регионах критерий стимулирования за добычу хищников популяризировался достаточно значимо [9]. Но не будем заострять внимание на цифрах и суммах, сейчас не об этом.

На сегодняшний день следует бить тревогу о том, что ослабление борьбы с хищником как в Иркутской области, так и на территории РФ является следствием отсутствия или слабой материальной заинтересованности охотпользователей, ограничений сроков охоты и запрет целого ряда способов охоты.

Заметим, что за последние десятилетия надо признать как факт, что на федеральном уровне не принималось ни единого из актов, направленных на стимулирование борьбы с волком. И лишь только в ряде субъектов РФ приняты решения об установлении размеров премирования за добытых волков (от 1 до 3-4-тыс. рублей), хотя в большинстве субъектов материальные стимулы совсем отсутствуют.

Материалы и методы. При выполнении данной работы нами за основу регламентирующих документов были взяты: Приказ Минприроды России от 16.11.2010 N 512 (ред. от 21.03.2018) «Об утверждении Правил охоты» (Зарегистрировано в Миню-

сте России 04.02.2011 N 19704); Правила охоты в Иркутской области; Приказ Минприроды России от 10 декабря 2013 г. N 581; типовые правила охоты в РСФСР 1988 года; Ведомственные материалы по учету волка методом ЗМУ, картирование участков обитания их в охотхозяйстве «Алагуевское» ИРО «Динамо» и охотхозяйство «Ушаковское» ИРО «Динамо», где общая площадь подопытных хозяйств, на которых проводились исследования, составила около 83 тыс. га [1, 2].



Рисунок 1 – Проходимая техника, используемая при учетных работах ЗМУ в охотхозяйствах, в частности и по учету волка. Февраль 2018 года. Фото автора



Рисунок 2 – Учетные корреспонденты с остатками туши изюбря (голова с обломленными основными стволами рогов) – жертвой волчьей стаи, извлечена из наледи на участке безымянного ключа

Маршрутные исследования проводились нами с использованием снегохода «Буран» и специализированной проходимой техники, а также необходимого количества ГСМ, которые предоставлены в распоряжение инициативной группы охотниками Зелениным А.А., Цяцка А.Н., оказывающими содействие в достижении намеченной цели, за что автор выражает глубокое чувство благодарности. Для фиксации отдельных эпизодов, представляющих собой полезный материал для исследований нами использовались фотокамеры модели «Никон D 5200», записные книжки, рулетки, лыжи и бинокли модели БПЦ 58х30, БП-12, БПЦ 15х50 и зрительной трубы ЗРТ-457.

Обсуждение. По действующим правилам охоты на всей территории страны любительская и спортивная охота разрешена в сроки – с 15 сентября по 28 февраля. «Благодаря» этим ограничениям под запрет автоматически попали и все способы охоты на волка, приуроченные к срокам запрещения охоты. Это – охота на логовах (на волчат), охота облавой на логовах, охота на «вабу» в самые благоприятные сроки (июнь – первая половина сентября), подкарауливание волка у привады, охота при случайных встречах охотников с волками в период самой массовой летне-осенней охоты на пернатую дичь со дня ее открытия до 15 сентября. Во многих субъектах применение этих способов охоты было очень эффективно. Как пример, в Алтайском крае на способ охоты на логовах в отдельные годы приходилась половина из всех уничтоженных волков [3].

Учетные работы, проводимые в первом квартале 2018 года на территории Приморского хребта и сопредельных территорий примыкающих охотхозяйств, обозначили проблему, несопоставимую с нормативно-законодательными документами, которые на каком-либо этапе регламентировались государством.

В настоящее время на территории большинства субъектов РФ борьба с хищником проводится стихийно. Главным препятствием для осуществления рационального подхода в регулировании численности волка на территории страны стал норматив его

численности в охотничьих угодьях, утвержденный приказом МПР РФ от 30.04.2010г. № 138. Согласно этому (нормативу численности), максимальная численность волка – «до 0,05 на 1000 га», что соответствует плотности 5 голов на 100 000 га. Поэтому основанием для принятия решения о регулировании численности волка для ее снижения является превышение показателя максимальной численности. Это означает, что только при плотности хищника, превышающей 5 голов на 100 000 га, какой-либо субъект РФ имеет право принимать решение по регулированию численности в целях ее снижения на своей территории.

Учитывая продуктивность охотничьих угодий, потребность волка в мясе, объемы изъятия охотничьих животных охотниками, уровень браконьерства, расчеты показывают, что при таком завышенном нормативе численности волка невозможно увеличить численность охотничьих ресурсов до тех значений, которые предусмотрены правительственными программами, и снизить численность хищника до уровня снятия «проблемы волка».



Рисунок 3 – Остаток туши изюбря-сеголетка, частично съеденного стаей волков

В результате исследования места падения туши нами зафиксированы следы хищников, посещающих тушу жертвы в разные периоды (до снеговой пороши и после неё).

Принимая во внимание вышеизложенную проблему, мы имеем возможность дополнить сложившуюся ситуацию нашими наблюдениями. В период проведения учетных работ после промысловой численности копытных нами комплексно проводились исследования по выявлению количественного состава волков на данной территории с определением их хищнической роли в биотопе. На одном из подведомственных участков группой учетных корреспондентов была обнаружена туша взрослого изюбря – самца, который в период образования ледостава был загнан стаей волков в русло безымянного ключа на участке развилки вблизи возвышенности 982, в результате чего при длительном удержании «пленника» в ледяной полынье животное погибло от переохлаждения. Частично извлеченная из льда туша тщательно подверглась исследованию, в результате которого было установлено: оба основных ствола рогов отсутствовали. На свежесохранившихся отбитых пеньках (около 10-12 см) уцелели по 2 отростка (ледяной и надглазничный), что дает основание предполагать: перед тем, как животное провалилось в ледяную воду, изюбрь достаточно время сопротивлялся стае хищников, бодаясь с которыми, лавируя между стволами деревьев (что нами также установлено: место сопротивления самца-рогача находилось на расстоянии прямой видимости до места его гибели), выбиваясь из последних сил в поисках возможности найти спасение на более открытом пространстве, провалился под лед, где окончательно ослаб и погиб.

Уместно было бы отметить, что охрана угодий в некоторых хозяйствах также не отличается эффективностью. Достаточно сказать, что на одном из безымянных притоков левобережья реки Нижний Кочергат, примерно в 4-х километрах вверх по течению

от устья (заброшенные бараки), в расположении возвышенности 1038, группой учетчиков был обнаружен остаток туши изюбря-сеголетка, а в расположении зимника (зимне-полевая дорога), ведущего к старой лесоделяне (от старого сарая к возвышенности 1133), примерно в 12 км от населенного пункта Булунчук, группой учетчиков обнаружен подранок изюбря-сеголетка, что свидетельствует о том, что в данной ситуации был факт браконьерства.

Теперь о насущном. Анализируя ведомственные материалы по учету волка методом ЗМУ и картирования участков обитания в охотхозяйстве «Алагуевское» ИРО «Динамо», на общей площади в 38,15 тыс. га, установлено, что средняя плотность населения волка составляет 0,25 особей на 1,0 тыс. га [6, 15].

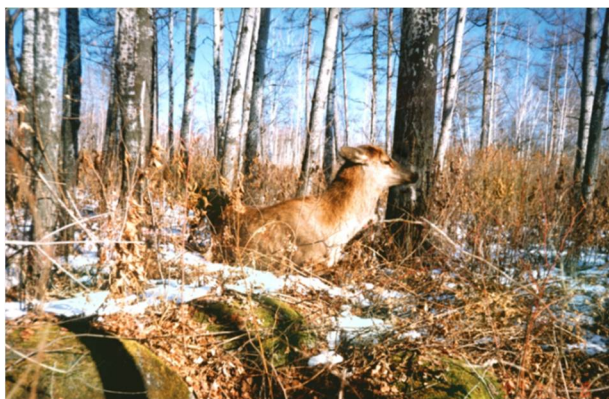


Рисунок 4 – Молодой изюбрь-сеголеток, раненный браконьерами на участке старой лесоделяны. Март 2018 год. Фото автора



Рисунок 5 – След волка в расположении урочища р. Кулесьма Морская. Февраль 2018год. Фото автора

В соседнем охотхозяйстве «Ушаковское» ИРО «Динамо» ситуация незначительно отличается: на общей площади в 54,5 тыс. га показатель средней плотности составил около 0,26 особей на 1000 га [6, 15]. Вышеобозначенная статистика, анализ ведомственных материалов характеризуют уровень стабильной численности хищника на территории подведомственных хозяйств, что заставляет задумываться о возможности расположения кормовой базы [16].

И это происходит в наши дни, когда со всех концов России в СМИ поступают тревожные сигналы о росте численности волка. Высокая численность хищника в Иркутской области, как и в большинстве субъектов, порождает не только экологические и экономические, но и социальные проблемы, связанные с угрозой жизни и здоровья человека [13, 8, 11].

Сокращение сроков охоты на волка до пяти с половиной месяцев в году осложнит выполнение задачи по снижению численности волка [7]. В период ее высокой численности нельзя ничем оправдать и запрещение ранее применяемых ногозахватывающих капканов и петель, которое появилось в правилах охоты. Эти способы, как уже доказано временем, зарекомендовали себя как одни из самых эффективных, дешевых и доступных для большинства охотников, которые успешно применялись многие годы в условиях любого природно-географического ландшафта.

Опережая результат огласки, для сравнения приведем данные о принятии решений в странах с более отлаженной методологией регулирования хищников [15]. Так, например, Правительство Норвегии, одно из самых «зеленых» в мире, если бы руководствовалось нашими «нормативами численности», то считало бы допустимым иметь в стране не менее 1000 волков, однако в Парламенте Норвегии не прекращаются дебаты о возможности существования на территории страны только лишь 50-70 особей [12, 17].

Заключение. В целях совершенствования контроля и снижения численности волка в пятилетний срок при минимальных финансовых расходах необходимо: отменить ограничение сроков и способов охоты на волка, установленное существующими Правилами охоты, в части Правила охоты на волка, вернуться к «типовым правилам охоты в РСФСР» (1988 г.), согласно которым на территории РСФСР подлежала регулированию в течение календарного года численность волка, а охоту на хищника сделать доступной для всех охотников, желающих в ней участвовать. При управлениях охоты создать специализированные подразделения по уничтожению хищника. Обеспечить обязательную выплату денежных вознаграждений охотникам за каждого добытого волка в зависимости от его пола и возраста во всех субъектах РФ в размере не менее 10-20 тыс. рублей на средства из Федерального бюджета.

Библиографический список

1. Корнеев, В.А. Волк (*Canis lupus* L., 1758) и рысь (*Lynx lynx* L., 1758) в заповеднике «Большая Кокшага» [Текст] / В.А. Корнеев, А.Ф. Мансуров, М.Н. Князев // Научные труды Государственного природного заповедника «Большая Кокшага». – 2013. – № 6. – С. 235-256.
2. Кудактин, А.Н. Сравнительный анализ сезонно-станционного размещения волка (*Canis lupus cubanensis* Ognev, 1992) и оленя (*Cervus elaphus caucasicus* Winans, 1914) в Кавказском заповеднике [Текст] / А.Н. Кудактин, Ю.Н. Спасовский, С.И. Удинцев // Вестник охотоведения. – 2012. – Том 9. – № 2. – С. 133-142.
3. Хатуров, А.М. Репродуктивный Ареал и численность обыкновенного волка (*Canis Lupus* L) в Кабардино-Балкарской республике: ретроспективный анализ и современные тенденции [Текст] / А.М. Хатуров, Ю.А. Копылов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2015. – № 2 (64). – 262 с.
4. Червонный, В.В. Особенности взаимоотношений волка и диких копытных на территории Белгородской области [Текст] / В.В. Червонный, А.А. Горбачева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 3 (174). – Выпуск 26. – С. 62-71.
5. Шахмарданов, З.А. Воздействие хищников на диких копытных и других животных. [Текст] / З.А. Шахмарданов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2014. – № . – С. 7.
6. African wolf diet, predation on livestock and conflict in the Guassa mountains of Ethiopia [Текст] / Atickem Anagaw, Simeneh Getachew, Bekele Afework, Mekonnen Tariku, C. Sillero-Zubiri, A. Russell Hill, Stenseth Chr. Nils // African journal of Ecology. – 2016. – 02 December. – P. 632-639.
7. Characteristics of Winter Wolf Kill Sites in the Southern Yellowstone Ecosystem [Текст] / Woodruff, P. Susannah Jimenez, D. Michael, R. Johnson, Timothy // Journal of fish and wildlife management. – 2018. – Volume 9. – Issue. 1. – P. 155-167.
8. Chetri, M. SL and Himalayan wolf: Food habits and prey selection in the Central Himalayas Nepal [Текст] / M. Chetri, M. Odden, P. Wegge // PloS One. – 2017. – 12 (2). – February 8.

9. Conflict Misleads Large Carnivore Management and Conservation: Brown Bears and Wolves in Spain [Tekst]/Alberto Fernández-Gil, Javier Naves, Andrés Ordiz, Mario Quevedo, Eloy Revilla, Miguel Delibes // PLoS One. – 2016. – 11 (3). – March 14.
10. Dominik, M. Combining human acceptance and habitat suitability in a unified socio-ecological suitability model: a case study of the wolf in Switzerland [Tekst] / M. Behr Dominik, Ozgul Arpat, Cozzi Gabriele // Journal of Applied Ecology. – 2017. – February 16. – P. 1919-1929.
11. Eriksson, Therese. Identifying potential areas for an expanding wolf population in Sweden [Tekst] / Therese Eriksson, Fredrik Dalerum // Biological conservation. – 2018. – Vol. 220. – P. 170-181.
12. Estimation of pack density in grey wolf (*Canis lupus*) by applying spatially explicit capture-recapture models to camera trap data supported by genetic monitoring [Tekst]/ Luca Mattioli, Antonio Canu, Daniela Passilongo et al. // Frontiers in zoology. – 2018. – Volume 15. – № 38.
13. Group composition effects on aggressive interpack interactions of gray wolves in Yellowstone National Park [Tekst]/ A. Kira, Daniel R. Cassidy, Daniel R. MacNulty, Douglas W. Stahler, L. Smith, Mech. David // Behavioral Ecology. – 2015. – Volume 26. – Issue 5. – September-October. – P. 1352-1360.
14. Open Access Acoustic localization at large scales: a promising method for grey wolf monitoring [Tekst]/ Morgane Papin, Julian Pichenot, François Guérol, Estelle Germain // Front Zool. – 2018. – № 15. – P. 11.
15. Papin, Morgane. Acoustic localization at large scales: a promising method for grey wolf monitoring [Tekst] / Morgane Papin, Julian Pichenot, Francois Guerold // Front Zool. – 2018. – 15 (11).
16. Perils of recovering the Mexican wolf outside of its historical range [Tekst]/ A. Eric, Odella James R. Heffelfingerb, Steven S. Rosenstockb, Chad J. Bishopc, Stewart Lileyd, Alejandro González-Bernale, A. Julián // Biological Conservation. – 2018. 01.02. – P. 290-298.
17. Refuge as major habitat driver for wolf presence in human-modified landscapes. [Tekst]/ C. Grilo, P. M. Lucas, A. Fernandez-Gil et al. // Animal conservation. – 2019. – Volume 22. – Issue 1. – P. 59-71.
18. Yonten, Jamtsho Livestock depredation by snow leopard and Tibetan wolf: Implications for herders' livelihoods in Wangchuck Centennial National Park, Bhutan [Tekst]/ Jamtsho Yonten, Katel. Om // Pastoralism Research. Policy and Practice. – 2019. – 22 January.

References

1. Korneev, V. A. Volk (*Canis lupus* L., 1758) i rys' (*Lynx lynx* L., 1758) v zapovednike "Bol'shaya Kokshaga" [Tekst]/ V. A. Korneev, A. F. Mansurov, M. N. Knyazev // Nauchnye trudy Gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bol'shaya Kokshaga". - 2013. - № 6. - P. 235-256.
2. Kudaktin, A. N. Sravnitel'nyy analiz sezonno-stacionnogo razmescheniya volka (*Canis lupus cubanensis* Ognev, 1992) i olenya (*Cervus elaphus caucasicus* Winans, 1914) v Kavkazskom zapovednike [Tekst] / A. N. Kudaktin, Yu. N. Spasovskij, S. I. Udincev // Vestnik ohotovedeniya. - 2012. – Vol. 9. - № 2. - P. 133-142.
3. Haturov, A. M. Reproktivnyy Areal i chislennost' obyknovennogo volka (*Canis Lupus* L) v Kabardino-Balkarskoj respublike: retrospektivnyy analiz i sovremennye tendencii [Tekst] / A. M. Haturov, Yu. A. Kopylov // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. - 2015. - № 2 (64). – P. 262.
4. Chervonnyj, V. V. Osobennosti vzaimootnoshenij volka i dikih kopytnyh na territorii Belgorodskoj oblasti [Tekst] / V. V. Chervonnyj, A. A. Gorbacheva // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. - 2014. - № 3 (174). – Vol. 26. - P. 62-71.
5. Shahmardanov, Z. A. Vozdejstvie hischnikov na dikih kopytnyh i drugih zhivotnyh. [Tekst] / Z. A. Shahmardanov // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. - 2014. - № . - P. 7.
6. African wolf diet, predation on livestock and conflict in the Guassa mountains of Ethiopia [Tekst]/ Atickem Anagaw, Simeneh Getachew, Bekele Afework, Mekonnen Tariku, C. Sillero-Zubiri, A. Russell Hill, Stenseth Chr. Nils // African journal of Ecology. – 2016. – 02 December. – P. 632-639.

7. Characteristics of Winter Wolf Kill Sites in the Southern Yellowstone Ecosystem [Tekst] / Woodruff, P. Susannah Jimenez, D. Michael, R. Johnson, Timothy // Journal of fish and wildlife management. – 2018. – Volume 9. – Issue. 1. – P. 155-167.
8. Chetri, M. SL and Himalayan wolf: Food habits and prey selection in the Central Himalayas Nepal [Tekst] / M. Chetri, M. Odden, P. Wegge // PloS One. – 2017. – 12 (2). – February 8.
9. Conflict Misleads Large Carnivore Management and Conservation: Brown Bears and Wolves in Spain [Tekst] / Alberto Fernández-Gil, Javier Naves, Andrés Ordiz, Mario Quevedo, Eloy Revilla, Miguel Delibes // PLoS One. – 2016. – 11 (3). – March 14.
10. Dominik, M. Combining human acceptance and habitat suitability in a unified socio-ecological suitability model: a case study of the wolf in Switzerland [Tekst] / M. Behr Dominik, Ozgul Arpat, Cozzi Gabriele // Journal of Applied Ecology. – 2017. – February 16. – P. 1919-1929.
11. Eriksson, Therese. Identifying potential areas for an expanding wolf population in Sweden [Tekst] / Therese Eriksson, Fredrik Dalerum // Biological conservation. – 2018. – Vol. 220. – P. 170-181.
12. Estimation of pack density in grey wolf (*Canis lupus*) by applying spatially explicit capture-recapture models to camera trap data supported by genetic monitoring [Tekst] / Luca Mattioli, Antonio Canu, Daniela Passilongo et al. // Frontiers in zoology. – 2018. – Volume 15. – № 38.
13. Group composition effects on aggressive interpack interactions of gray wolves in Yellowstone National Park [Tekst] / A. Kira, Daniel R. Cassidy, Daniel R. MacNulty, Douglas W. Stahler, L. Smith, Mech. David // Behavioral Ecology. – 2015. – Volume 26. – Issue 5. – September-October. – P. 1352-1360.
14. Open Access Acoustic localization at large scales: a promising method for grey wolf monitoring [Tekst] / Morgane Papin, Julian Pichenot, François Guérol, Estelle Germain // Front Zool. – 2018. – № 15. – P. 11.
15. Papin, Morgane. Acoustic localization at large scales: a promising method for grey wolf monitoring [Tekst] / Morgane Papin, Julian Pichenot, Francois Guerold // Front Zool. – 2018. – 15 (11).
16. Perils of recovering the Mexican wolf outside of its historical range [Tekst] / A. Eric, Odel-la James R. Heffelfingerb, Steven S. Rosenstockb, Chad J. Bishopc, Stewart Lileyd, Alejandro González-Bernale, A. Julián // Biological Conservation. – 2018. 01.02. – P. 290-298.
17. Refuge as major habitat driver for wolf presence in human-modified landscapes. [Tekst] / C. Grilo, P. M. Lucas, A. Fernandez-Gil et al. // Animal conservation. – 2019. – Volume 22. – Issue 1. – P. 59-71.
18. Yonten, Jamtsho Livestock depredation by snow leopard and Tibetan wolf: Implications for herders' livelihoods in Wangchuck Centennial National Park, Bhutan [Tekst] / Jamtsho Yonten, Katel. Om // Pastoralism Research. Policy and Practice. – 2019. – 22 January.

Информация об авторах

Будлянский Михаил Александрович, аспирант 3-го года обучения кафедры «Охотоведения и биоэкологии» Федерального Государственного Бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский Государственный Аграрный Университет им. А.А. Ежевского», Институт Управления Природными Ресурсами – факультет охотоведения им. В.Н. Скалона. (РФ, 664038, Иркутская область, Иркутский район, п. Молодежный). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3742-5769>. E-mail: Sinilbek@yandex.ru.

Синилов Александр Михайлович, доцент кафедры «Биология и Охотоведение», Федеральное Государственное Бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный аграрный университет» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), кандидат биологических наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4808-2474>. E-mail: sinilov.a.m@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

УДК. 631.674

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-31

СИСТЕМА КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА ОВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИCOMBINED IRRIGATION SYSTEM AND
EFFICIENCY OF PRODUCTION OF VEGETABLE PRODUCTIONН.Н. Дубенок¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессорА.В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наукВ.М. Гуренко², кандидат сельскохозяйственных наукС.В. Бородычев², инженерN. N. Dubenok², A. V. Mayer², V. M. Gurenko², S. V. Borodicev²¹ РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева² Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Russian State Agrarian University» – Moscow Agricultural
Academy named after K.A. Timiryazeva² Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian research Institute
of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov

Дата поступления в редакцию 11.02.2019

Received 11.02.2019

Дата принятия к печати 27.05.2019

Submitted 27.05.2019

Засушливая зона Российской Федерации занимает значительную территорию. Наряду с хорошей теплообеспеченностью эта территория имеет ряд неблагоприятных факторов, препятствующих получению стабильно высоких урожаев сельскохозяйственной продукции. В основном это недостаточность и неустойчивость увлажнения, часто повторяющиеся засухи, отягощенные суховеями, ветровая и водная эрозии, как следствие, низкое плодородие почв. Несмотря на это, сельское хозяйство в России является основным поставщиком продовольствия. Дальнейшее развитие орошения как одного из основных факторов увеличения объемов и повышения устойчивости сельскохозяйственного производства связано с необходимостью анализа и оценки способов полива сельскохозяйственных культур по влиянию на почвенно-мелиоративное состояние и продуктивность орошаемых земель, экологическую безопасность функционирования агроландшафтов и экономическую эффективность орошаемого земледелия. В настоящее время распространены способы полива, основанные на подаче воды и аккумуляции ее в почве. Способы орошения неравноценны по своему влиянию на фитоклимат, структуру орошаемой почвы, на химические и физические ее свойства, на водный, питательный, тепловой и солевой режимы, на плодородие, а также на механизацию сельскохозяйственных работ и на приемы агротехники орошаемых культур. Ни одна из технологий орошения или технических средств полива не может считаться универсальной, пригодной для всего разнообразия агроландшафтов степной зоны, и поэтому ее надо выбирать с учетом почвенно-климатических и организационных хозяйственных условий конкретных типов местности выбора возделываемой культуры. Не оспаривая факта больших преимуществ капельной системы орошения и стремительного его распространения, оно не может обеспечить поддержание всех оптимальных параметров климатических факторов для роста и развития выращиваемых культур. Капельное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением хорошо решает проблему рельефа, с высокой точностью выдерживает заданные параметры зоны увлажнения и порога предполивной влажности почвы, регулирует фитоклимат поля, поддерживает заданные уровни минерального питания.

The arid zone of the Russian Federation occupies a significant territory. Along with good heat supply, this territory has a number of unfavorable factors that impede the production of consistently high yields of agricultural products. Basically, this is the insufficiency and instability of moisture,

often recurring droughts, aggravated by dry winds, wind and water erosion, as a result of low soil fruiting. Despite this, agriculture in Russia is the main supplier of food. Further development of irrigation, as one of the main factors for increasing the volume and increasing the sustainability of agricultural production, is associated with the need to analyze and evaluate irrigation methods for agricultural crops on the impact on soil-ameliorative status and productivity of irrigated land, the ecological safety of agricultural landscapes and the economic efficiency of irrigated agriculture. Nowadays, methods of pouring water are common, based on the supply of water and its accumulation in the soil. Irrigation methods are not equivalent in their influence on the phytoclimate, the structure of the irrigated soil, on its chemical and physical properties, on the water, nutrient, thermal and salt regimes, on fertility, as well as on the mechanization of agricultural work and on the methods of agro-technology of irrigated crops. Not one of the irrigation technologies or irrigation equipment can be considered universal, suitable for the whole variety of agricultural landscapes of the steppe zone, and therefore should be chosen taking into account the soil-climatic and organizational economic conditions of specific types of terrain of the crop culture. Without disputing the fact of the great advantages of the drip irrigation system and its rapid spread, it cannot ensure the maintenance of all the optimal parameters of climatic factors for the growth and development of the crops grown. Drip irrigation in combination with aerosol moistening well solves the problem of relief, with high accuracy withstands the specified parameters of the wetting zone and the threshold of pre-irrigated soil moisture, regulates the phytoclimate of the field, maintains the specified levels of mineral nutrition.

Ключевые слова: комбинированная система, капельное орошение, аэрозольное увлажнение, продуктивность, фитоклимат, экономическая эффективность.

Key words: combined system, drop irrigation, aerosol moistening, productivity, plant climate, economic efficiency.

Цитирование. Дубенок Н.Н., Майер А.В., Гуренко В.М., Бородычев С.В. Система комбинированного орошения и эффективность производства овощной продукции. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 253-265. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-31.

Citation. Dybenok N. N., Mayer A. V., & Gurenko V. M., Borodichev S. V. Combined irrigation system and efficiency of production of vegetable production *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 253-265. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-31.

Введение. На современном этапе энергетические и экологические проблемы определяют необходимые требования к гидромелиоративным системам орошения, при создании которых возникает обоснованность снижения негативного воздействия способов орошения на окружающую среду и сельское хозяйство в целом. В комплексе различных мелиоративных ирригационных мероприятий важную роль в решении поставленных задач занимает разработка и создание принципиально новых агротехнических средств и технологий в системе «почва – агротехника – орошение».

Экономика сельского хозяйства в Российской Федерации, как и за рубежом, ориентируется на получение максимальной прибыли. В области орошаемого земледелия это выражается в использовании стационарной и передвижной поливальной техники. Большое внимание уделяется малоинтенсивным и малообъемным способам орошения [11, 1, 13, 15, 14].

В аграрных регионах Российской Федерации продуктивность каждого орошаемого гектара в среднем в 2...3 раза выше неорошаемого, потенциал ее использования на уровне 40-60 %. Удельный вес поливных земель для стабилизации растениеводства и экономии в целом должен составлять 10-20 % пашни (на сегодняшний период не более 5 %). При повышении этого показателя на 50 % орошение из категории стабилизирующей переходит в отрасль, определяющую развитие экономики сельскохозяйственного развития региона [1, 2, 7].

Обеспечение такого подъема орошаемого земледелия в России невозможно без широкого внедрения оросительных систем нового поколения, в основе которых должны быть заложены показатели высокой их продуктивности, надежности экономичности, энергетической безопасности, адаптивности к природным ресурсам и формам хозяйствования. Простота обслуживания при минимуме трудозатрат в сочетании с развитием технологий различных уровней программируемых урожаев сельскохозяйственных культур приведет к положительным результатам. В связи с этим в настоящее время на предприятиях агропромышленного комплекса России большое значение придается выбору экологически безопасных и экономически эффективных технологий и технических средств полива. В значительной степени этим требованиям отвечают дождевание, внутрисочечное, капельное и аэрозольное орошение [3, 5, 8].

В исследованиях, проведенных в нашей стране и за рубежом, применение ресурсосберегающих способов полива связано с множеством нерешенных вопросов, касающихся техники и технологии дождевания, внутрисочечного, капельного и аэрозольного увлажнения (В.О., К.О., А.У.). Наряду с многочисленными преимуществами этих способов орошения существуют недостатки, которые препятствуют их широкому внедрению.

Одним из существенных недостатков гидромелиоративных систем внутрисочечного и капельного орошения применительно к решаемой проблеме является тот факт, что не до конца используется их технологический потенциал. Понижение температуры и повышение влажности воздуха при К.О. и В.О. возможно только при их сочетании с микро- дождеванием или при выпадении атмосферных осадков, т.е. на определенный или незначительный период времени в зависимости от погодных условий. Без совмещения комбинаций малообъемных способов полива в одной оросительной системе невозможно принудительно регулировать микроклимат в приземном слое воздуха обрабатываемого массива при возделывании сельскохозяйственных культур. При комбинированном орошении появляется возможность проводить в корневую и внекорневую подкормку растений микро- и макроэлементами, вести борьбу с сельскохозяйственными вредителями и болезнями непосредственно через элементы аэрозольного увлажнения в сочетании с капельным и внутрисочечным орошением. В зонах рискованного земледелия при игнорировании такого подхода к возделыванию сельскохозяйственной продукции зачастую приводит к значительной потере урожая [3, 4, 9].

Одним из новых способов орошения сельскохозяйственных культур, позволяющих регулировать водный режим и фитоклимат, является комбинированное орошение, т.е. сочетание малообъемных способов орошения с аэрозольным увлажнением. Такая взаимосвязь аэрозольного увлажнения совместима и с дождевальными способами полива [4, 6, 13].

Способ аэрозольного увлажнения отличается от других видов орошения тем, что капли воды, распыленные до 600...800 микрон, за определенный промежуток времени покрывают полностью всю листовую поверхность растения или многолетнего насаждения. Распределенная по листовому покрову вода, испаряясь, снижает температуру листового покрова и увеличивает влажность приземного слоя воздуха.

Материалы и методы. В соответствии с поставленными задачами были заложены два полевых опыта и проведены лабораторные исследования в Волгоградском филиале ГНУ ВНИИГиМ и фермерском хозяйстве «САДКО» Дубовского района Волгоградской области.

Опыты проводились с тремя овощными культурами: на посадках перца сорта Подарок Молдовы, томата сорта Дары Заволжья и баклажана сорта Алмаз.

В первом опыте определялся оптимальный режим работы аэрозольного увлажнения.

Во втором опыте определялась эффективность работы комбинированного орошения. Опыт предусматривал два варианта.

В варианте 1 использовалась система капельного орошения и аэрозольного увлажнения. Режим предполивной влажности почвы поддерживался на уровне 80 % наименьшей влагоемкости (НВ), на протяжении вегетации изучаемых овощных культур в слое почвы 0,5 м. Уровень питательного режима поддерживался внесением минеральных удобрений: на томатах дозой $N_{110}-P_{100}-K_{40}$, рассчитанной на получение урожая 80 т/га; на перцах – $N_{85}-P_{90}-K_{30}$, рассчитанной на урожай 40 т/га; на баклажанах – $N_{140}-P_{150}-K_{90}$, рассчитанной на получение урожая 60 т/га.

В варианте 2 использовалась система капельного орошения с идентичными параметрами поддержания режима предполивной влажности почвы и уровнем минерального питания.

В первом опыте решалась задача определения режима времени работы распылительных насадок за одно увлажнение и межувлажнительный период следующий за предыдущим по часам суток. При отработке вариантов определили время работы комбинированной системы орошения от полного смачивания листа до стекания капли и приняли усредненное значение – 40 секунд.

Время работы распылительных насадок зависит от следующих факторов: температуры и влажности воздуха, скорости ветра, интенсивности солнечной радиации (время суток). В зависимости от прогноза погоды устанавливались следующие режимы: при температуре от 25 до 30° пауза между включениями соответствовала 60 минут, при 31... 35° – пауза 40 минут, при 36° и более – пауза 20 минут. Максимальное время работы аэрозольной установки – 10 часов. Продолжительность работы в течение дня с 9 до 19 часов.

Для разработки элементов конструкции капельного орошения и аэрозольного увлажнения были созданы экспериментальные системы комбинированного орошения, т.е. на основе капельного орошения нами разработаны комплектующие узлы и конструктивные элементы для осуществления аэрозольного увлажнения непосредственно в сочетании с капельным поливом, так и без него, т.е. самостоятельно.

Опыты были заложены по следующей схеме:

1 вариант – система капельного орошения (контроль);

2 вариант – система капельного орошения и аэрозольного увлажнения;

3 вариант – система капельного орошения и аэрозольного увлажнения с параллельным участковым трубопроводом;

4 вариант – система капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением с отдельными независимыми поливными трубопроводами (рисунок 1).

В данной системе опыта в качестве контроля используется система капельного орошения без аэрозольного увлажнения (В-1).

Во втором варианте объединены два способа полива: капельное орошение и аэрозольное увлажнение, где узел установки аэрозольного увлажнения вмонтирован в каждый трубопровод, по схеме 3х4 (м), в шахматном порядке. Все поливные трубопроводы присоединены к единому, общему распределительному трубопроводу.

В третьем варианте в системе орошения предусматривается дополнительный, проложенный параллельно капельному распределительному трубопроводу участковый распределительный трубопровод для осуществления аэрозольного увлажнения. Схема расстановки стоек для крепления распылителей 3х4 (м).

В четвертом варианте системы капельного орошения и аэрозольного увлажнения в один из капельных поливных трубопроводов вмонтировано устройство для проведения аэрозольного увлажнения. Поливные капельные трубопроводы присоединяются к общему участковому трубопроводу.

На всех вариантах опыта рельеф, почвенные, гидрологические условия, микроклимат и воздушный режим были идентичными. Для исключения почвенных разностей при отборе почвенных и растительных образцов была соблюдена трехкратная повторность каждого варианта. Общая площадь опытного участка – 1,25 га, площадь каждого варианта – 0,25 га. Анализируя результаты предыдущих исследований по возделыванию сельскохозяйственных культур на капельном орошении [11, 12, 13, 15], был выбран оптимальный предполивной порог влажности почвы для капельного орошения 80 % НВ. Расчетный слой увлажнения почвы 0,6 м.

Аэрозольное увлажнение проводили на фоне капельного орошения стационарной системой орошения в жаркие и сухие дни вегетационного периода при температуре воздуха выше 25 °С.

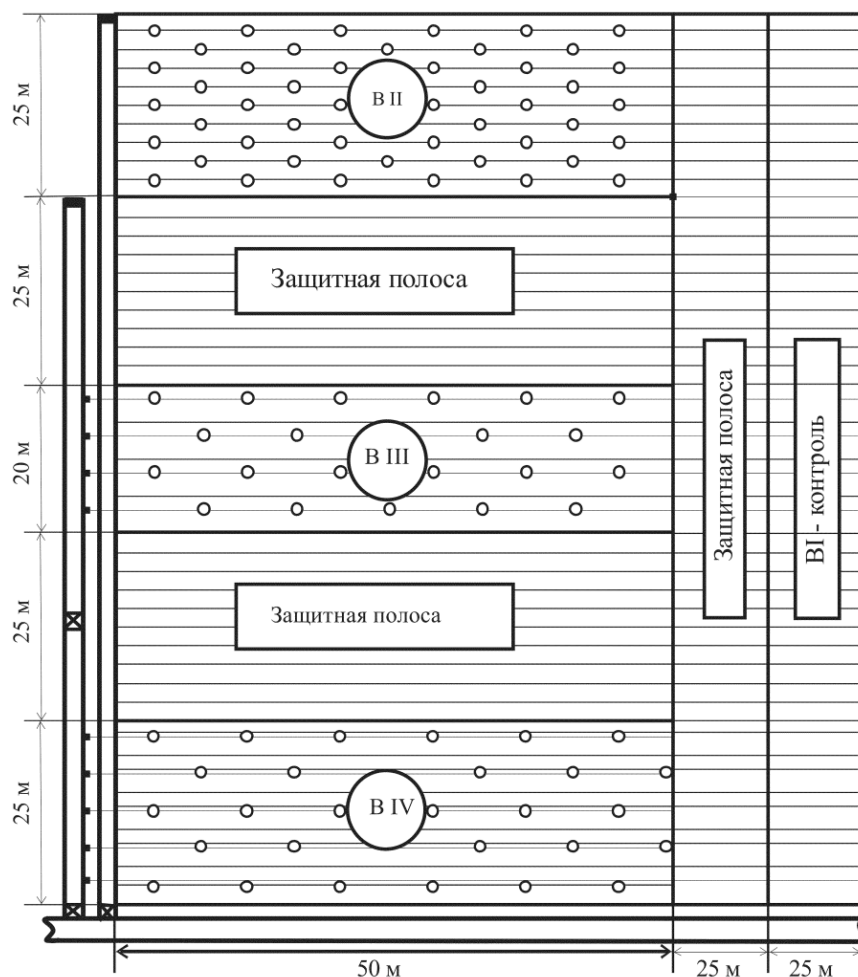


Рисунок 1 – Схема сочетания комбинированных систем орошения по вариантам опыта

Для объективной оценки результатов исследований опыты закладывались в соответствии с общепринятыми методиками. Разработка комбинированной системы орошения проводится на основании обобщения опыта НИОКР, исследованиях, проводимых в ВНИИГиМ и крестьянско-фермерских хозяйствах Волгоградской области.

Экономическая и энергетическая оценка вариантов опыта проводилась в соответствии с требованиями методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов (Шумаков Б.Б., Медведев Г.А., Иванов В.М.).

Температура воздуха в июле и августе в приземном слое достигала 37... 40 градусов. Относительная влажность воздуха опускалась до 15 % и ниже, что неблагоприятно отражалось на вегетации посева. По нашему мнению, недооценено пагубное влияние почвенного перегрева в зоне жаркого климата. Температура почвы летом на глубине 5... 10 сантиметров может повышаться до 40 градусов, в то время как уже при 35 градусах у томатов происходит частичная денатурация белков. Особенно страдает место перехода стебля в корень, находящееся в зоне наиболее высокой температуры. Ослабление корневой системы делает растения неустойчивыми к воздействию болезнетворных организмов. У растений поражается проводящая система, вызывая инфекционное увядание растений, что полностью подтвердилось в проведенном нами опыте.

Результаты и обсуждение. На испытываемом участке с применением аэрозольного увлажнения в сравнении с участком на капельном орошении количество заболевших растений было гораздо меньше, вегетативная масса более развита и, как следствие, урожайность выше (таблица 1).

Таблица 1 – Структурный анализ продуктивности овощных культур по вариантам опыта

Показатель продуктивности	Томаты		Баклажаны		Перец	
	Капельное орошение	Комбинированное орошение	Капельное орошение	Комбинированное орошение	Капельное орошение	Комбинированное орошение
Фотосинтетический потенциал, тыс. м ² /га	4140	4250	3610	3873	3450	3685
Средний вес плодов, г	124	135	171	178	85	92
Биологический урожай, т/га	78	83	59	68	38	49
Товарный урожай, т/га	59	78	52	61	27	43

На варианте капельного орошения запланированного биологического урожая достигли только баклажаны. Показатели товарного урожая были гораздо хуже из-за возникновения заболеваний, связанных со стрессовыми проявлениями климатических условий. Потери урожая у томатов произошли из-за солнечного ожога и появления во второй половине вегетации микроплазменного заболевания столбура. У баклажанов потери частично произошли из-за увядания, а также необычно жаркого лета, которое спровоцировало интенсивное развитие паутинного клеща. Недобор урожая у перца вызвали такие болезни, как увядание и вершинная гниль плодов (таблица 2).

Таблица 2 – Заболевания растений овощной продукции по вариантам опыта (% от общего количества растений)

Наименование заболеваний	Томаты		Баклажаны		Перец	
	Капельное орошение	Комбинированное орошение	Капельное орошение	Комбинированное орошение	Капельное орошение	Комбинированное орошение
Солнечный ожог	14	2,7	3,4	2,1	5,6	1,7
Увядание	-	-	7,6	7,1	8,2	5,4
Вершинная гниль	2,2	0,1	-	-	14,5	6,9
Столбур	7,8	5,2	-	-	-	-

Применение капельного орошения с аэрозольным увлажнением оказывает позитивное воздействие не только на формирование вегетативной и корневой массы, но и на урожайность овощных культур.

На варианте комбинированного орошения все возделываемые культуры достигли уровня запрограммированного биологического урожая. Товарный урожай при капельном орошении в сочетании с аэрозольным увлажнением оказался несколько ниже в сравнении с биологическим урожаем. По томатам он составил 94 %, по баклажанам – 90 %, по перцу – 84 %.

Известно, что применение аэрозольного увлажнения позволяет резко повысить урожайность картофеля, хмеля, кукурузы и др. культур [11, 4]. Однако эффективное его применение сдерживается отсутствием технических средств и конструктивных разработок.

В соответствии с поставленной целью программой исследований предусматривалось решение следующих задач:

- разработать требования к системам комбинированного орошения для осуществления капельного орошения и аэрозольного увлажнения;
- исследовать параметры их рабочих органов;
- установить затраты оросительной воды и суммарное водопотребление при этих способах орошения;
- определить влияние аэрозольного увлажнения на фитоклимат посевов;
- выявить экономически эффективные сочетания регулируемых факторов для формирования планируемых урожаев овощных культур на капельном орошении в сочетании с аэрозольным увлажнением.

Разработаны и исследованы новые конструкции системы комбинированного орошения, установлены ее рабочие параметры с целью реализации применения аэрозольного увлажнения и капельного орошения при возделывании овощных культур, технология проведения капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением, обеспечивающая существенное влияние на фитоклимат поля.

Существуют погодные факторы, которые система капельного орошения не может контролировать или плохо контролирует: температура и влажность приземного слоя воздуха, температура верхних слоев почвы. Эти важные экологические факторы успешно управляются системой аэрозольного увлажнения. Аэрозольное увлажнение может значительно повышать влажность приземного слоя воздуха. За счет мелкого распыла воды и испарения создается диспергированное облако, которое является экраном, рассеивающим прямые солнечные лучи, и частично снижает интенсивность солнечной радиации. При работе комбинированной системы орошения транспирация снижает температуру приземного слоя воздуха и листьев на 3-6 °С. Эффективность контроля этих факторов находится в зависимости от амплитуды колебаний сложившихся погодных условий на конкретной местности.

В условиях жаркого сухого климата применение аэрозольного увлажнения растений эффективно отражается на возделывании овощных культур, таких как сладкий перец, баклажаны и томаты. Для экологических условий южных регионов России, в частности Нижнего Поволжья, это особенно актуально.

Исследованиями выявлено, что для устранения неблагоприятных явлений и достижения максимального контроля над основными экологическими факторами, определяющими урожайность, качество и, в конечном итоге, эффективность производства сельскохозяйственной продукции, возникла необходимость объединения двух прогрессивных систем в одну технологическую систему, которая будет обладать максимальным потенциалом поддержания оптимальных режимов целого ряда факторов, влияющих на микроклимат и продуктивность сельскохозяйственных культур. Перспектива такой комбинированной системы весьма актуальна. Такое направление в разработке оросительных технологий в условиях открытого грунта, где преобладают засухи и суховеи, можно однозначно отнести к инновационным поливным системам. Эта система орошения позволит максимально оптимизировать тепловой, водный и воздушный режимы в системе «почва – растение – атмосфера».

Система капельного орошения (СКО) – это комплекс различных технологических и конструктивных звеньев, узлов и отдельных деталей, взаимосвязанных водозабором, фильтровальной станцией, гидроподкормщиком и системой трубопроводной поливной сети, последним звеном которой является капельница. Ресурсосбережение поливной воды достигается ее рациональным расходом локального характера увлажнения ограниченного объема почвы, исключая расходование воды на смачивание поверхности междурядий.

Аэрозольное увлажнение. При выращивании овощной продукции требуются определенные водно-воздушный и тепловой режимы. Повышение температуры выше обусловленного оптимального физиологического предела возделываемых растений приводит к необратимым изменениям в их организме (Физиология растений т. 7). Длительное воздействие высокой температуры на растения может привести к частичной или полной потере урожая. Для каждой культуры установлены благоприятные условия и интервалы температурного оптимума, в которых при определенных запасах влаги в почве обеспечивается получение устойчивых урожаев возделываемых культур. Поливы для увлажнения поверхности листового покрова растений проводятся при скорости ветра не более 7 м/с. Температура оросительной воды колеблется в пределах 3...30 °С. В жаркие температурные периоды орошение обеспечивает необходимое увлажнение всего посева при проведении полива с интервалом 0,20...2 ч в зависимости от суточной температуры воздуха. Норма разового увлажнения на стационарных системах комбинированного орошения в зависимости от давления в поливных трубопроводах составляет 30...45 л/ч/га. Диаметр капель не должен превышать 600...800 микрон. Разовую норму полива определяют непосредственно в полевых условиях, которая представляет количество воды, удерживающейся на листьях растений до скатывания водяных капель. Полное испарение капель распыленной воды с листовой поверхности в зависимости от температуры воздуха наблюдается через 15...35 минут.

В весенний период, когда возникает опасность пагубного воздействия ночных или утренних заморозков, аэрозольное увлажнение актуально применять и как средство борьбы с заморозками, которые зачастую приводят к частичной, а иногда и к полной гибели урожая. При использовании аэрозольного орошения мелкодиспергированная жидкость, оседая на листовую поверхность листьев, замерзает и, как следствие, энергия фазового перехода повышает температуру растения, замерзшие капли образуют на поверхности растений пористую структуру льда, которая в конечном итоге защищает растение от возникающих от перепада температур заморозков.

Аэрозольное увлажнение успешно применяется против вредителей сельскохозяйственных посевов и паразитов. С его помощью при наличии в системе орошения гидроподкормщика возможно осуществление внекорневых и ростовых подкормок, проведение удобрительных поливов. Питательный режим рассчитывается с учетом биологического развития растений. Проведенный анализ вышеизложенного материала показывает, что каждый способ орошения имеет свои преимущества и свои недостатки. Усовершенствование, ввод в эксплуатацию новых комплектующих конструктивных узлов в систему капельного орошения определило для нас первостепенные задачи при разработке инновационной системы для объединения малообъемных способов орошения, для осуществления комбинированных поливов.

В предложенной нами комбинированной стационарной системе на данном этапе были совмещены два способа: капельное орошение и аэрозольное увлажнение. Такая комбинированная система орошения позволит проводить вегетационные поливы для поддержания необходимых порогов наименьшей влагоемкости возделываемых сельскохозяйственных культур капельным орошением и оказывать дополнительное влияние на фитоклимат растений при помощи аэрозольного увлажнения.

Биоэнергетическая и экономическая эффективность технологии возделывания овощных культур. Разработка ресурсосберегающей технологии выращивания овощей с минимальными затратами и максимальным ее производством в условиях южных регионов России является одной из основных задач науки. Наиболее приемлемым методом анализа производства овощей в условиях инфляции является их агроэнергетическая оценка, где используется универсальный энергетический показатель – отношение аккумулированной продукции в затраченной на ее получение энергии. Это дает возможность в любых экономических ситуациях наиболее точно учесть и единообразно выразить не только прямые затраты энергии на технологию, но и энергию, воплощенную в средства производства произведенной продукции. В наших исследованиях затраты антропогенной энергии при возделывании овощей определены по технологическим картам, затратами горючего, электроэнергии на основании энергетических эквивалентов сельскохозяйственной техники, минеральных удобрений, трудовых и энергетических ресурсов.

Расчеты коэффициентов биоэнергетической эффективности производили по формулам:

$$\eta_1 = \frac{V \cdot f_4}{Q \cdot f}; \eta_2 = \frac{V \cdot f}{Q \cdot f},$$

где η_1 – отношение энергии, полученной в хозяйственно-ценной части урожая (Vf_4), к израсходованной совокупной энергии (Qf) на производство f вид продукции растениеводства, относительные единицы; η_2 – отношение энергии, полученной в хозяйственно-ценной части урожая и побочной продукции (vf), к израсходованной совокупной энергии (Qf). Относительные единицы.

Эти коэффициенты показывают, во сколько раз энергия, содержащаяся в урожае сельскохозяйственных культур, больше энергии, вложенной в технологический процесс возделывания и уборки этих культур. С энергетической точки зрения технология считается эффективной, если при планируемом уровне урожайности сельскохозяйственных культур обеспечивается следующее условие:

$$\eta_1 > 1; \eta_2 > 1.$$

Согласно методикам мы пользовались следующими коэффициентами содержания общей энергии в одном килограмме сухого вещества овощей – 1460 МДж.

Проведенная оценка биоэнергетической эффективности технологии возделывания овощей при аэрозольном орошении показала, что разница в затратах совокупной энергии между вариантами объясняется разницей в урожайности.

При большей урожайности возникали дополнительные затраты, связанные с уборкой и транспортировкой дополнительной продукции. В энергии на основные средства более 90 % составляют затраты на транспортировку урожая и проведение поливов.

Критерием оценки энергетической эффективности являются биоэнергетические коэффициенты η_1 и η_2 (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка биоэнергетических показателей эффективности овощей при капельном орошении в сочетании с аэрозольным увлажнением

Культура	Капельное орошение		Капельное орошение сАУ	
	η_1	η_2	η_1	η_2
Томаты	1,20	2,04	1,24	2,11
Баклажаны	1,33	2,26	1,37	2,33
Сладкий перец	1,34	2,28	1,38	2,35

Анализ полученных данных позволяет заключить, что технология комбинированного орошения (капельное+аэрозольное) имеет высокие показатели энергетической эффективности. Улучшение водного режима возделываемых овощей и фитолимата

посева сопровождается значительным повышением энергетической эффективности и благотворно влияет на рост и развитие растений, что, в конечном счете, приводит к увеличению урожая и качеству овощной продукции.

Оценка экономической эффективности (таблицы 4, 5, 6) возделывания овощей проводилась с учетом затрат и монтажа системы капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением с учетом амортизационных отчислений.

Таблица 4 – Экономическая оценка сравнительных показателей возделывания томатов при различных способах орошения

Показатель, га	Капельное орошение	Капельное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением
Площадь, га	1	1
Урожайность, т/га	80	100
Капитальные вложения в расчете на 1 га, тыс. руб.	165	205
Затраты на выращивание и реализацию продукции на 1 га, тыс. руб.	47,2	50,4
В том числе без амортизационных отчислений на 1 га, тыс. руб.	29	29
Выручка от реализованной продукции с 1 га, тыс. руб.	320	400
Прибыль на 1 га, тыс. руб.	88,8	115,6
Себестоимость 1 т руб.	587	504
Рентабельность, %	180	223

Таблица 5 – Экономическая оценка сравнительных показателей возделывания сладкого перца при различных способах орошения

Показатель	Капельное орошение	Капельное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением
Площадь, га	1	1
Урожайность, т/га	38	46
Капитальные вложения в расчете на 1 га, тыс. руб.	160	200
Затраты на выращивание и реализацию продукции на 1 га, тыс. руб.	46,8	50
В том числе без амортизационных отчислений на 1 га, тыс. руб.	29	29
Выручка от реализации продукции тыс. руб./ га	256	368
Себестоимость 1 ц, руб.	123	109
Прибыль всего, тыс. руб.	180,2	283

Таблица 6 – Экономическая оценка сравнительных показателей возделывания баклажанов при различных способах орошения

Показатель	Капельное орошение	Капельное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением
Площадь, га	1	1
Урожайность, т/га	52	61
Капитальные вложения в расчете на 1 га, тыс. руб.	160	200
Затраты на выращивание и реализацию продукции на 1 га, тыс. руб.	46,5	49,8
В том числе без амортизационных отчислений на 1 га, тыс. руб.	27,9	28,8
Выручка от реализации продукции на 1 га, тыс. руб.	368	398,4
Себестоимость 1 ц, (руб.).	89	81

Заключение. Оценка основных показателей экономической эффективности напрямую зависит от формирования ценовой политики рыночных отношений, от реализации готовой продукции. Анализ проведенных нами исследований позволил выявить и сравнить объективные энергетические и экономические показатели при капельном и комбинированном орошении. Подтверждена рентабельность производства капельного орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением. Вложенные инвестиции в разработку конструктивных элементов при создании комбинированной системы орошения окупаются уже за один минимум за два года эксплуатации системы. Дальнейшие исследования нам позволят усовершенствовать функциональные возможности комбинированной системы орошения, введя в эксплуатацию дополнительные функции для осуществления поливов омагниченной водой и при необходимости насыщать ее углекислым газом, для обеспечения развития и жизнедеятельности растений, что, несомненно, скажется на урожайности и качестве возделываемой сельскохозяйственной продукции.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа [Текст]/ В.В. Бородычев, И.И. Конторович, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5-6. – С. 8-10.
2. Бочарников, В.С. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения [Текст] /В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков// Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2014. – № 4. – С. 54.
3. Васильев, С.М. Технические средства капельного орошения [Текст]/С. М. Васильев, Т.В. Коржова, В.Н. Шкура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 3. – С. 159.
4. Добрачев, Ю.П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности [Текст]/ Ю.П. Добрачев, А.П. Соколов // Природоустройство. – 2016. – № 3. – С. 90-96.
5. Дубенок, Н.Н. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур [Текст]/ Н.Н. Дубенок, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1. – С. 9-19.
6. Дубенок, Н.Н. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений [Текст]/ Н.Н. Дубенок, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2. – С. 43-51.
7. Кизяев, Б.М. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении [Текст]/ Б.М. Кизяев, В.И. Кременской, В.В. Бородычев// Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 18-21.
8. Курбанов, С.А. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания [Текст]/ С.А. Курбанов, А.В. Майер // Проблемы развития АПК региона. – 2012. – № 3. – С. 5-9.
9. Майер, А.В. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения/ А.В. Майер, В.С. Бочарников, Е.А. Долгополова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 1. – С. 150-155.
10. Майер А. В. Технические средства и технология комбинированного орошения /А.В. Майер, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2. – С. 3-8.
11. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №4. – С. 21-28.
12. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом [Текст]/ А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.М. Гуренко// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 3. – С. 6-12.

13. Angold, Ye. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology/ Ye. V. Angold, V.A. Zarkov // Water Supplu. – 2014. – Issue 14-15. – P. 841-849.
14. Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayas during StratoClim / S. Brunamonti, T. Jorge, P. Oelsner, S. Hanumanthu, B. B. Singh, K. Ravi Kumar, T. Peter // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2018. – №18. – P. 21-29. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.
15. Pross, S. Komplentingmikro-irigaziontehnologu with ivprjvtdirigazionmanagement based on krop and soil parameters / S. Pross, B.Sutton, M. Batamm //Inter Water irrigate. – 2008. – Vol. 23. – №4. – P. 300-330.

References

1. Borodychev, V. V. Nauchnye razrabotki VF VNIIGiMa [Tekst]/ V. V. Borodychev, I. I. Kontorovich, M. N. Lytov //Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2014. - № 5-6. - P. 8-10.
2. Bocharnikov, V. S. Novye priemy vozdeleyvaniya ovoschnyh kul'tur v sisteme vodos-beregayuschego orosheniya [Tekst] /V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov// Ovoshevodstvo i teplichnoe hozyajstvo. - 2014. - № 4. - P. 54.
3. Vasil'ev, S. M. Tehnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya [Tekst]/S. M. Vasil'ev, T. V. Korzhova, V. N. Shkura // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2017. - № 3. - P. 159.
4. Dobrachev, Yu. P. Modeli rosta i razvitiya rastenij i zadacha povysheniya urozhajnosti [Tekst]/ Yu. P. Dobrachev, A. P. Sokolov // Prirodoustrojstvo. - 2016. - № 3. - P. 90-96.
5. Dubenok, N. N. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'sko-hozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/ N. N. Dubenok, A. V. Majer // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 1. - P. 9-19.
6. Dubenok, N. N. Kombinirovannaya gidromeliorativnaya sistema dlya orosheniya sadovyh nasazhdenij [Tekst]/ N. N. Dubenok, A. V. Majer // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 2. - P. 43-51.
7. Kizyaev, B. M. Jefferktivnost' mineral'nogo pitaniya ovoschnyh kul'tur pri kapel'nom oroshenii [Tekst]/ B. M. Kizyaev, V. I. Kremenskoj, V. V. Borodychev// Plodorodie. - 2016. - № 5. - P. 18-21.
8. Kurbanov, S. A. Issledovanie sistemy kapel'nogo orosheniya i melkodispersnogo dozhdvaniya [Tekst]/ S. A. Kurbanov, A. V. Majer // Problemy razvitiya APK regiona. - 2012. - № 3. - P. 5-9.
9. Majer, A. V. Razrabotka tehniceskikh sredstv i metod opredeleniya intervala vremeni mezhdu uvlazhneniyami v sisteme kombinirovannogo orosheniya/ A. V. Majer, V. S Bocharnikov, E. A. Dolgopolova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - № 1. - P. 150-155.
10. Majer A. V. Tehnicheskie sredstva i tehnologiya kombinirovannogo orosheniya /A. V. Majer, V. S Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - № 2. - P. 3-8.
11. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitel'nyh algoritmov [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - №4. - P. 21-28.
12. Perspektivnaya sistema upravleniya vodnym rezhimom pochvy i mikroklimatom [Tekst]/ A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov, V. M. Gurenko// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - №3. - P. 6-12.
13. Angold, Ye. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology/ Ye. V. Angold, V.A. Zarkov // Water Supplu. - 2014. - Issue 14-15. - P. 841-849.
14. Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayas during StratoClim / S. Brunamonti, T. Jorge, P. Oelsner, S. Hanumanthu, B. B. Singh, K. Ravi Kumar, T. Peter // Atmospheric Chemistry and Physics. - 2018. - №18. - P. 21-29. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.
15. Pross, S. Komplentingmikro-irigaziontehnologu with ivprjvtdirigazionmanagement based on krop and soil parameters / S. Pross, B.Sutton, M. Batamm //Inter Water irrigate. - 2008. - Vol. 23. - №4. - P. 300-330.

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов» Российского государственного агроуниверситета–Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (РФ 127550 Москва ул. Тимирязевская 49, доктор сельскохозяйственных наук, т. 89857544488.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>. E-mail: n.dubenok@mail.ru

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костюкова (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, т.89053378678.

ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Гуренко Владимир Михайлович, старший научный Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, т.89297814779.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4746-4999>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Бородычев Сергей Викторович, инженер Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), т. 88442266605.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2650-1092>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 547:548.736:620.193

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-32

ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

INHIBITOR OF METAL CORROSION FOR USE DURING REPAIRING AUTOMOTIVE EQUIPMENT

Н.В. Бышов¹, доктор технических наук, профессор

С.Д. Полищук¹, доктор химических наук, профессор

И.В. Фадеев², кандидат технических наук, доцент

Ш.В. Садетдинов³, доктор химических наук, профессор

N.V. Byshov¹, S.D. Polischuk¹, I.V. Fadeev², Sh. V. Sadetdinov³

¹Рязанский агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Рязань

²Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары

³Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

¹Ryazan Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva, Ryazan,

²Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Cheboksary,

³Chuvash State University named after I.N. Ulyanova, Cheboksary

Дата поступления в редакцию 31.03.2019
Received 31.03.2019

Дата принятия к печати 31.05.2019
Submitted 31.05.2019

Применяемые в настоящее время для мойки деталей при ремонте узлов и агрегатов автотракторной техники синтетические моющие средства (СМС) нуждаются в улучшении их противокоррозионных свойств. Используемые в составе СМС для этих целей хроматы опасны для здоровья человека и окружающей среды, относятся ко второму классу опасности, поэтому их желательно заменить на экологически чистые ингибиторы коррозии, например соединения бора. Методом физико-химического анализа было установлено образование нового боратно-азотного соединения в системе «борная кислота – имидазол – вода» при 25 °С. Состав получен-

ного соединения соответствует общей химической формуле $C_3H_4N_2 \cdot H_3BO_3 \cdot 2H_2O$ (боратимидазол). Установлено, что боратимидазол обладает наибольшим ингибирующим действием по сравнению с борной кислотой и имидазолом и служит ингибитором преимущественно анодной активности. Полученные данные позволяют рекомендовать боратимидазол в качестве эффективной противокоррозионной присадки к различным синтетическим технологическим средствам, применяемым для мойки деталей, узлов и агрегатов в технологических процессах ремонта автотракторной техники. Предварительные коррозионные испытания показали хорошие защитные свойства бората натрия особенно при высоких температурах, которые реализуются в процессе мойки деталей при ремонте узлов и агрегатов автотракторной техники. При $Singh\ 1 \cdot 10^{-2}$ моль / л наблюдается резкое снижение скорости процесса коррозии. На поверхности стали образуется пленка. Электрохимическими исследованиями установлено, что борат натрия является ингибитором коррозии смешанного анодно-катодного действия. При этом борат натрия способствует смещению потенциала незаряженной поверхности стали в положительную сторону, проявляя катионоактивный характер действия, а повышение его адсорбционной способности объясняется хемосорбцией с поверхностью стали.

Synthetic detergents currently used for cleaning parts during the repair of components and assemblies of automotive engineering require improvement of their anti-corrosion properties. Used in the composition of synthetic detergents for these purposes, chromates are dangerous to human health and the environment, belong to the second class of danger, so it is desirable to replace them with environmentally friendly corrosion inhibitors, for example, boron compounds. Using the method of physicochemical analysis, the formation of a new borate-nitrogen compound in the boric acid – imidazole – water system at 25 ° C was established. The composition of the obtained compound corresponds to the general chemical formula $C_3H_4N_2 \cdot H_3BO_3 \cdot 2H_2O$ (borathymidazole). It was established that borathimidazole has the greatest inhibitory effect compared with boric acid and imidazole and serves as an inhibitor of predominantly anodic activity. The obtained data allows us to recommend boratimidazole as an effective anticorrosive additive to various synthetic technological tools used for cleaning parts, components and assemblies in technological processes of repair of automotive equipment. Preliminary corrosion tests showed good protective properties of sodium borate, especially at high temperatures, which are implemented in the process of washing parts during the repair of components and assemblies of automotive engineering. When $Singh\ 1 \cdot 10^{-2}$ mol / l, a sharp decrease in the rate of the corrosion process is observed. A film forms on the surface of the steel. Electrochemical studies have established that sodium borate is a corrosion inhibitor of mixed anodic-cathodic action. In this case, sodium borate contributes to the displacement of the potential of the uncharged steel surface in a positive direction, showing the cationic nature of the action, and the increase in its adsorption capacity is explained by chemisorption with the steel surface.

Ключевые слова: ремонт автотракторной техники, мойка деталей, ингибитор коррозии, борная кислота, борат натрия, имидазол, боратимидазол, скорость коррозии, коэффициент торможения, степень защиты.

Key words: repair of automotive equipment, elements cleaning, corrosion inhibitor, boric acid, sodium borate, imidazole, borathymidazole, corrosion rate, drag coefficient, degree of protection.

Цитирование. Бышов Н.В., Полищук С.Д., Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 265-275. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-32.

Citation. Byshov, N.V., Polishchuk, S.D., Fadeev, I.V., Sadatdinov, Sh. V. Corrosion inhibitor metals for use in the repair of automotive engineering. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 265-275. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-32.

Введение. В настоящее время для повышения противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств (СМС), используемых для мойки узлов, агрегатов и деталей в технологических процессах ремонта автотракторной техники, добавляются

специальные составы (ингибиторы коррозии) на основе хрома. Защитное действие ингибиторов коррозии основано на образовании защитной пленки на поверхности защищаемого металла в результате химической реакции ингибитора с металлом и коррозионной средой [2, 14]. Хромосодержащие соединения являются токсичными, оказывают опасное влияние на здоровье человека и окружающую среду, относятся к соединениям второго класса опасности [5], поэтому замена токсичных соединений хрома на безвредные ингибиторы коррозии является актуальной. Известно [3, 6], что некоторые соединения бора обладают моющими и ингибиторными свойствами и являются экологически безвредными добавками. Однако их ингибиторные свойства изучены недостаточно. Не изучено влияние боратов на противокоррозионные свойства технологических растворов СМС в отношении черных металлов, а также на изменение их усталостной прочности, которые напрямую влияют на эксплуатационную надежность автотракторной техники и ее агрегатов. Как известно, бор легкодоступный, нетоксичный химический элемент, встречается в природных объектах как микроэлемент, поэтому его соединения могут быть использованы в качестве добавок в растворы СМС для повышения их моющих и противокоррозионных свойств. В связи с этим получение нетоксичных, недорогих и эффективных ингибиторов коррозии металлов на основе соединений бора является актуальной и важной научно-технической задачей.

Согласно данным научной литературы [1, 7, 8], бороазотные соединения характеризуются как противокоррозионные присадки с широким спектром действия к различным видам коррозии и доступностью реагентов. Их применяют в качестве ингибиторов коррозии в технологических средах различного назначения: в растворах СМС для мойки деталей, смазочно-охлаждающих жидкостях, синтетических закалочных средах, противогололедных составах и консервационных растворах [4, 18].

Материалы и методы. С целью получения нетоксичных, недорогих и эффективных ингибиторов коррозии металлов изучены фазовые равновесия в системе «борная кислота – имидазол – вода» при 25 °С (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Данные по растворимости и твердым фазам в системе
«борная кислота – имидазол – вода» при 25 °С

Состав жидкой фазы, массовая доля, %		Твердый остаток, массовая доля, %		Твердые фазы
H ₃ BO ₃	C ₃ H ₄ N ₂	H ₃ BO ₃	C ₃ H ₄ N ₂	
5,08	–	100	–	H ₃ BO ₃
9,85	14,87	99,45	0,46	– // – // –
11,64	21,47	99,12	0,56	– // – // –
14,31	27,68	99,04	0,73	– // – // –
17,12	32,86	98,14	1,67	– // – // –
18,84	36,80	94,15	3,82	– // – // –
18,81	36,85	54,21	26,79	H ₃ BO ₃ + C ₃ H ₄ N ₂
18,83	36,86	37,32	40,94	C ₃ H ₄ N ₂ · H ₃ BO ₃ · 2H ₂ O
18,01	42,43	37,30	40,92	– // – // –
16,82	46,10	37,36	40,95	– // – // –
15,86	50,20	37,33	40,91	– // – // –
15,08	55,74	37,31	40,94	– // – // –
15,04	55,80	21,89	72,64	C ₃ H ₄ N ₂ + H ₃ BO ₃
15,06	55,76	0,98	98,76	C ₃ H ₄ N ₂
9,62	59,92	0,75	99,03	– // – // –
5,18	63,28	0,30	99,40	– // – // –
–	67,32	–	100	– // – // –

Согласно данным рисунка, изотерма растворимости представлена тремя ветвями, первая из которых соответствует области кристаллизации борной кислоты. Она начинается с оси абсцисс и достигает точки, в которой раствор содержит 18,84 мас.% H_3BO_3 и 36,80 мас.% $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$. Причем при добавлении имидазола растворимость борной кислоты увеличивается с 5,08 мас. % до 18,84 мас.%. Вторая ветвь берет начало с эвтонической точки и соответствует новому соединению, которое содержит 37,32 мас.% борной кислоты и 40,94 мас.% имидазола, что соответствует молекулярной формуле $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (боратимидазол). Полученное соединение имеет широкую область кристаллизации. Его поле находится на диаграмме по содержанию имидазола с 36,86 до 55,74 массовых долей, %.

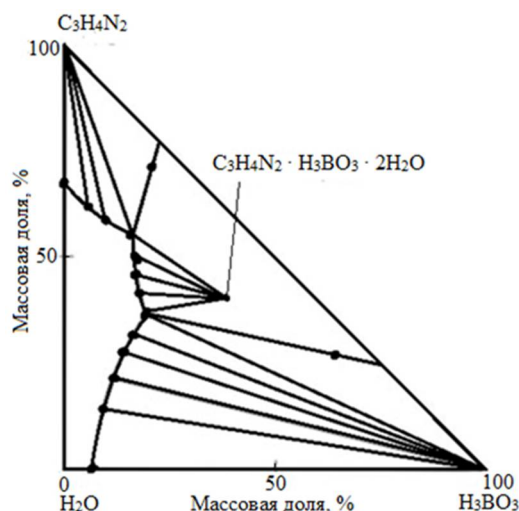


Рисунок 1 – Диаграмма растворимости системы $\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2 - \text{H}_2\text{O}$ при 25 °C

Боратимидазол растворяется в воде инконгруэнтно. Исследование системы со стороны оси ординат показывает, что растворимость имидазола в присутствии борной кислоты уменьшается. Третья ветвь изотермы начинается с точки, соответствующей растворимости имидазола в воде, которая при температуре 25 °C равна 67,32 массовым долям, %. Данная ветвь пересекается со второй ветвью в эвтонической точке, характеризующейся в среднем следующим составом массовых долей, %: H_3BO_3 – 15,06, $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2$ – 55,77 и отвечает полю кристаллизации имидазола.

Боратимидазол формулой $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2 \cdot \text{H}_3\text{BO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($M = 165,84$ г/моль) содержит массовых долей, %: имидазола – 40,92; борной кислоты – 37,52; воды – 21,56.

На поляризационном микроскопе полам Р-113 в иммерсионных препаратах с применением стандартного набора ИЖ-1 были проведены кристаллооптические измерения боратимидазола. Кристаллы изучаемого соединения прозрачны, бесцветны, изометрической формы, анизотропны. Оптически одноосные, положительные. $N_g = 1,459 \pm 0,003$; $N_p = 1,438 \pm 0,003$; Сингония низшая. Плотность кристаллов равна $1,320$ г/см³, молекулярный объем – $240,12$ см³/моль, удельный объем – $0,74$ см³/г. Полученные данные отличаются от аналогичных данных борной кислоты и имидазола [11], что доказывает индивидуальность полученного нового соединения.

Противокоррозионные свойства боратимидазола изучались в сравнении со свойствами борной кислоты и имидазола, руководствуясь методиками, описанными в [11, 17, 16].

Для гравиметрических исследований использовались пластинки размерами $120 \times 10 \times 1$ мм из стали Ст. 10 одной партии, чтобы их свойства были идентичными.

Концентрацию растворов боратимидазола, борной кислоты и имидазола в экспериментах поддерживали на уровне 0,02 %. Для оценки противокоррозионных свойств определяли убыль массы образцов после их выдержки в течение 30 суток в коррозионной среде. В качестве контроля использовали дистиллированную воду ($H_2O_{\text{дист.}}$). Эксперименты проводились в стационарных условиях в трехкратной повторности при температуре 20 °С.

Для исследования коррозии образцов в условиях повышенной температуры образцы подвешивали в колбах с обратными холодильниками. Колбы помещали в водяную баню, где температура 90 °С регулировалась автоматически и поддерживалась с точностью до ± 1 °С. Продолжительность испытания – 30 суток.

По результатам экспериментов по формулам (1), (2) и (3) определяли скорость коррозии (K), ингибиторный эффект (γ) и степень защиты (Z) [9, 13]:

$$K = \frac{m_o - m}{S \cdot t}, \quad (1)$$

где m_o и m – масса образцов до и после опыта, г; S – площадь пластинки, m^2 ; t – время проведения опыта, ч.

$$\gamma = \frac{K_o}{K}, \quad (2)$$

$$Z = \frac{K_o - K}{K_o} \cdot 100 \%. \quad (3)$$

где K и K_o – скорость коррозии в присутствии ингибитора и без него.

Пересчет одного из этих параметров в другой проводили соотношением:

$$Z = \left(1 - \frac{1}{\gamma}\right) \cdot 100 \%; \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{1}{1 - \frac{Z}{100}}. \quad (5)$$

Оценку эффективности ингибитора осуществляли также по поляризационным кривым. В этом случае:

$$\gamma = \frac{i_o}{i}, \quad (6)$$

$$Z = \frac{i_o - i}{i} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где i и i_o – ток коррозии в коррозионной среде с ингибитором и в отсутствии его.

Электрохимические исследования проводили по методике, приведенной в [17, 16].

Результаты и обсуждение. Согласно результатам исследования, введение имидазола и боратимидазола в коррозионную среду существенно снижает скорость ионизации металла (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние боратимидазола, имидазола и борной кислоты на среднюю коррозии (K), коэффициент торможения (γ) и степень защиты (Z) стали Ст. 10 за 30 суток в дистиллированной воде при концентрации $C_{\text{инг}} = 1 \cdot 10^{-2}$ моль/л

Добавка	$K \cdot 10^{-3}$, г/м ² ·ч	γ	Z , %	pH
Боратимидазол	0,59	73,17	98,63	8,3
Имидазол	8,02	5,38	81,41	7,7
Борная кислота	52,05	0,83	20,57	5,6
Вода (контроль)	43,15	1,00	0,00	6,6

С концентрацией $C_{\text{инг}} = 5 \cdot 10^{-3}$ моль/л добавки проявляют незначительные ингибиторные свойства. С увеличением концентрации до $C_{\text{инг}} = 1 \cdot 10^{-2}$ моль/л их ингибиторная способность заметно повышается.

Из таблицы 2 видно, что боратимидазол оказывает наибольшее ингибирующее действие по сравнению с борной кислотой и имидазолом.

По результатам электрохимических исследований видно, что боратимидазол оказывает несущественное влияние на катодную поляризуемость металла, поэтому относится к ингибиторам анодного действия. Его присутствие в достаточных концентрациях переводит сталь Ст. 10 в пассивное состояние.

Полученные данные позволяют рекомендовать боратимидазол в качестве эффективной противокоррозионной присадки к различным синтетическим технологическим средствам, применяемым при ремонте автотракторной техники.

Средняя скорость коррозии (K), коэффициент торможения (γ) и степень защиты (Z) стали Ст. 10 в кислой среде борной кислоты значительны (таблица 2). Возникает необходимость определения скорости коррозии стали в растворе бората натрия. В результате гидролиза данной соли образуется щелочная реакция среды, в которой сталь более устойчива, чем в кислой. Если учесть, что борат натрия предполагается использовать как ингибитор коррозии при мойке узлов, агрегатов и деталей в технологических процессах ремонта автотракторной техники, то необходимо провести коррозионные испытания при повышенных температурах (таблица 3).

Имидазол показывает хорошие защитные свойства как в нейтральных, так и в щелочных средах при низких и высоких температурах. Но из таблицы 3 следует, что борат натрия оказывает высокое ингибирующее действие, причем при 90 °С степень защиты (Z) стали в присутствии бората натрия и имидазола в щелочной среде одинакова и равна 73 %.

Таблица 3 – Результаты коррозионных испытаний стали Ст. 10 за 30 суток в нейтральных и щелочных растворах при концентрации $C_{\text{инг}} = 1 \cdot 10^{-2}$ моль/л при температурах 25 °С и 90 °С

№	Добавка	рН	$K \cdot 10^{-3}$, г/м ² ·ч		Z, %	
			25°С	90°С	25°С	90°С
1	Контроль (вода)	6,6	45,4	48,5		
	Вода + NaOH	10	47,1	52,1	–4,4	–7,4
2	Имидазол	7,7	9,0	12,2	80,1	74,8
	Имидазол + NaOH	10	10,3	13,1	78,0	73,0
3	Борат натрия	10	13,6	13,4	70,0	72,3

После коррозионных испытаний при температуре 90 °С на поверхности стали в водных растворах, содержащих имидазол и борат натрия, были обнаружены пленки светло-коричневого и желтого цвета соответственно. Проведенный нами рентгеноструктурный анализ показал присутствие в ней азота и железа в первом случае и бора, железа и кальция – во втором. Видимо, ионы кальция, содержащиеся в воде, также образуют комплексные соединения в составе поверхностных пленок, что приводит к их уплотнению, повышению устойчивости к воздействию коррозионно-активных реагентов [15].

Анодные поляризационные потенциодинамические кривые для стали в воде с добавлением бората натрия рН 10 приведены на рисунке 2. Содержание O₂ на уровне 30-40 мкг/кг поддерживали деаэрацией воды в ячейке.

В присутствии бората натрия анодные поляризационные кривые смещаются в область положительных потенциалов (рисунок 2).

Как видно из рисунка 2, чем выше концентрация бората, тем больше величина торможения анодного процесса, максимально при концентрации $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л. После выдержки стального электрода в растворе с боратом натрия в течение суток в водопро-

водной воде (общая жесткость – 3,3 мг-экв/кг) анодные поляризационные кривые смещались в область более положительных потенциалов на 0,18-0,20 В, что, видимо, связано с образованием защитной пленки, которая тормозит растворение электрода [12].

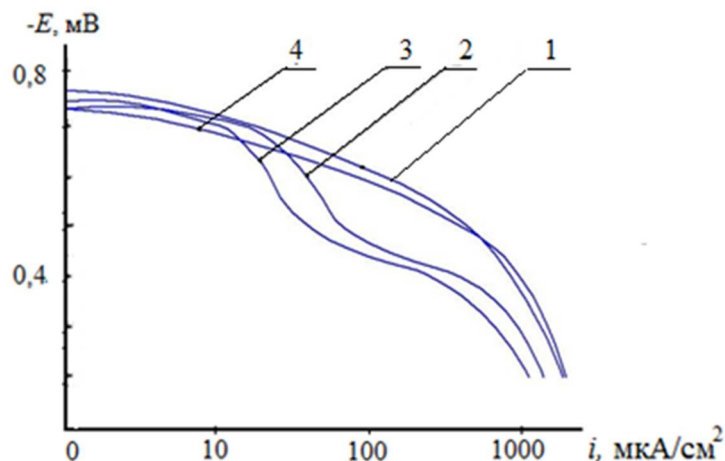


Рисунок 2 – Анодные поляризационные кривые стали Ст. 10 в воде с добавлением NaOH, pH 10 (вращающийся электрод): 1 – без ингибитора; 2, 3 – с добавлением бората натрия концентрацией, моль/л, $5,0 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-2}$ соответственно; 4 – с добавлением имидазола концентрацией $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л

Катодные поляризационные кривые стали после выдержки в воде в течение суток с добавлением бората натрия и имидазола, представленные на рисунке 3, показывают высокую противокоррозионную способность добавок.

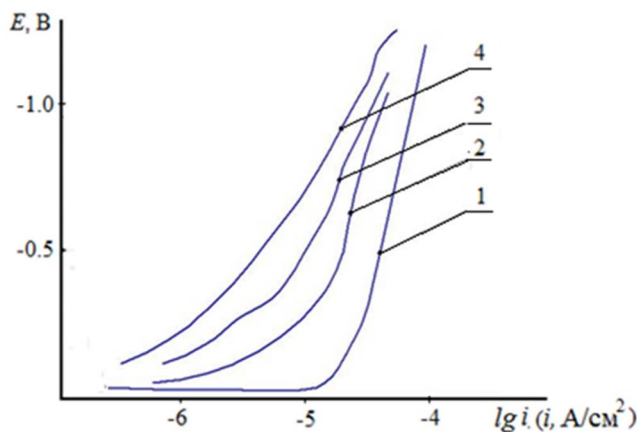


Рисунок 3 – Катодные поляризационные потенциодинамические кривые стали Ст. 10 после выдержки в течение суток в воде: 1 – без добавок; 2, 3 – с добавкой бората натрия концентрацией, моль/л: $5,0 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-2}$ соответственно; 4 – с добавкой имидазола концентрацией $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л

Из рисунка 3 видно торможение кинетической стадии восстановления кислорода как в присутствии имидазола, так и бората натрия, что подтверждает его способность ингибировать коррозию стали. Следует отметить, что борат натрия обладает более высокой катодной защитой в сравнении с имидазолом. Повышение предельного диффузионного тока при наличии ингибиторов, возможно, связано с восстановлением самих соединений. Чем больше время выдержки электрода в растворах с ингибиторами при потенциале коррозии, тем визуальнее в большей степени проявлялась защитная пленка.

Итак, борат натрия является ингибитором коррозии смешанного анодно-катодного действия. Его присутствие в концентрации $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л в нейтральных растворах подавляет коррозионные процессы в стали.

Представляло интерес исследование адсорбции бората натрия на стали. Для измерения электродного импеданса использовали стальной электрод диаметром 3 мм и мост переменного тока Р-568 при частоте 1000 Гц. Эксперименты проводились в деаэрированной среде с добавлением NaOH (рН=10) без и в присутствии ингибиторов с концентрацией $2,0 \cdot 10^{-3}$, $5,0 \cdot 10^{-3}$ и $1,0 \cdot 10^{-2}$ мг/л. После установления стационарного значения $E_{кор}$ снимали зависимость C_d (дифференциальной емкости) от E (потенциала) (рисунок 4).

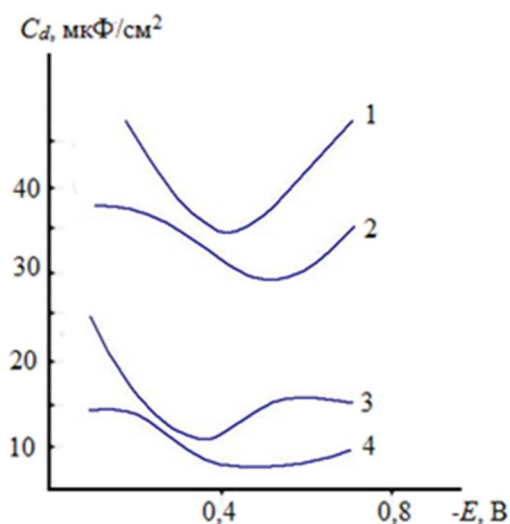


Рисунок 4 – Дифференциальная емкость стали: 1 – контроль; 2, 3, 4 – в присутствии бората натрия концентрацией, моль/л: $2,0 \cdot 10^{-3}$; $5,0 \cdot 10^{-3}$; $1,0 \cdot 10^{-2}$ соответственно

Из рисунка 4 видно, что бораты натрия при любой концентрации способствуют снижению емкости двойного электрического слоя стального электрода в сравнении с контролем. Емкости кривых показывают, что увеличение концентрации ингибитора способствует снижению емкости двойного электрического слоя, расширению области потенциалов адсорбции, перемещению потенциала незаряженной поверхности в отрицательную сторону. Это показывает адсорбцию ингибитора на поверхности образца, что способствует торможению электродных реакций. Борат натрия проявляет при этом смешанный характер действия. Синергетический адсорбционный эффект при концентрации $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л составляет для бората натрия 24 мкФ/см².

Закключение. Таким образом, борат натрия способствует смещению потенциала незаряженной поверхности стали в положительную сторону, что подтверждает наличие у него ингибиторных свойств, и его можно рекомендовать к использованию в качестве ингибитора коррозии в составе растворов СМС при мойке деталей узлов и агрегатов в технологических процессах ремонта автотракторной техники. Увеличение его адсорбционной способности можно объяснить хемосорбцией с поверхностью стали.

Библиографический список

1. Влияние фосфатборатных соединений на противокоррозионную устойчивость углеродистой стали в нейтральных водных средах [Текст]/ И.Е. Илларионов, Ш.В. Садетдинов, И.А. Стрельников, В.А. Гартфельдер // Черные металлы. – 2018. – № 5. – С. 47-53.
2. Кузнецов, Ю.И. Прогресс в науке об ингибиторах коррозии [Текст]/ Ю.И. Кузнецов // Коррозия: металлы, защита. – 2015. – № 3. – С. 12-14.

3. Левашова, В.И. Обзор ингибиторов коррозии на основе борорганических соединений [Текст]/ В.И. Левашова, И.В. Янгирова, Е.В. Казакова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 17-21.
4. Приходько, С.С. Влияние антигололедных композиций на окружающую среду города Волгограда [Текст]/ С.С. Приходько, Г.А. Севрюкова // Экологические системы и приборы. – 2017. – № 7. – С. 33-36.
5. Фадеев, И.В. Повышение противокоррозионных качеств моющих средств с применением амидоборатных соединений на автомобильном транспорте [Текст]/ И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2015. – № 4. – С. 13-16.
6. Фадеев И.В. Исследование растворимости и ингибиторного действия систем моно-, тетра-, пентаборат натрия – этилендиамин – вода при 25 °С [Текст]/ И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов, В.К. Половняк // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 5. – С. 13-17.
7. Фадеев, И.В. Влияние моноэтаноламинтетраборатааммония в составе защитного покрытия на электрохимическое поведение стали 08 кп [Текст]/ И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2016. – № 12. – С. 15-20.
8. Фадеев И.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов [Текст]/ И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов // Грузовик. – 2017. – № 1. – С. 17-20.
9. Шемякин, А.В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами [Текст]/ А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, М.Б. Латышенок // Известия Юго-Западного гос. ун-та. – 2016. – № 2. – С. 89-91.
10. Юркинский В.П. Коррозионная стойкость сталей в расплаве NaOH [Текст]/ В.П. Юркинский, Е.Г. Батурова, Е.Г. Фирсова // Черные металлы. – 2014. – № 4. – С.73-77.
11. Corrosion and corrosion-mechanical fracture of the steel of crude-oil tanks [Текст]/ D.Y. Petryna, V.M. Hohol', Y.M. Nykyforchyn, O.I. Zvirko, Y.D. Petryna // Materials Science. – 2016. – P. 666-672.
12. Corrosion inhibition of aluminum alloy aa6063-t5 by vanadates: microstructure characterization and corrosion analysis [Текст]/ D.S. Kharitonov, C. Örnek, P.M. Claesson, J. Pan, I.M. Zharskii, J. Sommertune, I.I. Kurilo // Journal of the Electrochemical Society. – 2018. – T. 165. – №. 3. –P. 116-126.
13. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules [Текст]/ T. Matsuda, K.B. Kashi, M. Jensen, V.J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. – 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.
14. Localized corrosion behaviour of 7150 after ultrasonic shot peening: corrosion depth vs. impact energy [Текст]/ Q. Sun, Q. Han, J. Li, R. Xu, K. Zhao // Corrosion Science. – 2018. – T. 130. – P. 218-230.
15. Pavlov A.A. Development of new corrosion-resistant bimetals with increased corrosion resistance prepared by electrosag surfacing technology [Текст]/A.A. Pavlov// Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – №. – P. 551-556.
16. Study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment [Текст]/ O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C.A. Taravel-Condât // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. – 2014.
17. Synergetic effect of bactericidal action of borates in solutions of synthetic detergents [Текст]/ N.V. Byshov, I.A. Uspensky, I.V. Fadeev, Sh.V. Sadetdinov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. –№ 10(2). – P. 1441-1446.
18. Wood. M.H. Neutron reflectometry for studying corrosion and corrosion inhibition [Текст]/M.H. Wood, S.M. Clarke // Metals. – 2017. – T. 7. – №. 8. – P. 304.

References

1. Vliyanie fosfatboratnyh soedinenij na protivokorroziionnyu ustojchivost' uglirodistoj stali v nejtral'nyh vodnyh sredah [Текст]/ I. E. Illarionov, Sh. V. Sadetdinov, I. A. Strel'nikov, V.A. Gartfel'der // Chernye metally. - 2018. - № 5. - P. 47-53.

2. Kuznecov, Yu. I. Progress v nauke ob ingibitorah korrozii [Tekst]/ Yu. I. Kuznecov // Korroziya: metally, zaschita. - 2015. - № 3. -- P. 12-14.
3. Levashova, V. I. Obzor ingibitorov korrozii na osnove bororganicheskikh soedinenij [Tekst]/ V. I. Levashova, I. V. Yangirova, E. V. Kazakova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2014. - № 6. - S. 17-21.
4. Prihod'ko, S. S. Vliyanie antigolodnykh kompozitsij na okruzhayushchuyu sredu goroda Volgograda [Tekst]/ S. S. Prihod'ko, G. A. Sevryukova // Jekologicheskie sistemy i pribory. - 2017. - № 7. - p. 33-36.
5. Fadeev, I. V. Povyshenie protivokorroziionnykh kachestv moyuschiy sredstv s primeneniem amidoboratykh soedinenij na avtomobil'nom transporte [Tekst]/ I. V. Fadeev, A. N. Remencov, Sh. V. Sadetdinov // Gruzovik. - 2015. - № 4. - P. 13-16.
6. Fadeev I. V. Issledovanie rastvorimosti i ingibitornogo dejstviya sistem mono-, tetra-, pentaborat natriya - etilendiamin - voda pri 25 °С [Tekst]/ I. V. Fadeev, Sh. V. Sadetdinov, V. K. Polovnyak // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya. - 2014. - № 5. - P. 13-17.
7. Fadeev, I. V. Vliyanie mono]tanolamintetraborataammoniya v sostave zaschitnogo pokrytiya na jlektrohimicheskoe povedenie stali 08 kp [Tekst]/ I. V. Fadeev, A. N. Remencov, Sh. V. Sadetdinov // Gruzovik. - 2016. - № 12. - P. 15-20.
8. Fadeev I. V. Moyuschie i protivokorroziionnye svoystva sinteticheskikh moyuschiy sredstv dlya uzlov i detalej v prisutstvii nekotorykh boratov [Tekst]/ I. V. Fadeev, A. N. Remencov, Sh. V. Sadetdinov // Gruzovik. - 2017. - № 1. - P. 17-20.
9. Shemyakin, A. V. Povyshenie jeffektivnosti protivokorroziionnoj zaschity stykovykh i svarnykh soedinenij sel'skohozyajstvennykh mashin konservacionnymi materialami [Tekst]/ A. V. Shemyakin, V. V. Terent'ev, M. B. Latyshenok // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gos. un-ta. - 2016. - № 2. - S. 89-91.
10. Yurkinskij V. P. Korroziionnaya stojkost' stalej v rasplave NaOH [Tekst]/ V. P. Yurkinskij, E. G. Baturova, E. G. Firsova // Chernye metally. - 2014. - № 4. - S. 73-77.
11. Corrosion and corrosion-mechanical fracture of the steel of crude-oil tanks [Tekst]/ D.Y. Petryna, V.M. Hohol', Y.M. Nykyforchyn, O.I. Zvirko, Y.D. Petryna // Materials Science. – 2016. – №. – P. 666-672.
12. Corrosion inhibition of aluminum alloy aa6063-t5 by vanadates: microstructure characterization and corrosion analysis [Tekst]/ D.S. Kharitonov, C. Örneke, P.M. Claesson, J. Pan, I.M. Zhariskii, J. Sommertune, I.I. Kurilo // Journal of the Electrochemical Society. – 2018. – T. 165. – №. 3. –P. 116-126.
13. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules [Tekst]/ T. Matsuda, K.B. Kashi, M. Jensen, V.J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. – 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.
14. Localized corrosion behaviour of 7150 after ultrasonic shot peening: corrosion depth vs. impact energy [Tekst] / Q. Sun, Q. Han, J. Li, R. Xu, K. Zhao // Corrosion Science. – 2018. – T. 130. – P. 218-230.
15. Pavlov A.A. Development of new corrosion-resistant bimetals with increased corrosion resistance prepared by electroslag surfacing technology [Tekst]/A.A. Pavlov// Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – №. – P. 551-556.
16. Study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment [Tekst]/ O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C.A. Taravel-Condât //EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. – 2014. – P.
17. Synergetic effect of bactericidal action of borates in solutions of synthetic detergents [Tekst]/ N.V. Byshov, I.A. Uspensky, I.V. Fadeev, Sh.V. Sadetdinov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2019. –№ 10(2). – P. 1441-1446.
18. Wood. M.H. Neutron reflectometry for studying corrosion and corrosion inhibition [Tekst] /M.H. Wood, S.M. Clarke // Metals. – 2017. – T. 7. – №. 8. – P. 304.

Информация об авторах

Бышов Николай Владимирович, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» Рязанского агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4619-6446>. E-mail: byshov@rgatu.ru.

Полищук Светлана Дмитриевна, заведующая кафедрой химии, руководитель наноцентра Рязанского агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8482-7045>. E-mail: svpolishuk@rgatu.ru.

Фадеев Иван Васильевич, заведующий кафедрой машиноведения Чувашия государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), кандидат технических наук, доцент.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>. E-mail: ivan-fadeev-2012@mail.ru

Садетдинов Шейиздан Вазыхович, профессор кафедры Чувашия государственного университета им. И.Н. Ульянова (РФ, 428000, г. Чебоксары, пр. Московский, 15), доктор химических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>. E-mail: avgustaf@list.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.316.022:51-74

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-33

**ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА
С ДИНАМИЧНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

**EVALUATION OF THE PROBABILITY-STATISTICAL CHARACTERISTICS
OF THE TRACTION RESISTANCE OF THE SOIL-PROCESSING AGGREGATE
WITH DYNAMIC WORKING PARTS**

Н.И. Джаббаров¹, доктор технических наук, профессор

В.А. Эвиев², доктор технических наук, профессор

А.В. Сергеев¹, кандидат технических наук

Г.А. Семенова¹, аспирант

N.I. Jabbarov¹, V.A. Eviev², A.V. Sergeev³, G.A. Semenova¹

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург

²Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста

¹Institute of agricultural engineering and environmental problems of agricultural production – branch of Federal State Budget Scientific Institution

«Federal Scientific Agroengineering Center VIM», Saint-Petersburg

²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova, Elista

Дата поступления в редакцию 26.03.2019

Received 26.03.2019

Дата принятия к печати 24.05.2019

Submitted 24.05.2019

Приведены результаты экспериментальных исследований по вероятностно-статистической оценке тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ для поверхностной обработки почвы. Цель исследований – получение экспериментальных данных для оценки дисперсии, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации, а также определение закона распределения тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ при работе на различных скоростных режимах. Приведены графические и эмпирические зависимости вероятностно-статистических оценок тягового сопротивления

почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ от скорости его движения при фиксированной глубине обработки почвы 10 см. Приведена статистическая стандартная ошибка выборочного среднего значения тягового сопротивления агрегата с динамичными и нединамичными рабочими органами, которая варьировалась в пределах 0,0039 – 0,0116 кН. Установленные на основе экспериментальных данных эмпирические зависимости среднего значения, дисперсии, среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации тягового сопротивления описывают закономерности их изменения от скорости движения почвообрабатывающего агрегата с динамичными и нединамичными рабочими органами при фиксированной глубине обработки 10 см. Эмпирические зависимости позволяют прогнозировать значения вероятностно-статистических оценок тягового сопротивления в пределах рабочих скоростей почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с 1,7 м/с до 2,8 м/с. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что при фиксированной глубине обработки почвы 10 см в диапазоне изменения скорости движения от 1,70 м/с до 2,80 м/с среднее значение тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами, по сравнению с агрегатом с типовыми рабочими органами, уменьшается на 3,4...11,6 %. При этом наблюдается уменьшение дисперсии, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации тягового сопротивления соответственно на 46,2...68,6 %, 26,6...45,5 % и 17,0...42,0 %.

The results of experimental researches on the probabilistic-statistical assessment of traction resistance of the soil-cultivating aggregate MTZ-82 + UKPA-2.4 at the IAEP-Kalmsu for surface tillage. The purpose of the research is to obtain experimental data for estimating variance, standard deviation, coefficient of variation, as well as determining the distribution law of traction resistance of the soil-cultivating unit MTZ-82 + UKPA-2.4 at the IAEP-Kalmsu when working at different speed modes. The graphical and empirical dependences of the probabilistic-statistical estimates of the traction resistance of the soil-cultivating aggregate MTZ-82 + UKPA-2.4 at the IAEP-Kalmsu were given on its speed at a fixed tillage depth of 10 cm. The statistical standard error of the sample mean value of the traction resistance of the aggregate with dynamic and non-dynamic working parts was given, which varied between 0.0039 and 0.0166 kN. The empirical dependences of mean value, dispersion, standard deviation and coefficient of variation of traction resistance, established on the basis of experimental data, describe the patterns of their change on the speed of the tillage unit with dynamic and non-dynamic working parts at fixed processing depth of 10 cm. Empirical dependences make it possible to predict the values of probabilistic statistical estimates of traction resistance within the operating speeds of the soil-cultivating unit MTZ-82 + UKPA-2.4 at the IEPP-Kalmsu from 1.7 m / sec to 2.8 m / sec. The results of experimental researches indicate that at fixed tillage depth of 10 cm, in the range of change in the speed of movement from 1.70 m / s to 2.80 m / s, the average value of the traction resistance of the soil-cultivating unit MTZ-82 + UKPA-2.4 IAEP-Kalmsu with dynamic working parts decreases by 3.4 - 11.6%, in comparison with the unit with typical working parts. At the same time, there is a decrease in the variance, standard deviation and coefficient of variation of the traction resistance by 46.2 - 68.6%, 26.6 - 45.5% and 17.0 - 42.0%, respectively.

Ключевые слова: обработка почвы; почвообрабатывающий агрегат; динамичный рабочий орган; вероятностно-статистические оценки; тяговое сопротивление.

Key words: tillage; tillage aggregate; dynamic working part; probabilistic statistical estimates; traction resistance.

Цитирование. Джаббаров Н.И., Эвиев В.А., Сергеев А.В., Семенова Г.А. Оценка вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата с динамичными рабочими органами. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 275-284. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-33.

Citation. Jabbarov N.I., Eviev V.A., Sergeev A.V., Semenova G.A. Evaluation of the probability-statistical characteristics of the traction resistance of the soil-processing aggregate with dynamic working parts. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 275-284. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-33.

Введение. Условия использования почвообрабатывающих агрегатов накладывают определенные требования на их конструкцию, которая должна обеспечить минимизацию энергетических, трудовых и денежных затрат при их эксплуатации. Вновь со-

здаваемые почвообрабатывающие машины и рабочие органы должны обладать лучшими технико-экономическими и агротехническими показателями, чем применяемые ныне машины того же назначения.

Как отмечено в статье [8], экологическое равновесие в природе, создание оптимальных условий для роста и развития растений, энерго-ресурсосбережение в технологиях, повышение производительности машинно-тракторных агрегатов и снижение расхода топлива на единицу площади можно обеспечить за счет уменьшения тягового сопротивления при использовании новых типов рабочих органов с обоснованными параметрами для конкретных свойств почвы, снижения потребной тяговой мощности, создание сменных рабочих органов и т.д.

Для снижения энергозатрат на обработку почвы предложены новые инновационные способы и предложены новые технические средства для их реализации [4].

Анализ исследований показывает, что по мере развития электроники и информационных технологий учеными и специалистами разработаны различные сенсорные системы для непрерывного контроля состояния почвы и обеспеченности её элементами питания и влагой, а также других оценочных показателей состояния посевов в растениеводстве. Предлагаемые системы технического зрения в точном земледелии позволяют с наименьшими затратами труда произвести корректировку в технологических процессах.

Однако разработанные в настоящее время информационные технологии и технические средства при работе почвообрабатывающих агрегатов не обеспечивают мгновенной их адаптации к почвенным условиям, особенно к твердости почвы и плотности её сложения. Реакция почвообрабатывающих рабочих органов и машин при выполнении технологических приёмов должна быть мгновенной. Такую задачу существующие автоматизированные технические средства не могут обеспечить [5, 10, 1, 6, 9].

Следует отметить, что зарубежными учеными также проводятся исследования по разработке методов и средств минимизации энергоёмкости технологических приёмов обработки почвы.

В частности, проведены исследования по сравнительной оценке эффективности между традиционной вспашкой плугом и лопаточной машиной [12], оценке уровня вибрации на эргономико-эксплуатационные показатели работы машинно-тракторных агрегатов [13].

Математическое моделирование процесса обработки почвы виброкультиваторами и применяемыми традиционными культиваторами показало, что колебания рабочих органов на различных режимах их работы ухудшают показатели эффективности работы почвообрабатывающих агрегатов, требуется непрерывный контроль вибрации и методы ее снижения при выполнении технологических процессов [11].

С целью снижения влияния колебания внешней нагрузки на эксплуатационные показатели почвообрабатывающих агрегатов были разработаны научные основы создания принципиально новых рабочих органов, обеспечивающих снижение дисперсии и среднего значения их тягового сопротивления. Изыскание новых принципов действия машин и рабочих органов для обработки почвы привело авторов статьи к разработке новых рабочих органов со свойствами динамичности, которые мгновенно реагируют на плотность и твердость почвы, изменяют геометрию в определенных заданных пределах и обеспечивают существенное снижение тягового сопротивления путём уменьшения амплитуды его мезоколебаний. Нами были получены два патента Российской Федерации № 169104 и 182130 под названием «Рабочий орган для рыхления почвы». Экспериментальные исследования работы динамичных рабочих органов показали, что снижение тягового сопротивления улучшает топливную экономичность и повышает про-

изводительность почвообрабатывающего агрегата [3, 7]. Экспериментально было установлено, что вибрацию в отдельных элементах рабочих органов можно создать за счет использования неравномерности плотности и твердости почвы и скорости движения почвообрабатывающего агрегата.

В связи с изложенными выше предпосылками дальнейшее совершенствование почвообрабатывающих рабочих органов с динамическими свойствами возможно при достоверной и полной оценке вероятностно-статистических характеристик их тягового сопротивления.

Материалы и методы. При энергооценке почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ использовались информационно-измерительная система ИП 264, измеритель пройденного пути ИП 266, тензозвено PST-A5t (5J05482), твердомер (пенетрометр) почвы Dickey-john, а также другие первичные преобразователи. При обработке и анализе экспериментальных данных применялись методика статистической обработки эмпирических данных (РТМ 44-62), методы математического моделирования, анализа и обобщения опытных данных.

Целью исследований было получение экспериментальных данных для оценки дисперсии, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации, а также законы распределения тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ при работе на различных скоростных режимах.

Универсальный комбинированный почвообрабатывающий агрегат УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами [7] в агрегате с трактором класса 1,4 т (МТЗ-82) был оборудован информационно-измерительной системой ИП 264 для проведения экспериментальных исследований (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид почвообрабатывающего агрегата УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами

Эксперименты были проведены на полях экспериментальной базы Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ - «Красная Славянка». Эксперименты проводились на трёх скоростных режимах работы почвообрабатывающего агрегата.

Исследования проводились на среднесуглинистой дерново-среднеподзолистой почве влажностью 24-26 %, слабозасоренной камнями (0,005 шт. на 1 м²), твердостью до обработки в слое 10-20 см – 1,4 МПа.

Экспериментальные данные обрабатывались по методике, изложенной в работах [2].

Результаты и обсуждение. Тяговые сопротивления почвообрабатывающих агрегатов в процессе выполнения технологических процессов не остаются постоянными и представляют собой случайные процессы в вероятностно-статистическом смысле. Для учета влияния колебаний тягового сопротивления почвообрабатывающих рабочих органов и агрегатов на их параметры и режимы работы необходимо получить оценки их вероятностно-статистических характеристик.

Так, в таблице 1 приведены количественные оценки вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления R_a почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами, полученные в результате обработки опытных данных.

Таблица 1 – Количественные оценки вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления R_a почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами (коэффициент сопротивления качению $f = 0,129$)

Скорость движения $\bar{V}_p$, м/с (км/ч)	Среднее значение $\bar{R}_a$, кН	Дисперсия D (R_a), кН ²	Среднее квадратическое отклонение σ_R , кН	Коэффициент вариации ν_R
1,70 (6,12)	6,183	1,11787	1,057	0,171
2,1 (7,6)	6,931	0,95506	0,977	0,141
2,80 (10,10)	10,220	2,64056	1,625	0,159

Опытные данные таблицы 1 показывают, что с изменением скоростного режима работы наблюдалось существенное изменение среднего значения, дисперсии, средне-квадратического отклонения и коэффициента вариации тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата. В диапазоне рабочих скоростей от 1,70 м/с до 2,80 м/с тяговое сопротивление увеличивалось от 6,183 до 10,220 кН, то есть на 65,3 %. При этом дисперсия и среднее квадратическое отклонение соответственно увеличились на 136,2 и 53,7 %. Коэффициент вариации тягового сопротивления агрегата при этом уменьшился с 0,171 до 0,159, то есть на 7 %.

При анализе опытных данных, полученных в процессе экспериментальных исследований почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами, было установлено, что эмпирические распределения тягового сопротивления агрегата хорошо согласуются с теоретическим законом. В качестве теоретического закона распределения частот тягового сопротивления был использован нормальный закон (или закон Гаусса). Оценивалось соответствие теоретических и эмпирических частот по критерию согласия Пирсона $P(\chi^2)$. Вероятность согласия Пирсона $P(\chi^2)$ находилась в пределах 0,76-0,81, что свидетельствует о высокой степени соответствия колебаний тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами, закону Гаусса.

При обработке экспериментальных данных установлена статистическая стандартная ошибка выборочного среднего значения тягового сопротивления агрегата с динамичными и нединамичными рабочими органами по формуле:

$$S_{\bar{R}} = \sigma_R / \sqrt{n},$$

где σ_R – среднее квадратическое отклонение тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата, кН; n – объём выборки.

Ошибка выборочного среднего значения $S_{\bar{R}}$ тягового сопротивления агрегата с динамичными рабочими органами варьировалась в пределах 0,0039-0,0065 кН.

Количественные характеристики вероятностно-статистических оценок тягового сопротивления R_a почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с нединамичными (или типовыми) рабочими органами представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Количественные оценки вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления R_a почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с типовыми рабочими органами (коэффициент сопротивления качению $f = 0,129$)

Скорость Движения $\bar{V}_p$, м/с (км/ч)	Среднее значение $\bar{R}_a$, кН	Дисперсия D (R_a), кН ²	Среднее квадратическое отклонение σ_R , кН	Коэффициент вариации v_R
1,70 (6,12)	6,997	2,07758	1,441	0,206
2,1 (7,6)	7,789	2,05399	1,433	0,184
2,80 (10,10)	10,583	8,40850	2,900	0,274

Приведенные экспериментальные данные (таблица 2) показывают, что вероятностно-статистические характеристики тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с типовыми рабочими органами в диапазоне скоростей движения от 1,70 м/с до 2,80 м/с изменяются в широких пределах. С повышением скорости движения наблюдается увеличение среднего значения, дисперсии, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации тягового сопротивления соответственно на 51,2 %, 304,7 %, 101,2 % и 33,0 %.

Ошибка выборочного среднего значения $S_{\bar{R}}$ тягового сопротивления агрегата с нединамичными рабочими органами варьировалась в пределах 0,0057 – 0,0116 кН.

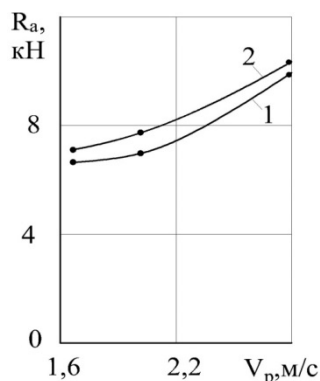


Рисунок 2 – Графические зависимости среднего значения тягового сопротивления $\bar{R}_a$ почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП КалмГУ с динамичными (1) и типовыми (2) рабочими органами от скорости его движения (глубина обработки почвы 10 см)

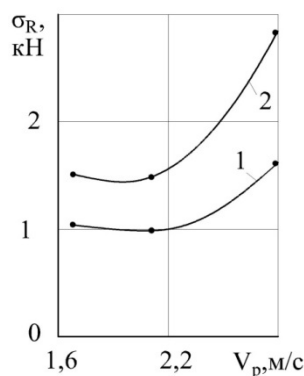


Рисунок 3 – Графические зависимости среднего квадратического отклонения σ_R тягового сопротивления $\bar{R}_a$ почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП КалмГУ с динамичными (1) и типовыми (2) рабочими органами от скорости его движения (глубина обработки почвы 10 см)

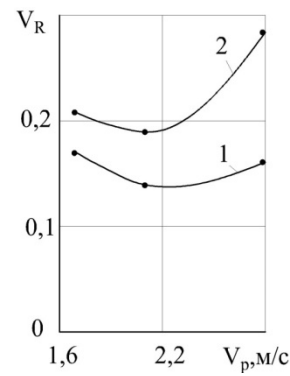


Рисунок 4 – Графические зависимости коэффициента вариации v_R тягового сопротивления $\bar{R}_a$ почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП КалмГУ с динамичными (1) и типовыми (2) рабочими органами от скорости его движения (глубина обработки почвы 10 см)

Вероятность согласия Пирсона $P(\chi^2)$ находилась в пределах 0,64-0,88, что свидетельствует о высокой степени соответствия колебаний тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с типовыми рабочими органами закону Гаусса.

В качестве примера на рисунках 2-4 представлены графические зависимости среднего значения $\bar{R}_a$, среднего квадратического отклонения σ_R , коэффициента вариации v_R тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными и типовыми рабочими органами от скорости его движения.

На рисунке 5 показаны плотности распределения вероятностей тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП – КалмГУ с динамичными и типовыми рабочими органами.

При обработке почвы агрегатом МТЗ-82+УКПА-2,4 с динамичными рабочими органами происходит изменение центра распределения (среднего значения) и характеристик рассеяния (дисперсии, среднее квадратического отклонения и коэффициента вариации) тягового сопротивления (рисунок 5). Характер протекания кривых плотности распределения вероятностей $\varphi(R_a)$ тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата свидетельствуют об изменении меры его рассеяния при использовании типовых и динамичных рабочих органов.

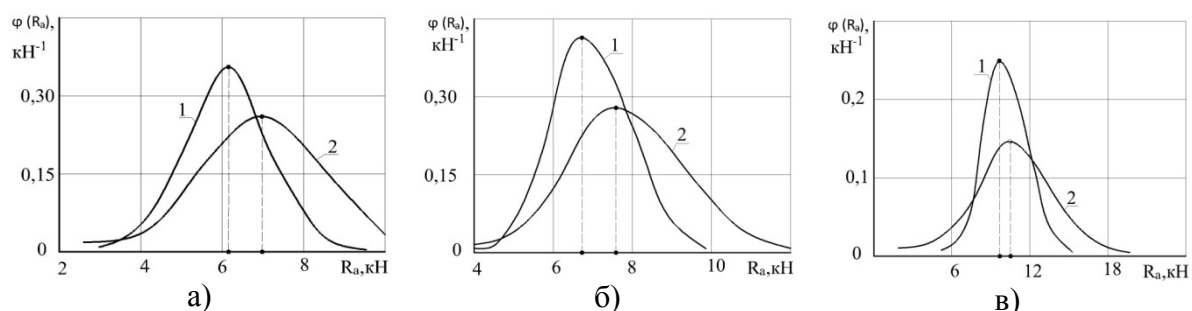


Рисунок 5 – Плотности распределения вероятностей тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП – КалмГУ с динамичными (1) и типовыми (2) рабочими органами (глубина обработки почвы 10 см):

а – $\bar{V}_p = 1,70$ м/с; б – $\bar{V}_p = 2,1$ м/с; в – $\bar{V}_p = 2,1$ м/с

При фиксированной глубине обработки почвы 10 см, в диапазоне изменения скорости движения от 1,70 м/с до 2,80 м/с среднее значение тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами, по сравнению с агрегатом с типовыми рабочими органами, уменьшается на 3,4...11,6 %. При этом наблюдается уменьшение дисперсии, среднее квадратического отклонения и коэффициента вариации тягового сопротивления соответственно на 46,2...68,6 %, 26,6...45,5 % и 17,0 – 42,0 %.

Анализ опытных данных позволяет сделать вывод о том, что свойства динамичности рабочих органов обеспечивает уменьшение амплитуды мезоколебаний тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата, за счёт чего происходит существенное снижение его вероятностно-статистических оценок и наибольшая эффективность почвообрабатывающего агрегата с динамичными рабочими органами проявляется при работе на высоких скоростях.

На основе экспериментальных данных были установлены эмпирические зависимости, описывающие закономерности изменения вероятностных оценок тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП – КалмГУ с динамичными и типовыми рабочими органами от скорости его движения (таблицы 3 и 4).

Эмпирические зависимости, приведенные в таблицах 3 и 4, справедливы в диапазоне изменения скорости движения $\bar{V}_p = 1,7\text{--}2,10$ м/с при глубине обработки почвы 10 см.

Таблица 3 – Эмпирические зависимости вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления R_a от скорости движения почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными рабочими органами
 $1,70 \leq \bar{V}_p \leq 2,80$ м/с, глубина обработки почвы 10 см)

Вероятностно-статистические характеристики	Расчетная формула
$\bar{R}_a$, кН	$2,57149(V_p)^2 - 7,90146(\bar{V}_p) + 12,184$
$D(R_a)$, кН ²	$2,55898(V_p)^2 - 10,13116(\bar{V}_p) + 10,94538$
σ_R , кН	$1,02338(V_p)^2 - 4,08883(\bar{V}_p) + 5,05045$
v_R	$0,09156(V_p)^2 - 0,42292(\bar{V}_p) + 0,62536$

Таблица 4 – Эмпирические зависимости вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления R_a от скорости движения почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с типовыми рабочими органами
 $1,70 \leq \bar{V}_p \leq 2,80$ м/с, глубина обработки почвы 10 см)

Вероятностно-статистические характеристики	Расчетная формула
$\bar{R}_a$, кН	$1,82857(V_p)^2 - 4,96860(\bar{V}_p) + 10,15900$
$D(R_a)$, кН ²	$0,16688(V_p)^2 - 0,68916(\bar{V}_p) + 0,89527$
σ_R , кН	$1,92338(V_p)^2 - 7,32883(\bar{V}_p) + 8,34145$
v_R	$8,30622(V_p)^2 - 31,62262(\bar{V}_p) + 31,83106$

Полученные закономерности (эмпирические зависимости) позволяют рассчитывать среднее значение, дисперсию, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными и типовыми рабочими органами при глубине обработки почвы 10 см в пределах рабочих скоростей $1,70 \leq \bar{V}_p \leq 2,80$ м/с.

Установленные закономерности вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления позволяют в дальнейшем научно обосновать рациональные параметры и режимы работы почвообрабатывающих агрегатов, дать оценку стабильности энергетических параметров и обеспечить автоматизацию контроля и управления режимами их функционирования.

Заключение. Результаты проведенных исследований свидетельствуют об эффективности почвообрабатывающего агрегата с динамичными рабочими органами по сравнению и типовыми рабочими органами. Анализ вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления показывает, что наибольшая эффективность почвообрабатывающего агрегата с динамичными рабочими органами проявляется при работе на скоростях более 2,2 м/с.

Полученные эмпирические зависимости позволяют рассчитать среднее значение, дисперсию, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+УКПА-2,4 ИАЭП-КалмГУ с динамичными и типовыми рабочими органами при глубине обработки почвы 10 см в пределах рабочих скоростей $1,70 \leq \bar{V}_p \leq 2,80$ м/с.

Полученные в процессе экспериментальных исследований результаты позволяют заключить, что свойства динамичности новых рабочих органов обеспечивают уменьшения амплитуды мезоколебаний тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата, за счёт чего происходит существенное снижение его вероятностно-статистических характеристик.

Библиографический список

1. Бережнов, Н.Н. Оценка тягово-энергетических показателей посевного почвообрабатывающего машинно-тракторного агрегата методом контрольного динаметрирования [Текст] / Н.Н. Бережнов, А.П. Сырбаков // АгроЭко Инфо. – 2017. – №2 (28). – С. 17.
2. Валге, А.М. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства с примерами на STATGRAPHICS и EXCEL [Текст] / А.М. Валге, Н.И. Джаббаров, В.А. Эвиев; под ред. А.М. Валге. – Санкт-Петербург: изд-во ИАЭП; Элиста: изд-во КалмГУ, 2015. – 140 с.
3. Джаббаров, Н.И. Определение энерготехнологических параметров динамичных почвообрабатывающих агрегатов [Текст] / Н.И. Джаббаров, А.В. Добринов, Г.А. Семенова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (49). – С. 252-259.
4. Жук, А.Ф. Новые способы послойной обработки почвы [Текст] / А.Ф. Жук // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 4. – С. 13-18.
5. Измайлов, А.Ю. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции [Текст] / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудования для села. – 2017. – № 7. – С. 2-6.
6. Лобачевский, Я.П. Теоретические и технологические аспекты работы рыхлительного рабочего органа [Текст] / Я.П. Лобачевский, С.И. Старовойтов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 5. – С. 17-23.
7. Основы повышения энергоэффективности технологических процессов и технических средств обработки почвы. [Текст] / Н.И. Джаббаров, А.В. Добринов, В.А. Эвиев, Д.С. Федькин. – Элиста, 2016. – 168 с.
8. Результаты модернизации техники и технологии обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур в экстремальных климатических условиях [Текст] / В.В. Бледных, Н.К. Мазитов, И.В. Синявский, Р.С. Рахимов, Я.П. Лобачевский, Н.Т. Хлызов, И.Р. Рахимов, В.Н. Коновалов, Л.З. Шарафиев // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2014. – Т. 70. – С. 5-13.
9. Руденко, Н.Е. Инновационная стрельчатая почвообрабатывающая лапа [Текст] / Н.Е. Руденко, С.Д. Кайванов, Ф.Н. Завялик // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – № 6. – С. 16-20.
10. Яковлев, Н.С. Тяговое сопротивление почвообрабатывающих и посевных машин [Текст] / Н.С. Яковлев, П.В. Колинко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – №1 (248). – С. 73-81.
11. Askari, M. The effect of tine, wing, operating depth and speed on the draft requirement of subsoil tillage tines [Текст] / M. Askari, G. Shahgholi, Y. Abbaspour-Gilandeh // Research in Agricultural Engineering. – 2017. – Vol. 63. – № 4. – P. 160-167. DOI: 10.17221/4/2016-RAE/4/2016-RAE.
12. Mathematical modelling and comparative simulation of the vibrations of vibro-cultivators and agricultural cultivators [Текст] / P. Cârdei, V. Muraru, N. Constantin, C. Muraru, T. Cilan, C. D. Hodre, M. Matache // INMATEH – Agricultural Engineering. – 2015. - Vol. 47(3). – P. 31-35.
13. Pessina, D. Evaluation of the efficiency of systems to reduce vibration on modern tracklaying tractors [Текст] / D. Pessina, D. Facchinetti, V. Bonalume // Journal of Agricultural Engineering. – 2012. – Vol. 43(1). – P. 7.

Reference

1. Berezhnov, N. N. Ocenka tyagovo-jenergeticheskikh pokazatelej posevnogo pochvoobrabatyvayuschego mashinno-traktornogo agregata metodom kontrol'nogo dinametrirovaniya [Текст] / N. N. Berezhnov, A. P. Syrbakov // AgroJEko Info. - 2017. - №2 (28). - P. 17.
2. Valge, A. M. Osnovy statisticheskoy obrabotki jeksperimental'nyh dannyh pri provedenii issledovanij po mehanizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva s primerami na STATGRAPHICS i EXCEL [Текст] / A. M. Valge, N. I. Dzhabbarov, V. A. Jeviev; pod red. A. M. Valge. - Sankt-Peterburg: izd-vo IAJeP; Jelista: izd-vo KalmGU, 2015. - 140 p.
3. Dzhabbarov, N. I. Opredelenie jenergotehnologicheskikh parametrov dinamichnyh pochvoobrabatyvayuschih agregatov [Текст] / N. I. Dzhabbarov, A. V. Dobrinov, G. A. Semenova // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 4 (49). - P. 252-259.

4. Zhuk. A. F. Novye sposoby poslojnoj obrabotki pochvy [Tekst]/ A. F. Zhuk //Sel'skohozyajstvennye mashiny i tehnologii. - 2014. - № 4. - P. 13-18.
5. Izmajlov, A. Yu. Intensivnye mashinnye tehnologii i tehnika novogo pokoleniya dlya proizvodstva osnovnyh grupp sel'skohozyajstvennoj produkcii [Tekst]/ A. Yu. Izmajlov, Yu. H. Shogenov //Tehnika i oborudovaniya dlya sela. - 2017. - № 7. - P. 2-6.
6. Lobachevskij, Ya. P. Teoreticheskie i tehnologicheskie aspekty raboty ryhlitel'nogo rabocheho organa [Tekst]/ Ya. P. Lobachevskij, S. I. Starovojtov // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tehnologii. - 2016. - № 5. - P. 17-23.
7. Osnovy povysheniya jenergojeffektivnosti tehnologicheskikh processov i tehniceskikh sredstv obrabotki pochvy. [Tekst] / N. I. Dzhabborov, A. V. Dobrinov, V. A. Jeviev, D. S. Fed'kin. - Jelista, 2016. - 168 p.
8. Rezul'taty modernizacii tehniki i tehnologii obrabotki pochvy i poseva sel'skohozyajstvennyh kul'tur v jekstremal'nyh klimaticeskikh usloviyah [Tekst]/ V. V. Blednyh, N. K. Mazitov, I. V. Sinyavskij, R. S. Rahimov, Ya. P. Lobachevskij, N. T. Hlyzov, I. R. Rahimov, V. N. Konovalov, L. Z. Sharafiev // Vestnik Chelyabinskoy gosudarstvennoj agroinzhenernoj akademii. - 2014. - T. 70. - P. 5-13.
9. Rudenko, N. E. Innovacionnaya strel'chataya pochvoobrabatyvayuschaya lapa [Tekst]/ N. E. Rudenko, S. D. Kajvanov, F. N. Zavyalik // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tehnologii. - 2016. - № 6. - P. 16-20.
10. Yakovlev, N. S. Tyagovoe soprotivlenie pochvoobrabatyvayuschih i posevnyh mashin [Tekst] / N. S. Yakovlev, P. V. Kolinko // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2016. - №1 (248). - P. 73-81.
11. Askari, M. The effect of tine, wing, operating depth and speed on the draft requirement of sub-soil tillage tines [Tekst] / / M. Askari, G. Shahgholi, Y. Abbaspour-Gilandeh // Research in Agricultural Engineering. - 2017. - Vol. 63. - № 4. - P. 160-167. DOI: 10.17221/4/2016-RAE./4/2016-RAE.
12. Mathematical modelling and comparative simulation of the vibrations of vibro-cultivators and agricultural cultivators [Tekst] / P. Cârdei, V. Muraru, N. Constantin, C. Muraru, T. Cilan, C. D. Hodre, M. Matache // INMATEH – Agricultural Engineering. - 2015. - Vol. 47(3). - P. 31-35.
13. Pessina, D. Evaluation of the efficiency of systems to reduce vibration on modern tracklaying tractors [Tekst]/ D. Pessina, D. Facchinetti, V. Bonalume //Journal of Agricultural Engineering. - 2012. - Vol. 43(1). - P. 7.

Информация об авторах:

Джаббаров Нозим Исмоилович, ведущий научный сотрудник отдела технологии и механизации работ в растениеводстве Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, (РФ, 196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3), доктор технических наук, профессор. <http://www.researcherid.com/rid/A-7780-2019>. **E-mail:** nozimjon-59@mail.ru.

Эвиев Валерий Андреевич, заведующий кафедрой агроинженерии, и.о. декана инженерно-технологического факультета Калмыцкого государственного университета имени Б.Б. Городовикова. (РФ, 358000, г. Элиста, ул. Пушкина, 11), доктор технических наук, доцент.

E-mail: aviev@yandex.ru.

Сергеев Александр Владимирович, старший научный сотрудник отдела технологии и механизации работ в растениеводстве Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, (РФ, 196625, г. Санкт-Петербург, Филътровское шоссе, д. 3), кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: mrsergeev05@gmail.com.

Семенова Галина Андреевна, аспирант Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, (РФ, 196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское шоссе, д. 3). **E-mail:** g-semenova@rambler.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ АПК БУНКЕРНОГО ТИПА

CALCULATION OF THE STRENGTH OF SHELL STRUCTURES OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF BUNKER TYPE

Ю.В. Клочков¹, доктор технических наук, профессор
А.П. Николаев¹, доктор технических наук, профессор
С.Д. Фомин¹, доктор технических наук, доцент
Т.А. Соболевская¹, кандидат технических наук
А.С. Андреев¹, аспирант, ассистент

Yu.V. Klochkov¹, A.P. Nikolaev¹, S.D. Fomin¹, T.A. Sobolevskaya¹, A.S. Andreev¹

¹Волгоградский государственный аграрный университет

¹Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 11.02.2019
Received 11.02.2019

Дата принятия к печати 11.05.2019
Submitted 11.05.2019

Тонкостенные элементы получили широкое распространение в инженерных конструкциях агропромышленного комплекса (АПК). Они являются конструктивными элементами зерноочистительных агрегатов, бункерных сооружений различного назначения, а также трубопроводных систем. Поэтому разработка современных численных алгоритмов прочностных расчётов конструкции бункерного типа является актуальной задачей. В настоящей статье разработан алгоритм расчёта прочности тонкостенной инженерной конструкции бункерного типа как структуры, состоящей из двух типов оболочек: цилиндрической и конической. Для определения напряженно-деформированного состояния такого агрегата использован численный метод конечных элементов с принятием разработанного авторами криволинейного конечного элемента в виде четырёхугольного фрагмента срединной поверхности оболочки с узловыми неизвестными в виде перемещений и их первых производных. Матрица жесткости используемого конечного элемента разработана на основе теории тонких оболочек с привлечением гипотезы прямой нормали. В узлах на границе сочленения цилиндрической и конической оболочек за основные неизвестные приняты кинематические параметры цилиндрической оболочки. Для получения выражений узловых параметров конической оболочки через основные узловые неизвестные цилиндрической оболочки использованы кинематические условия и уравнения равновесия статики. Полученные соотношения реализованы в матричном виде и использованы в преобразовании матриц жесткостей и векторов узловых нагрузок конечных элементов конической оболочки, примыкающих к границе сочленения с оболочкой цилиндрической. На примере расчёта прочности тонкостенной конструкции бункерного типа, состоящей из цилиндра и усеченного конуса, показана эффективность разработанных алгоритмов и подтверждена корректность полученных численных значений показателей прочности. Анализ численных результатов позволил сделать вывод о том, что коэффициент концентрации напряжений в зоне сочленения цилиндра с конусом увеличивается пропорционально углу наклона образующей конуса к его оси.

Thin-walled elements are widely used in engineering structures of agriculture (agribusiness). They are structural elements of grain cleaning units, bunker structures for various purposes, as well as pipeline systems. Therefore, the development of modern numerical algorithms for strength calculations of the bunker type structure is an urgent task. In this article, an algorithm for calculating the strength of the thin-walled engineering structure of the bunker type as a structure consisting of two types of shells: cylindrical and conical. To determine the stress-strain state of such an aggregate, a numerical finite element method is used with the adoption of a curvilinear finite element developed by the authors in the form of a quadrangular fragment of the middle surface of the shell with nodal unknowns in the form of displacements and their first derivatives. The stiffness matrix of the used finite element is developed on the basis of the theory of thin shells with the use of the direct normal hypothesis. The kinematic parameters of the cylindrical shell are taken as the main unknown in the nodes at the junction of the cylindrical and conical shells. To obtain

the expressions of the nodal parameters of a conical shell using the basic nodal unknown of the cylindrical shell used the kinematic conditions and the equilibrium equations of statics. The obtained relations are implemented in the matrix form and used in the transformation of stiffness matrices and vectors of nodal loads of finite elements of the conical shell adjacent to the boundary of the joint with the cylindrical shell. On the example of calculating the strength of a thin-walled bunker-type structure consisting of a cylinder and a truncated cone, the efficiency of the developed algorithms is shown and the correctness of the obtained numerical values of strength indicators is confirmed. The analysis of the numerical results allowed us to conclude that the stress concentration coefficient in the zone of joint of the cylinder with the cone increases proportionally to the angle of inclination of the cone to its axis.

Ключевые слова: тонкостенная конструкция бункерного типа, конечный элемент, условия сочленения цилиндра с конусом, концентрация напряжений.

Key words: the thin-walled design of the hopper type, the final element, the conditions of the joint of the cylinder with the cone, the stress concentration.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 18-41-343003 р. мол. а

Цитирование. Ключков Ю.В., Николаев А.П., Фомин С.Д., Соболевская Т.А., Андреев А.С. Расчет прочности оболочечных конструкций АПК бункерного типа. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 285-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-34.

Citation. Klochkov J. V., Nikolaev A. P., Fomin S. D., Sobolevskaya T. A., Andreev A. S. Calculation of strength of shell structures of AIC bunker type. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 285-297. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-34.

Введение. Неотъемлемой частью многих инженерно-технических объектов агропромышленного комплекса (АПК) являются тонкостенные конструкции бункерного типа, представляющие собой цилиндрические оболочки, сочлененные с конусом, такие как зерноочистительные агрегаты типа ЗАВ – 40, зерносушительные комплексы, силосы для хранения комбикормов, зерновых и масличных культур и другие. Расчёты на прочность и устойчивость таких объектов аналитическими методами достаточно трудоёмки и возможны лишь для сравнительно узкого класса задач. Поэтому в настоящее время применяют в основном численные методы расчёта [20, 21, 6, 5, 8, 3, 13], подразумевающие применение современной вычислительной техники и программного обеспечения. Наибольшую популярность среди численных методов сейчас имеет метод конечных элементов (МКЭ) в различных формулировках [1, 2, 7, 4, 9-12, 14-19, 22]. Современному инженеру предлагается достаточно широкий выбор вычислительных комплексов, многие из которых имеют иностранное происхождение. Однако большинство таких комплексов являются весьма дорогостоящими, а в сопроводительной документации ответственность за те или иные инженерные решения, принятые на основе результатов использования данных комплексов, целиком перекладывается на пользователя. Поэтому актуальной остаётся задача создания отечественных компактных программных модулей по конечно-элементному расчёту тонкостенных конструкций АПК бункерного типа в виде цилиндрической оболочки, сочленённой с усечённым конусом.

Материалы и методы. Применялись численные методы расчёта с использованием современной вычислительной техники и программного обеспечения. Использовался наиболее популярный среди численных методов – метод конечных элементов (МКЭ).

Результаты и обсуждение. Геометрия тонкостенной конструкции бункерного типа. Тонкостенная конструкция АПК бункерного типа представляет собой цилиндр, сочленённый с усечённым конусом. Срединная поверхность бункера описывается радиус-векторами:

– для цилиндрической части:

$$\vec{R}^0 = x\vec{i} + R\sin\theta\vec{j} + R\cos\theta\vec{k} \quad (1)$$

– для конической части:

$$\vec{R}^0 = (L_c + x)\vec{i} + r(x)\sin\theta\vec{j} + r(x)\cos\theta\vec{k}, \quad (2)$$

где R – радиус цилиндра, θ – угол, отсчитываемый от оси Oz против хода часовой стрелки в плоскости, перпендикулярной оси Ox ; L_c – длина образующей цилиндра.

Входящая в (2) функция $r(x)$ представляет собой радиус вращения конуса:

$$r(x) = R - xt\alpha, \quad (3)$$

где α – угол наклона образующей конуса к оси Ox .

Вычисляя частные производные от (1) и (2) по x и θ , можно найти векторы локального базиса для цилиндра:

$$\begin{aligned} \vec{a}_1^0 &= \vec{R}_{,x}^0 = \vec{i}; \quad \vec{a}_2^0 = \vec{R}_{,\theta}^0 = R\cos\theta\vec{j} - R\sin\theta\vec{k}; \\ \vec{a}^0 &= \vec{a}_1^0 \times \vec{a}_2^0 / |\vec{a}_1^0 \times \vec{a}_2^0| = \sin\theta\vec{j} + \cos\theta\vec{k} \end{aligned} \quad (4)$$

и конуса

$$\begin{aligned} \vec{a}'^0_1 &= \vec{i} + r_{,x}\sin\theta\vec{j} + r_{,x}\cos\theta\vec{k}; \quad \vec{a}'^0_2 = r(x)\sin\theta\vec{j} + r_{,x}\cos\theta\vec{k}; \\ \vec{a}'^0 &= (-r(x) \cdot r_{,x}\vec{i} + r(x)\sin\theta\vec{j} + r(x)\cos\theta\vec{k}) / (r(x)\sqrt{1 + r_{,x}^2}), \end{aligned} \quad (5)$$

где $r_{,x} = -t\alpha$.

Соотношения (4), (5) могут быть представлены в матричной форме:

$$\begin{aligned} \{\vec{a}^0\}_{3 \times 1} &= [C^0]_{3 \times 3} \{\vec{i}\}_{3 \times 1}; \quad \{\vec{i}\}_{3 \times 1} = [C^0]^{-1}_{3 \times 3} \{\vec{a}^0\}_{3 \times 1}; \\ \{\vec{a}'^0\}_{3 \times 1} &= [K^0]_{3 \times 3} \{\vec{i}\}_{3 \times 1}; \quad \{\vec{i}\}_{3 \times 1} = [K^0]^{-1}_{3 \times 3} \{\vec{a}'^0\}_{3 \times 1}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{где } \{\vec{a}^0\}_{1 \times 3}^T = \{\vec{a}_1^0 \vec{a}_2^0 \vec{a}^0\}; \quad \{\vec{i}\}_{1 \times 3} = \{\vec{i}\vec{j}\vec{k}\}; \quad \{\vec{a}'^0\}_{1 \times 3}^T = \{\vec{a}'^0_1 \vec{a}'^0_2 \vec{a}'^0\}.$$

На основании (6) можно установить матричную зависимость между векторами локальных базисов цилиндра и конуса:

$$\{\vec{a}^0\}_{3 \times 1} = [C^0]_{3 \times 3} [K^0]^{-1}_{3 \times 3} \{\vec{a}'^0\}_{3 \times 1} = [d^0]_{3 \times 3} \{\vec{a}'^0\}_{3 \times 1}. \quad (7)$$

Дифференцированием (4) и (5) можно найти производные векторов локального базиса:

$$\begin{aligned} \vec{a}_{1,x}^0 &= 0; \quad \vec{a}_{2,x}^0 = 0; \quad \vec{a}_{,x}^0 = 0; \\ \vec{a}_{1,\theta}^0 &= 0; \quad \vec{a}_{2,\theta}^0 = -R\sin\theta\vec{j} - R\cos\theta\vec{k}; \quad \vec{a}_{,\theta}^0 = \cos\theta\vec{j} - \sin\theta\vec{k}; \\ \vec{a}'_{1,x} &= 0; \quad \vec{a}'_{2,x} = r_{,x}\cos\theta\vec{j} - r_{,x}\sin\theta\vec{k}; \\ \vec{a}'_{,x} &= ((-r_{,x}^2)\vec{i} + r_{,x}\sin\theta\vec{j} + r_{,x}\cos\theta\vec{k}) / (r(x)\sqrt{1 + r_{,x}^2}) + \\ &+ (-r(x)r_{,x}\vec{i} + r(x)\sin\theta\vec{j} + r(x)\cos\theta\vec{k}) \cdot \left(\frac{-r_{,x}}{(r(x))^2 \sqrt{1 + r_{,x}^2}} \right); \end{aligned} \quad (8)$$

$$\vec{a}_{1,\theta}^{0'} = r_{,\theta} \cos \theta \vec{j} - r_{,\theta} \sin \theta \vec{k}; \quad \vec{a}_{2,\theta}^{0'} = -r(x) \sin \theta \vec{j} - r(x) \cos \theta \vec{k};$$

$$\vec{a}_{,\theta}^{0'} = (r(x) \cos \theta \vec{j} - r(x) \sin \theta \vec{k}) / (r(x) \sqrt{1 + r_{,x}^2}).$$

Соотношения (8), (9) могут быть представлены в матричном виде:

$$\{\vec{a}_{,x}^0\} = [0]\{\vec{i}\}; \quad \{\vec{a}_{,\theta}^0\} = [C_{,\theta}^0]\{\vec{i}\};$$

$$\{\vec{a}_{,x}^{0'}\} = [K_{,x}^0]\{\vec{i}\}; \quad \{\vec{a}_{,\theta}^{0'}\} = [K_{,\theta}^0]\{\vec{i}\},$$

или с учётом (6):

$$\{\vec{a}_{,\theta}^{0'}\} = [C_{,\theta}^0][C^0]^{-1}\{\vec{a}^0\} = \{\mu\}\{\vec{a}^0\}; \quad \{\vec{a}_{,x}^{0'}\} = [K_{,x}^0][K^0]^{-1}\{\vec{a}^{0'}\} = \{\nu\}\{\vec{a}^{0'}\};$$

$$\{\vec{a}_{,\theta}^{0'}\} = [K_{,\theta}^0][K^0]^{-1}\{\vec{a}^0\} = \{w\}\{\vec{a}^0\}, \quad (10)$$

где $\{\vec{a}_{,x}^0\}^T = \{\vec{a}_{1,x}^0 \vec{a}_{2,x}^0 \vec{a}_{,x}^0\}$; $\{\vec{a}_{,\theta}^0\}^T = \{\vec{a}_{1,\theta}^0 \vec{a}_{2,\theta}^0 \vec{a}_{,\theta}^0\}$; $\{\vec{a}_{,x}^{0'}\}^T = \{\vec{a}_{1,x}^{0'} \vec{a}_{2,x}^{0'} \vec{a}_{,x}^{0'}\}$; $\{\vec{a}_{,\theta}^{0'}\}^T = \{\vec{a}_{1,\theta}^{0'} \vec{a}_{2,\theta}^{0'} \vec{a}_{,\theta}^{0'}\}$.

При деформировании конструкции бункерного типа точка её срединной поверхности A^0 переместится в точку А. Вектор перемещения данной точки и его производные по x и θ записываются в локальном базисе точки A^0 :

$$\vec{v} = u\vec{a}_1^0 + v\vec{a}_2^0 + w\vec{a}^0; \quad \vec{v}_{,x} = t_x^1\vec{a}_1^0 + t_x^2\vec{a}_2^0 + t_x\vec{a}^0;$$

$$\vec{v}_{,\theta} = t_\theta^1\vec{a}_1^0 + t_\theta^2\vec{a}_2^0 + t_\theta\vec{a}^0, \quad (11)$$

где u, v, w – меридиональная, кольцевая и нормальная компоненты вектора перемещения, $t_x^1, t_x^2, t_x, t_\theta^1, t_\theta^2, t_\theta$ – компоненты производных векторов перемещений.

При получении соотношений между деформациями и перемещениями и их производными при расчёте тонкостенных конструкций, к которым относятся оболочечные конструкции бункерного типа, используют гипотезу о прямой нормали (Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. 2010):

$$\vec{v} + \zeta \vec{a} = \vec{V} + \zeta \vec{a}^0,$$

Откуда

$$\vec{V} = \vec{v} + \zeta(\vec{a} - \vec{a}^0), \quad (12)$$

где $\vec{V}$ – вектор перемещения точки, расположенной во внутреннем слое бункерной конструкции на расстоянии ζ от её срединной поверхности; $\vec{a}$ – орт нормали в точке срединной поверхности в деформированном состоянии.

Ковариантные компоненты тензора деформаций могут быть определены соотношением механики сплошной среды (Седов Л. И. Механика сплошной среды, 1976):

$$\varepsilon_{\alpha\beta}^\zeta = (g_{\alpha\beta} - g_{\alpha\beta}^0)/2, \quad (13)$$

$$\text{где } g_{\alpha\beta} = \vec{g}_\alpha \cdot \vec{g}_\beta; \quad g_{\alpha\beta}^0 = \vec{g}_\alpha^0 \cdot \vec{g}_\beta^0. \quad (14)$$

Здесь и ниже греческие индексы α и β последовательно принимают значения x и θ .

Входящие в (14) векторы базиса $\vec{g}_\alpha^0, \vec{g}_\alpha$ точки, расположенной в произвольном слое бункерной конструкции, определяются дифференцированием соответствующих радиус-векторов:

$$\vec{g}_\alpha^0 = \vec{R}_{,\alpha}^{0\zeta} = (\vec{R}^0 + \zeta \vec{a}^0)_{,\alpha} = \vec{a}_\alpha^0 + \zeta \vec{a}_{,\alpha}^0; \quad (15)$$

$$\vec{g}_\alpha = \vec{R}_{,\alpha}^\zeta = (\vec{R}^{0\zeta} + \vec{V})_{,\alpha} = \vec{g}_\alpha^0 + \vec{V}_{,\alpha} = \vec{g}_\alpha^0 + t_\alpha^1 \vec{a}_1^0 + t_\alpha^2 \vec{a}_2^0 + t_\alpha \vec{a}^0 + \zeta(\vec{a} - \vec{a}^0)_{,\alpha}.$$

Конечный элемент оболочечной конструкции бункерного типа. Конечным элементом бункерной конструкции выбирается четырёхугольный фрагмент её срединной поверхности с узлами m, n, p, s , расположенными в углах фрагмента. С целью реализации процедуры численного интегрирования по площади четырёхугольного фрагмента по квадратуре Гаусса в конечном элементе, наряду с глобальной x, θ используется локальная система координат ξ, η , изменяющаяся в пределах от -1 до 1.

Столбец узловых неизвестных четырёхугольного фрагмента представляет собой набор, состоящий из компонент узловых векторов перемещений и их частных производных первого порядка по локальным ξ, η или глобальным x, θ координатам:

$$\{U_y^l\}_{1 \times 36}^T = \left\{ \{u_y^l\}_{1 \times 12}^T \{v_y^l\}_{1 \times 12}^T \{w_y^l\}_{1 \times 12}^T \right\}; \quad (16)$$

$$\{U_y^r\}_{1 \times 36}^T = \left\{ \{u_y^r\}_{1 \times 12}^T \{v_y^r\}_{1 \times 12}^T \{w_y^r\}_{1 \times 12}^T \right\}, \quad (17)$$

где $\{z_y^l\}_{1 \times 12}^T = \{z^m z^n z^p z^s z_{,\xi}^m z_{,\xi}^n z_{,\xi}^p z_{,\xi}^s z_{,\eta}^m z_{,\eta}^n z_{,\eta}^p z_{,\eta}^s\}$; $\{z_y^r\}_{1 \times 12}^T = \{z^m z^n z^p z^s z_{,x}^m z_{,x}^n z_{,x}^p z_{,x}^s z_{,\theta}^m z_{,\theta}^n z_{,\theta}^p z_{,\theta}^s\}$. Здесь под z понимается компонента вектора перемещения u, v или w .

Между (16) и (17) можно установить матричную зависимость:

$$\{U_y^l\}_{36 \times 1} = [T]_{36 \times 36} \{U_y^r\}_{36 \times 1}. \quad (18)$$

Глобальные координаты x и θ точки внутренней области четырёхугольного конечного элемента выражаются через глобальные координаты узлов посредством матричной зависимости:

$$x = \{\varphi\}_{1 \times 4}^T \{x_y\}_{4 \times 1}; \quad \theta = \{\varphi\}_{1 \times 4}^T \{\theta_y\}_{4 \times 1}, \quad (19)$$

где $\{x_y\}_{1 \times 4}^T = \{x^m x^n x^p x^s\}$; $\{\theta_y\}_{1 \times 4}^T = \{\theta^m \theta^n \theta^p \theta^s\}$; $\{\varphi\}_{1 \times 4}^T = \{\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \varphi_4\}$ – матрица-строка, содержащая билинейные функции локальных координат:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{(1-\xi)}{2} \frac{(1-\eta)}{2}; \quad \varphi_2 = \frac{(1+\xi)}{2} \frac{(1-\eta)}{2}; \\ \varphi_3 &= \frac{(1+\xi)}{2} \frac{(1+\eta)}{2}; \quad \varphi_4 = \frac{(1-\xi)}{2} \frac{(1+\eta)}{2}; \end{aligned} \quad (20)$$

Для получения элементов входящей в (18) матрицы $[T]$ необходимо найти производные (19) по ξ и η :

$$\begin{aligned} x_{,\xi} &= \{\varphi_{,\xi}\}_{1 \times 4}^T \{x_y\}_{4 \times 1}; \quad x_{,\eta} = \{\varphi_{,\eta}\}_{1 \times 4}^T \{x_y\}_{4 \times 1}; \\ \theta_{,\xi} &= \{\varphi_{,\xi}\}_{1 \times 4}^T \{\theta_y\}_{4 \times 1}; \quad \theta_{,\eta} = \{\varphi_{,\eta}\}_{1 \times 4}^T \{\theta_y\}_{4 \times 1}. \end{aligned} \quad (21)$$

Компонента вектора перемещения точки, принадлежащей внутренней области четырёхузловой конечного элемента, интерполируется через набор своих узловых значений и их производных посредством полиномиальных зависимостей, представляющих собой произведения Эрмитовых функций третьего порядка:

$$z = \{\psi\}_{1 \times 12}^T \{z_y^l\}_{12 \times 1}. \quad (22)$$

Выполняя операцию дифференцирования (22) по x и θ , можно получить интерполяционные выражения для производных компонент вектора перемещения первого и второго порядка:

$$z_{,\alpha} = (\{\psi_{,\xi}\}^T \xi_{,\alpha} + \{\psi_{,\eta}\}^T \eta_{,\alpha}) \{z_y^n\};$$

$$z_{,\alpha\beta} = (\{\psi_{,\xi\xi}\}^T \xi_{,\alpha} \xi_{,\beta} + \{\psi_{,\xi\eta}\}^T (\xi_{,\alpha} \eta_{,\beta} + \eta_{,\alpha} \xi_{,\beta}) + \{\psi_{,\eta\eta}\}^T \eta_{,\alpha} \eta_{,\beta} + \{\psi_{,\xi}\}^T \xi_{,\alpha\beta} + \{\psi_{,\eta}\}^T \eta_{,\alpha\beta}) \{z_y^n\}. \quad (23)$$

Для компоновки матрицы жесткости и столбца узловых усилий четырёхузлового конечного элемента используется функционал Лагранжа:

$$\Phi = \int_V \{\varepsilon_{\alpha\beta}^\zeta\}^T \{\sigma^{\alpha\beta}\} dV - \int_F \{U\}^T \{P\} dF, \quad (24)$$

где $\{\varepsilon_{\alpha\beta}^\zeta\}^T = \{\varepsilon_{11}^\zeta \varepsilon_{22}^\zeta 2\varepsilon_{12}^\zeta\}$; $\{\sigma^{\alpha\beta}\}^T = \{\sigma^{11} \sigma^{22} \sigma^{12}\}$ – деформации и напряжения в точке произвольного слоя оболочки; $\{U\}^T = \{u \ v \ w\}$ – компоненты вектора перемещения точки срединной поверхности оболочечной конструкции бункерного типа; $\{P\}^T = \{p_1 \ p_2 \ p_3\}$ – столбец внешней поверхностной нагрузки.

Дальнейшая процедура получения матрицы жесткости и столбца узловых усилий осуществляется по стандартному для МКЭ варианту в формулировке метода перемещений [7, 4, 9-12, 22, 17-19, 14-16].

Условия сочленения цилиндрической оболочки с усечённым конусом. Для корректного вычисления напряжений в зоне сочленения цилиндрической части с усечённым конусом бункерной конструкции необходимо предусмотреть выполнение матричных операций, позволяющих выражение узловых неизвестных усечённого конуса через узловые неизвестные цилиндрической части в узлах на окружности их пересечения. Для выполнения данной задачи были использованы следующие условия сочленения.

Равенство векторов перемещений усечённого конуса и цилиндра в узлах, расположенных на границе сочленения:

$$\vec{v}^c = \vec{v}^k \text{ или}$$

$$u \vec{a}_1^0 + v \vec{a}_2^0 + w \vec{a}^0 = u' \vec{a}_1^{0'} + v' \vec{a}_2^{0'} + w' \vec{a}^{0'}. \quad (25)$$

Принимая во внимание (7), равенство (25) можно преобразовать к виду

$$u \left(d_{11}^0 \vec{a}_1^{0'} + d_{12}^0 \vec{a}_2^{0'} + d_{13}^0 \vec{a}^{0'} \right) + v \left(d_{21}^0 \vec{a}_1^{0'} + d_{22}^0 \vec{a}_2^{0'} + d_{23}^0 \vec{a}^{0'} \right) +$$

$$+ w \left(d_{31}^0 \vec{a}_1^{0'} + d_{32}^0 \vec{a}_2^{0'} + d_{33}^0 \vec{a}^{0'} \right) = u' \vec{a}_1^{0'} + v' \vec{a}_2^{0'} + w' \vec{a}^{0'}. \quad (26)$$

Из (26) можно получить следующие три равенства:

$$u' = u d_{11}^0 + v d_{21}^0 + w d_{31}^0; \quad v' = u d_{12}^0 + v d_{22}^0 + w d_{32}^0;$$

$$w' = u d_{13}^0 + v d_{23}^0 + w d_{33}^0. \quad (27)$$

Применяя к (25) операцию дифференцирования по θ , можно записать следующие выражения:

$$\vec{v}_\theta^c = \vec{v}_\theta^k \text{ или } t_\theta^1 \vec{a}_1^0 + t_\theta^2 \vec{a}_2^0 + t_\theta \vec{a}^0 = t_\theta^{1'} \vec{a}_1^{0'} + t_\theta^{2'} \vec{a}_2^{0'} + t_\theta' \vec{a}^{0'}. \quad (28)$$

Учитывая (7) из (28), можно получить ещё три равенства:

$$t_\theta^{1'} = t_\theta^1 d_{11}^0 + t_\theta^2 d_{21}^0 + t_\theta d_{31}^0; \quad t_\theta^{2'} = t_\theta^1 d_{12}^0 + t_\theta^2 d_{22}^0 + t_\theta d_{32}^0;$$

$$t_\theta' = t_\theta^1 d_{13}^0 + t_\theta^2 d_{23}^0 + t_\theta d_{33}^0. \quad (29)$$

Из (29) можно выразить производные компонент векторов перемещений конуса по координате θ в узлах на границе пересечения через узловые неизвестные цилиндра:

$$\begin{aligned} u'_{\theta} &= f_1(u, u_x, u_{\theta}, v, v_x, v_{\theta}, w, w_x, w_{\theta}); \\ v'_{\theta} &= f_2(u, u_x, u_{\theta}, v, v_x, v_{\theta}, w, w_x, w_{\theta}); \\ w'_{\theta} &= f_3(u, u_x, u_{\theta}, v, v_x, v_{\theta}, w, w_x, w_{\theta}). \end{aligned} \quad (30)$$

Следующим кинематическим условием сочленения цилиндрической части с усечённым конусом является предположение о равенстве угла поворота нормалей к их срединным поверхностям:

$$\begin{aligned} \vec{v}_x^c \vec{a}^0 &= \vec{v}_x^k \vec{a}^{0'} \quad \text{или} \\ (t_x^1 \vec{a}_1^0 + t_x^2 \vec{a}_2^0 + t_x \vec{a}^0) \vec{a}^0 &= (t_x^{1'} \vec{a}_1^{0'} + t_x^{2'} \vec{a}_2^{0'} + t_x' \vec{a}^{0'}) \vec{a}^{0'}, \quad \text{откуда} \\ t_x &= t_x'. \end{aligned} \quad (31)$$

Из (31) можно получить выражение для производной нормальной компоненты вектора перемещения по x конуса через узловые неизвестные цилиндрической части:

$$w'_x = f_4(u, u_x, u_{\theta}, v, v_x, v_{\theta}, w, w_x, w_{\theta}). \quad (32)$$

Статическое условие сочленения заключается в равенстве суммы сил в узлах на окружности сочленения:

$$\begin{aligned} \vec{N}^c + \vec{N}^k &= 0 \quad \text{или} \\ N_x^1 \vec{a}_1^0 + N_x^2 \vec{a}_2^0 + N_x \vec{a}^0 &= -N_x^{1'} \vec{a}_1^{0'} - N_x^{2'} \vec{a}_2^{0'} - N_x' \vec{a}^{0'}. \end{aligned} \quad (33)$$

Из (33) можно записать равенство $N_x^2 = -N_x^{2'}$.

Из последнего равенства можно выразить производную кольцевой компоненты вектора перемещения по x конуса через узловые варьируемые параметры цилиндра:

$$v'_x = f_5(u, u_x, u_{\theta}, v, v_x, v_{\theta}, w, w_x, w_{\theta}). \quad (34)$$

Компонента u'_x в узлах на окружности сочленения остаётся свободно варьируемой.

На основании (27), (30), (32) и (34) компонуются матрицы преобразований [PR], на которые умножаются матрицы жесткости и столбцы узловых усилий четырёхузловых конечных элементов усечённого конуса, которые граничат с окружностью сочленения.

Результаты и обсуждение. Была рассчитана тонкостенная бункерная конструкция, состоящая из цилиндра и усечённого конуса, нагруженная внутренним давлением $q = 5,0$ МПа. Торцы цилиндрической части был шарнирно закреплён, торец усечённого конуса был свободен от закреплений (Рис. 1). Были приняты следующие исходные данные: длина образующей цилиндрической части $L_c = 1,00$ м; радиус цилиндра $R = 0,9$ м; толщина стенок бункера $t = 0,02$ м; длина образующей конуса $L_c = 0,6$ м; угол $\alpha = \frac{\pi}{4}$ рад.

Вследствие наличия осевой симметрии бункерная конструкция моделировалась одним рядом четырёхугольных конечных элементов, ориентированным в меридиональном направлении. Результаты расчётов представлены в таблице, в которой приведены значения меридиональных σ_m и кольцевых σ_k напряжений на внутренней (σ^B), наружной (σ^H) и срединной (σ^C) поверхностях в характерных сечениях бункерной конструкции в зависимости от числа конечных элементов.

Анализ табличного материала показывает устойчивую сходимость вычислительного процесса и практическое совпадение численных значений напряжений аналитическому решению, полученному из условия равновесия тонкостенной бункерной конструкции.

Координата x , м	Напряжения σ , МПа	Число конечных элементов			Аналитическое решение σ , МПа
		24	48	96	
0,0 м	σ_M^B	80,89	81,0	81,0	
	σ_M^H	81,17	81,13	81,13	
	$\sigma_K^{\text{сред}}$	81,07	81,066	81,066	81,066
	$\sigma_K^{\text{сред}}$	225,05	225,04	225,04	225,00
1,0 м	σ_M^B	637,06	638,03	637,51	
	σ_M^H	-473,39	-475,85	-475,38	
	σ_K^B	113,41	113,69	113,54	
	σ_K^H	-219,73	-220,47	-220,33	
1,42 м	σ_M^B	-0,13	-0,016	-0,001	0,000
	σ_M^H	0,14	0,016	0,001	0,000
	σ_K^B	165,82	165,85	165,86	
	σ_K^H	152,33	152,30	152,29	
	$\sigma_K^{\text{сред}}$	159,08	159,08	159,07	

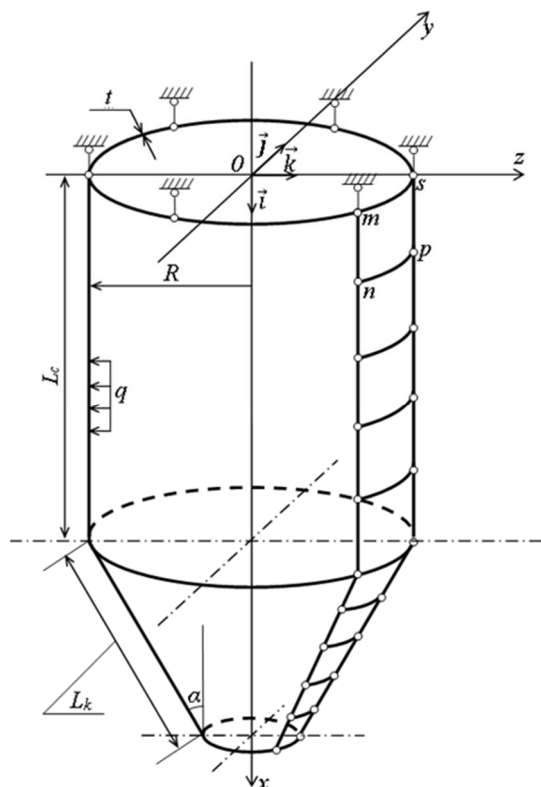


Рисунок 1 – Расчётная схема тонкостенной конструкции бункерного типа

На рисунке 2 представлены эпюры меридиональных напряжений на внутренней и наружной поверхностях бункерной конструкции. Как видно из рисунка, концентрация напряжений возникает в зоне сочленения цилиндрической части с усеченным конусом, что необходимо учитывать при выполнении прочностных расчётов бункерной конструкции.

Несомненный интерес представляет анализ влияния угла α на коэффициент концентрации напряжений в зоне сочленения цилиндрической части с усеченным конусом. На рисунке 3 представлен график изменения коэффициента концентрации напряжений K , равного отношению σ_M^B при $x = 0,0$ м к σ_K^B при $x = L_c$ в зависимости от угла α .

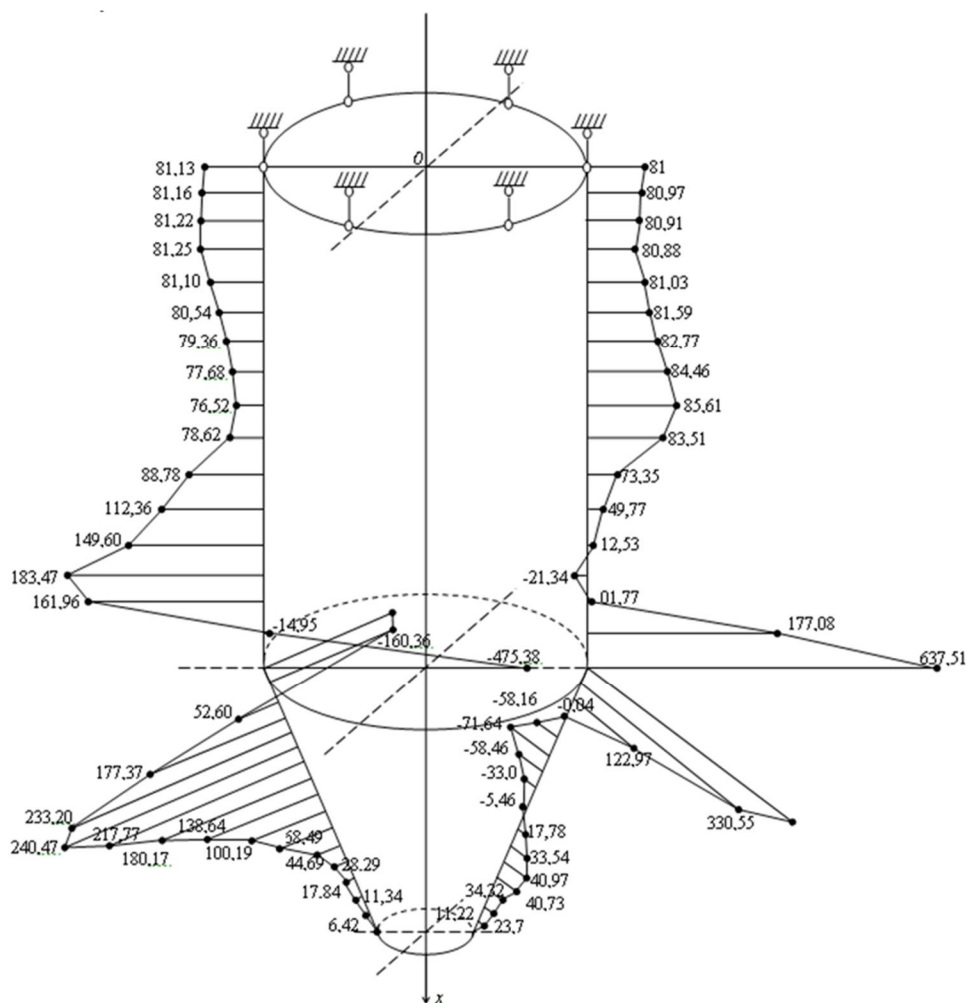


Рисунок 2 – Эпюры нормальных напряжений $\sigma_{xx}^H, \sigma_{xx}^B$, МПа

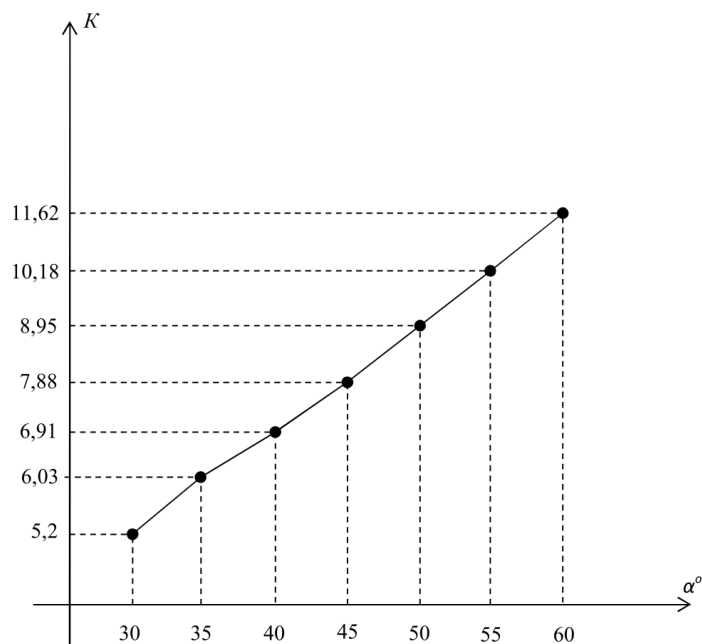


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента концентрации напряжений K от угла α

Как видно из рисунка 3, коэффициент концентрации напряжений K увеличивается с увеличением значения угла α .

Заключение. На основании анализа табличного и графического материалов можно сделать вывод о корректности разработанного алгоритма расчёта тонкостенной конструкции бункерного типа, о наличии концентрации напряжений в зоне сочленения цилиндрической части с усечённым конусом, о пропорциональности коэффициентов концентрации напряжений углу наклона образующей конуса α к оси Ox , что необходимо учитывать при выполнении прочностных расчётов конструкций бункерного типа.

Библиографический список

1. Игнатьев, А.В. Расчет тонких пластин по методу конечных элементов в форме классического смешанного метода с исключением перемещений конечных элементов как жесткого целого [Текст] / А. В. Игнатьев, В. А. Игнатьев, Е.А. Гамзатова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 3 (711). – С. 5-13.
2. Игнатьев, А. В. Анализ изгибаемых пластинок с односторонними связями по методу конечных элементов в форме классического смешанного метода / А. В. Игнатьев, В. А. Игнатьев, Е. А. Гамзатова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2018. – № 8 (716). – С. 5-14.
3. Каюмов, Р.А. Потеря устойчивости листовых косоугольных консолей [Текст] / Р.А. Каюмов, И.З. Мухамедова, Г.Ф. Хазиева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 3 (45). – С. 129-135.
4. Каюмов, Р. А. Моделирование процесса деформирования и оценка несущей способности системы грунт – тонкостенная конструкция [Текст]/ Р. А. Каюмов, Ф. Р. Шакирзянов, С.С. Гаврюшин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – № 6. – С. 20-24.
5. Ким, А.Ю. Сравнение экспериментального и численного исследования большепролетного пневматического линзообразного сооружения [Текст] / А.Ю. Ким, С.В. Полников // Научное обозрение. – 2016. – № 15. – С. 36-41.
6. Пятикрестовский, К.П. О программировании нелинейного метода расчета деревянных конструкций [Текст] / К.П. Пятикрестовский, В.И. Травуш// Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 2. – С. 115-119.
7. Расчетное обоснование механической безопасности стадионов к чемпионату мира по футболу 2018 года [Текст] / А. М. Белостоцкий, П. А. Акимов, А. А. Аул, Д. С. Дмитриев, Ю. Н. Дядченко, А. И. Нагибович, К. И. Островский, А. С. Павлов // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 3 – С. 118-129.
8. Хайруллин, Ф.С. Расчет тонких оболочек с использованием аппроксимирующих функций различного порядка [Текст] / Ф.С. Хайруллин, Д.Д. Мингалиев // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 14. – С. 102-104.
9. Чепурненко, А.С. Расчет цилиндрических гофрированных конструкций при помощи полуаналитического метода конечных элементов [Текст]/ А.С. Чепурненко, Б.М. Языев, М.С. Турко // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 12 (64). – С. 49-56.
10. Belostotsky, A.M. Adaptive finite-element models in structural health monitoring systems [Текст]/ A.M. Belostotsky, P.A. Akimov, O.A. Negrozov, N.O. Petryashev, S.O. Petryashev, S.V. Sherbina, D.K. Kalichava, T.B. Kaytukov // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 2. – С. 169-178.
11. Continuum mechanics based bilinear shear deformable shell element using absolute nodal coordinate formulation, Trans. ASME. [Tekst] / H. Yamashita, Antti I. Valkeapaa, P. Jayakumar, H. Syqiyama // J. Comput. and Nonlinear Dyn. – 2015. – Vol. 10. – № 5. – P. 051012/1-051012/9.
12. Finite element simulatio of metallic cylindrical sandwich shells with graded aluminum tabular cores subjected to internal blast loading, [Tekst] / Shiqiang Li, Guoxing Lu, Zhihua Wang, Longmao Zhao, Guiying Wu // Int. J. Mech. Sci. – 2015. – № 96-97. – P. 1-12.
13. Galishnikova, V.V. Analysis of frame buckling without sidesway classification [Tekst] / V.V. Galishnikova, P.Ja. Pahl // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. – Т. 14. – № 4. – С. 299-312.
14. Hanslo, P. Tangential differential calculus and the finite element modeling of a large deformation elastic membrane problem [Tekst] / P. Hanslo, G. Larson Mats, F. Larson // Comput. Mech. – 2015. – Vol. 56. – № 1. – P. 87-95.

15. He, Xiaocong. Finite element analysis of torsional free vibration of adhesively bonded single-lap joints [Tekst] / He, Xiaocong // Int. J. Adhes. and Adhes. – 2014. – № 48. – P. 59-66.
16. Levyakov, S.V. Application of triangular element invariants for geometrically nonlinear analysis of functionally graded shells [Tekst] / S.V. Levyakov, V.V. Kuznetsov // Computational Mechanics. – 2011. – Vol. 48. – №. 4. – P. 499-513.
17. Nguyen, Nhung. Nonlinear, finite deformation, finite element analysis, ZAMP. [Tekst] / Nhung Nguyen, Anthonym Waas // Z. Angew. math. and Phys. – 2016. – Vol. 67. – №. 9. – P. 35/1-35/24.
18. Sartorato, Murilo. A finite element formulation for smart piezoelectric composite shells: Mathematical formulation, computational analysis and experimental evaluation [Tekst] / Murilo Sartorato, Ricardo de Medeiros, Volnei Tita // Compos. Struct. – 2015. – №. 127. – P. 185-198.
19. Solodovnikov, A.S. Numerical study of strength properties for a composite material with short reinforcing fibers [Tekst] / A.S. Solodovnikov, S.V. Sheshenin // Moscow University Mechanics Bulletin. – 2017. – T. 72. – № 4. – P. 94-100.
20. Storozhuk, E.A. Stress Distribution Near a Circular Hole in a Flexible Orthotropic Cylindrical Shell of Elliptical Cross-Section [Tekst] / E.A. Storozhuk, S.M. Komarchuk // International Applied Mechanics. – 2018. – № 54(6). – C. 687-694.
21. Storozhuk, E.A. Stress-Strain State Near a Hole in a Shear-Compliant Composite Cylindrical Shell with Elliptical Cross-Section [Tekst] / E.A. Storozhuk, I.S. Chernyshenko, A.V. Yatsura // International Applied Mechanics. – 2018. – № 54(5). – C. 559-567.
22. Zhelezov, L.P. Nonlinear deformation and stability of discretely reinforced elliptical cylindrical shells under transverse bending and internal pressure [Tekst] / L.P. Zhelezov, V.V. Kabanov, D.V. Boiko // Russian Aeronautics. – 2014. – T. 57. – № 2. – P. 118-126.

References

1. Ignat'ev, A. V. Raschet tonkih plastin po metodu konechnykh jelementov v forme klassicheskogo smeshannogo metoda s isklucheniem peremeschenij konechnykh jelementov kak zhestkogo celogo [Tekst] / A. V. Ignat'ev, V. A. Ignat'ev, E. A. Gamzatova // Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo. - 2018. - № 3 (711). - P. 5-13.
2. Ignat'ev, A. V. Analiz izgibaemykh plastinok s odnostoronnnimi svyazyami po metodu konechnykh jelementov v forme klassicheskogo smeshannogo metoda / A. V. Ignat'ev, V. A. Ignat'ev, E. A. Gamzatova // Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo. - 2018. - № 8 (716). - P. 5-14.
3. Kayumov, R. A. Poterya ustojchivosti listovykh kosougol'nykh konsol'ej [Tekst] / R. A. Kayumov, I. Z. Muhamedova, G. F. Hazieva // Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. - 2018. - № 3 (45). - P. 129-135.
4. Kayumov, R. A. Modelirovanie processa deformirovaniya i ocenka nesuschej sposobnosti sistemy grunt - tonkostennaya konstrukciya [Tekst] / R. A. Kayumov, F. R. Shakirzyanov, S. S. Gavryushin // Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Mashinostroyeniye. - 2014. - № 6. - P. 20-24.
5. Kim, A. Yu. Sravnenie jeksperimental'nogo i chislennogo issledovaniya bol'sheproletnogo pnevmaticheskogo linzobraznogo sooruzheniya [Tekst] / A. Yu. Kim, S. V. Polnikov // Nauchnoye obozrenie. - 2016. - № 15. - P. 36-41.
6. Pyatikrestovskij, K. P. O programmirovanii nelinejnogo metoda rascheta derevyannykh konstrukcij [Tekst] / K. P. Pyatikrestovskij, V. I. Travush // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. - 2015. - № 2. - P. 115-119.
7. Raschetnoe obosnovanie mehanicheskoy bezopasnosti stadionov k chempionatu mira po futbolu 2018 goda [Tekst] / A. M. Belostockij, P. A. Akimov, A. A. Aul, D. S. Dmitriev, Yu. N. Dyadchenko, A. I. Nagibovich, K. I. Ostrovskij, A. S. Pavlov // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. - 2018. - № 3 - P. 118-129.
8. Hajrullin, F. S. Raschet tonkih obolochek s ispol'zovaniem approksimiruyuschiy funkciy razlichnogo poryadka [Tekst] / F. S. Hajrullin, D. D. Mingaliev // Vestnik Tehnologicheskogo universiteta. - 2017. - T. 20. - № 14. - P. 102-104.
9. Chepurnenko, A. S. Raschet cilindricheskikh gofirovannykh konstrukcij pri pomoschi poluanaliticheskogo metoda konechnykh jelementov [Tekst] / A. S. Chepurnenko, B. M. Yazyev, M. S. Turko // Stroitel'stvo i tehnogennaya bezopasnost'. - 2018. - № 12 (64). - P. 49-56.

10. Belostotsky, A.M. Adaptive finite-element models in structural health monitoring systems [Текст] / A.M. Belostotsky, P.A. Akimov, O.A. Negrozov, N.O. Petryashev, S.O. Petryashev, S.V. Sherbina, D.K. Kalichava, T.B. Kaytukov // Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 2. – P. 169-178.
11. Continuum mechanics based bilinear shear deformable shell element using absolute nodal coordinate formulation, Trans. ASME. [Текст] / H. Yamashita, Antti I. Valkeapaa, P. Jayakumar, H. Syqiyama // J. Comput. and Nonlinear Dyn. – 2015. – Vol. 10. – № 5. – P. 051012/1-051012/9.
12. Finite element simulatio of metallic cylindrical sandwich shells with graded aluminum tabular cores subjected to internal blast loading, [Текст] / Shiqiang Li, Guoxing Lu, Zhihua Wang, Longmao Zhao, Guiying Wu // Int. J. Mech. Sci. – 2015. – № 96-97. – P. 1-12.
13. Galishnikova, V.V. Analysis of frame buckling without sidesway classification [Текст] / V.V. Galishnikova, P.Ja. Pahl // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. – Т. 14. – № 4. – P. 299-312.
14. Hanslo, P. Tangential differential calculus and the finite element modeling of a large deformation elastic membrane problem [Текст] / P. Hanslo, G. Larson Mats, F. Larson // Comput. Mech. – 2015. – Vol. 56. – № 1. – P. 87-95.
15. He, Xiaocong. Finite element analysis of torsional free vibration of adhesively bonded single-lap joints [Текст] / He, Xiaocong // Int. J. Adhes. and Adhes. – 2014. – № 48. – P. 59-66.
16. Levyakov, S.V. Application of triangular element invariants for geometrically nonlinear analysis of functionally graded shells [Текст] / S.V. Levyakov, V.V. Kuznetsov // Computational Mechanics. – 2011. – Vol. 48. – № 4. – P. 499-513.
17. Nguyen, Nhung. Nonlinear, finite deformation, finite element analyse, ZAMP. [Текст] / Nhung Nguyen, Anthonym Waas // Z. Angew. math. and Phys. – 2016. – Vol. 67. – № 9. – P. 35/1-35/24.
18. Sartorato, Murilo. A finite element formulation for smart piezoelectric composite shells: Mathematical formulation, computational analysis and experimental evaluation [Текст] / Murilo Sartorato, Ricardo de Medeiros, Volnei Tita // Compos. Struct. – 2015. – № 127. – P. 185-198.
19. Solodovnikov, A.S. Numerical study of strength properties for a composite material with short reinforcing fibers [Текст] / A.S. Solodovnikov, S.V. Sheshenin // Moscow University Mechanics Bulletin. – 2017. – Т. 72. – № 4. – P. 94-100.
20. Storozhuk, E.A. Stress Distribution Near a Circular Hole in a Flexible Orthotropic Cylindrical Shell of Elliptical Cross-Section [Текст] / E.A. Storozhuk, S.M. Komarchuk // International Applied Mechanics. – 2018. – № 54(6). – P. 687-694.
21. Storozhuk, E.A. Stress-Strain State Near a Hole in a Shear-Compliant Composite Cylindrical Shell with Elliptical Cross-Section [Текст] / E.A. Storozhuk, I.S. Chernyshenko, A.V. Yatsura // International Applied Mechanics. – 2018. – № 54(5). – P. 559-567.
22. Zheleznov, L.P. Nonlinear deformation and stability of discretely reinforced elliptical cylindrical shells under transverse bending and internal pressure [Текст] / L.P. Zheleznov, V.V. Kabanov, D.V. Boiko // Russian Aeronautics. – 2014. – Т. 57. – № 2. – P. 118-126.

Информация об авторах

Клочков Юрий Васильевич, заведующий кафедры «Высшая математика», Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1027-1811>. E-mail: klotchkov@bk.ru.

Николаев Анатолий Петрович, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7098-5998>. E-mail: anpetr40@yandex.ru.

Фомин Сергей Денисович, доцент кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского государственного аграрного университета (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.

Соболевская Татьяна Алексеевна, доцент кафедры «Высшая математика», Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9167-075X>. E-mail: moonway13@rambler.ru.

Андреев Александр Сергеевич, ассистент кафедры «Высшая математика», Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3763-0394>. E-mail: aandreev.07.1988@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 519.245.53.08

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-35

СИЛОВЫЕ И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ РУЛЕВОГО УСИЛИТЕЛЯ

POWER AND KINEMATIC DEPENDENCE OF THE STEERING AMPLIFIER

Г.Д. Кокорев, доктор технических наук, доцент

И.А. Успенский, доктор технических наук, профессор

И.А. Юхин, доктор технических наук, доцент

И.А. Афиногенов, аспирант

G.D. Kokorev, I.A. Uspensky, I.A. Yukhin, I.A. Afinogenov

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»*

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Ryazan State Agrarian University named after P.A. Kostycheva*

Дата поступления в редакцию 04.03.2019

Дата принятия к печати 12.05.2019

Received 00.00.2019

Submitted 12.05.2019

В статье рассматривается методика оценки силовых и кинематических зависимостей рулевого усилителя с помощью предложенных автором математических моделей на примере практического расчета гидравлического рулевого усилителя автомобиля Урал 4320. Определена актуальность исследования параметров и характеристик рулевого усилителя для выполнения предъявляемых к нему требований по кинематическому следящему действию (перемещению) и силовому следящему действию (по силе сопротивления повороту). Проведен теоретический и практический анализ предложенной методики и ее преимуществ перед другими. Рассмотрено математическое обоснование основных критериев и параметров гидравлического рулевого усилителя. Рассчитано усилие на штоке силового цилиндра от момента сопротивления повороту управляемых колес, давление рабочей жидкости в гидравлическом рулевом усилителе от скорости движения автомобиля на повороте, давление рабочей жидкости в силовом цилиндре в зависимости от дорожных условий. На основе проведенных расчетов определены числовые показатели исследуемых параметров и построены их графические зависимости. Сделан положительный вывод о целесообразности применения данной методики для оценки силовых и кинематических зависимостей рулевого усилителя. Предложенные математические модели расчета силовых и кинематических зависимостей могут быть применены для расчета характеристик и параметров других рулевых усилителей и повышения эффективности их работы.

The article discusses the method of assessing the power and kinematic dependencies of the steering amplifier using the mathematical models proposed by the author, using the example of practical calculation of the hydraulic steering amplifier of a Ural 4320 vehicle.) and force tracking action (by the force of resistance to rotation). A theoretical and practical analysis of the proposed method and

its advantages over others has been carried out. The mathematical substantiation of the main criteria and parameters of the hydraulic power steering is considered. Calculated the force on the rod of the power cylinder from the moment of resistance to the rotation of the steered wheels, the pressure of the working fluid in the hydraulic power steering from the speed of the car on the turn, the pressure of the working fluid in the power cylinder depending on road conditions. On the basis of the calculations, the numerical indicators of the parameters studied are determined and their graphical dependencies are constructed. A positive conclusion was made about the feasibility of using this technique to assess the power and kinematic dependencies of the steering amplifier. The proposed mathematical models for the calculation of power and kinematic dependencies can be applied to calculate the characteristics and parameters of other steering amplifiers and increase the efficiency of their work.

Ключевые слова: рулевое управление, рулевой усилитель, гидравлический рулевой усилитель, математическая модель, силовой цилиндр, рабочая жидкость.

Key words: steering, steering amplifier, hydraulic steering amplifier, mathematical model, power cylinder, working fluid.

Цитирование. Кокорев Г.Д., Успенский И.А., Юхин, И.А. Афиногенов И.А. Силовые и кинематические зависимости рулевого усилителя. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 297-303. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-35.

Citation. Kokorev G.D., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Afinogenov I.A. Power and kinematic dependences of the steering amplifier. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 297-303. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-35.

Введение. Рулевое управление – одна из важнейших систем автомобиля, предназначенная для обеспечения поворота и поддержания заданного водителем направления движения и представляющая собой совокупность узлов и механизмов, необходимых для синхронизации положения рулевого колеса и угла поворота управляемых колес.

Составляющей системы рулевого управления, служащей для облегчения управления автомобилем, повышения его маневренности и безопасности движения, смягчающей толчки и удары дорожных неровностей, передаваемых от управляемых колес на рулевое колесо, является рулевой усилитель. Его принцип действия заключается в создании дополнительного усилия на рулевой привод под давлением жидкости, сжатого воздуха или усилия электрического привода, необходимого для поворота управляемых колес автомобиля.

К рулевым усилителям предъявляют требования, в соответствии с которыми они должны обеспечивать:

- кинематическое следящее действие (по перемещению), т.е. соответствие между углами поворота рулевого колеса и управляемых колес;
- силовое следящее действие (по силе сопротивления повороту), т.е. пропорциональность между усилием на рулевом колесе и силами сопротивления повороту управляемых колес;
- возможность управлять автомобилем при выходе усилителя из строя;
- действие только в случаях, когда усилие на рулевом колесе превышает требуемое значение;
- минимальное время срабатывания;
- минимальное влияние на стабилизацию управляемых колес автомобиля;
- смягчение и поглощение толчков и ударов, передаваемых от управляемых колес на рулевое колесо.

Обеспечение заданных требований, предъявляемых к рулевому усилителю, – сложная и комплексная задача.

Основная проблема настройки рулевого усилителя заключается в постоянно меняющихся условиях его работы. Анализ кинематических и силовых зависимостей – актуальная задача, стоящая перед инженерами, необходимая для обеспечения эффективной работы рулевого усилителя.

Цель исследования – определение силовых и кинематических зависимостей, действующих на рулевой усилитель и разработка методики их численных расчетов.

Материалы и методы. Необходимость понятия физическо-математической модели рулевого усилителя обусловлена определением его основных критериев. Для создания гармоничной системы рулевого управления автомобиля, уравнивающей все силы, следует определить источники их появления и рассчитать их значение.

Проведя анализ совершенствования рулевого управления на примере работ ученых [4, 7, 3, 9, 1], мы сделали вывод о разобщенности теории определения сил, действующих на рулевой усилитель. Предложенные методики рассчитывают отдельные критерии рулевого усилителя и не дают общих данных, необходимых для его комплексной оценки.

Предложенная автором методика определяет силовые и кинематические зависимости, влияющие на работу гидравлического усилителя руля:

- усилие на штоке силового цилиндра от момента сопротивления повороту управляемых колес;
- давление рабочей жидкости в гидравлическом рулевом усилителе от скорости движения автомобиля на повороте;
- давление рабочей жидкости в силовом цилиндре в зависимости от дорожных условий.

Концепция определения этих зависимостей позволит решить задачу уравнивания системы управления, расчета характеристик рулевого усилителя и выполнения предъявляемых к нему требований.

Математическое обоснование силовых и кинематических зависимостей, действующих на рулевой усилитель, рассмотрим на практическом примере гидравлического рулевого усилителя автомобиля Урал 4320–0010–31.

Представим математическую модель определения усилия на штоке силового цилиндра от момента сопротивления повороту управляемых колес.

На рассматриваемом автомобиле силовой цилиндр установлен в непосредственной близости у управляемых колес и усилие от штока силового цилиндра передается непосредственно на правую поворотную цапфу, соответственно равенство моментов для вала сошки будет иметь следующий вид [8]:

$$P_p R_{ш} U_{p.m} \eta_{p.m} = \left(\frac{M_{\Sigma}}{U_{p.n}} - \frac{P_{шт} h}{U'_{p.n}} \right), \quad (1)$$

где $P_{шт}$ – усилие на штоке рабочего цилиндра, Н; M_{Σ} – момент сопротивления повороту управляемых колес, Нм; P_p – допускаемое усилие на рулевом колесе, Н; h – плечо приложения усилия на штоке, м; $R_{ш}$ – радиус рулевого колеса, м; $U_{p.n}$ – угловое передаточное число рулевого привода; $U'_{p.n}$ – угловое передаточное число рулевого привода (со стороны колеса); $\eta_{p.m}$ – КПД рулевого механизма; $U_{p.m}$ – угловое передаточное число рулевого механизма.

Из этого равенства находим усилие на штоке силового цилиндра:

$$P_{шт} = \frac{\left(\frac{M_{\Sigma}}{U_{p.n}} - P_p R_{ш} U_{p.m} \eta_{p.m} \right) U'_{p.n}}{h}. \quad (2)$$

Произведя необходимые численные расчеты, можно построить графическую зависимость усилия на штоке силового цилиндра от момента сопротивления повороту управляемых колес, представленную на рисунке 1.

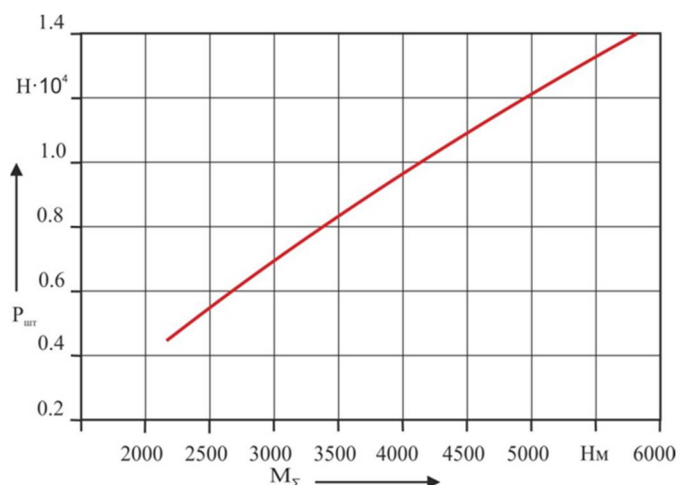


Рисунок 1 – Зависимость усилия на штоке силового цилиндра от момента сопротивления повороту управляемых колес

Представляя математическую модель определения давления рабочей жидкости в силовом цилиндре гидравлического рулевого усилителя, используем зависимость [6]:

$$P_{ц} = \frac{P_{шт}}{0,25\pi D_{ц}^2}, \quad (3)$$

где $P_{ц}$ – давление рабочей жидкости в силовом цилиндре гидравлического рулевого усилителя, Па; $D_{ц}$ – диаметр силового цилиндра, м; $P_{шт}$ – усилие на штоке рабочего цилиндра, Н.

Используя значения практически полученных значений, в зависимости от условий дорожного движения, строим графическую зависимость давления в силовом цилиндре от скорости движения автомобиля на повороте.

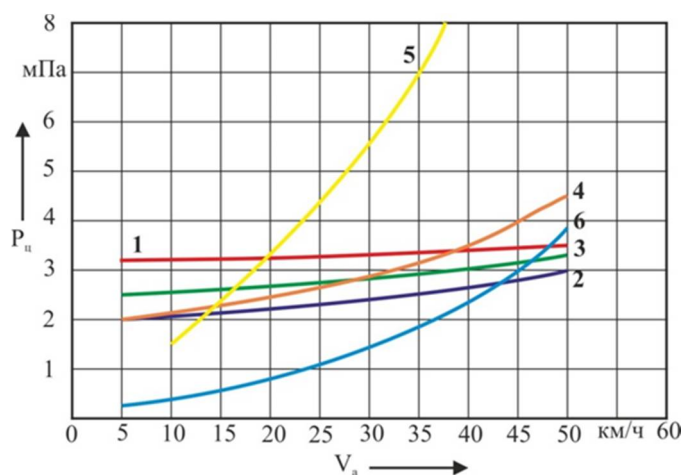


Рисунок 2 – Зависимость давления в силовом цилиндре от скорости движения автомобиля на повороте:

1 – асфальтобетон, 2 – гравий, 3 – грунтовая сухая, 4 – грунтовая мокрая,
5 – песок, 6 – уплотненный снег

Из полученных расчетов следует, что наиболее тяжелым режимом работы гидравлического рулевого усилителя является поворот на песке, что соответствует максимальному давлению рабочей жидкости в гидравлическом рулевом усилителе.

Рассмотрим математическую модель определения максимального давления рабочей жидкости в силовом цилиндре в зависимости от дорожных условий.

Максимальная скорость поворота автомобиля определяется по условиям, при которых автомобиль может занести, то есть по условию безопасности прохождения поворота [1]:

$$V_{\text{зан}} = \sqrt{g\varphi R_{\text{пов}}}, \quad (4)$$

где φ – коэффициент сцепления шин в поперечной плоскости.

Результаты и обсуждение. Результаты числовых вычислений давления рабочей жидкости в силовом цилиндре в зависимости от дорожных условий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика поворота автомобиля в зависимости от дорожных условий

Дорожные условия	Асфальто-бетон	Гравий	Грунтовая сухая	Грунтовая мокрая	Песок	Уплотненный снег
Скорость, м/с	9,85	8,37	8,68	7,7	4,52	4,64
$P_{\text{ц}}$, МПа	3,22	2,37	2,69	2,69	2,1	0,5

Из полученных результатов следует, что наибольшее давление в силовом цилиндре достигается при повороте автомобиля на асфальтобетонном покрытии.

Представленные математические модели на практическом примере позволяют рассчитать максимальные силовые и кинематические зависимости, действующие на рулевой усилитель. Расчет этих позиций позволит обеспечить уравнивание системы управления, расчет характеристик рулевого усилителя и выполнение предъявляемых к нему требований.

Можно сделать вывод об эффективности и перспективности предложенной методики, о возможности ее применения для расчета критериев рулевого усилителя и применения в конструкторской деятельности.

Заключение. Рулевое управление – сложная и высокотехнологичная система автомобиля, составляющей которой является рулевой усилитель. Конструктивные параметры рулевого усилителя требуют математически обоснованных решений и расчетов, в том числе по определению силовых и кинематических зависимостей (усилие на штоке силового цилиндра от момента сопротивления повороту управляемых колес, давление рабочей жидкости в гидравлическом рулевом усилителе от скорости движения автомобиля на повороте и максимальное давление рабочей жидкости в силовом цилиндре в зависимости от дорожных условий).

Используя математический аппарат, на примере гидравлического рулевого усилителя автомобиля Урал 4320–0010–31, проводили расчет параметров силовой и кинематической зависимости рулевого усилителя, позволяющий определить численные значения сил, действующих на рулевой усилитель, для уравнивания системы управления и определения предъявляемых к нему параметров и характеристик.

Предложенные математические модели расчета силовых и кинематических зависимостей могут быть применены для расчета характеристик и параметров других рулевых усилителей и повышения эффективности их работы.

Библиографический список

1. Жданов, А. В. Теоретические исследования рабочих процессов, протекающих в распределителях гидравлических рулевых механизмов [Текст] / А. В. Жданов, Ю. Е. Меркушева // Омский научный вестник. – 2013. – №1 (117).
2. ИONOBA, Ю. Е. Алгоритм системы автоматизации проектирования основных параметров гидропривода рулевого управления [Текст] / Ю. Е. ИONOBA // Вестник СибАДИ. – 2016. – №2 (48).
3. Исследование работы рулевых управлений с гидроусилителями [Текст] / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, Д.Е. Токарев, Ю.В. Лобанов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.

4. К вопросу о повышении эффективности рулевого управления автомобилей многоцелевого назначения [Текст]/ Е. С. Терещенко, И. А. Мурог, Д. Ю. Фадеев, Д. В. Шабалин // Омский научный вестник. – 2013. – №2 (120).
5. Меркушева, Ю.Е. Расчетные схемы гидросистемы рулевого управления [Текст] /Ю.Е. Меркушева // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (127). – С. 138-140.
6. Мурог, И.А. Математическая модель движения автомобиля [Текст]/ И.А. Мурог// Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2013. – №1.
7. Мурог, И.А., Решение уравнений математической модели рулевого управления с усилителем гидравлического типа [Текст] /И.А. Мурог, Г. Д. Драгунов, А. С. Заболотников// Вестник ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. – 2013. – №1.
8. Степанов, В. М. Методика оптимизации параметров гидроусилительного агрегата рулевого управления автотранспортных средств [Текст]/ В. М. Степанов, Н. М. Меркулов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – №3-5.
9. Устранение неисправностей рулевого управления [Текст]/ И.А. Мурог, Е. С. Терещенко, Д. Ю. Фадеев, Д. В. Шабалин // Вестник СибАДИ. – 2013. – №4 (32).
10. Christoph, Nippold. Analysis and application of steering systems on a steering test bench [Текст] / Nippold Christoph , Küçükay Ferit, Henze Roman // Automotive and Engine Technology. – 2016. – Volume 1. – Issue 1–4 December. – P. 3-13. DOI: 10.1007/s41104-016-0006-0
11. Electronic hydraulic steering system and its PID controller applied to third axle of multi-axle vehicles [Текст]/L. Qian, W. Hu, L. Qiu, S. Liu // China Mechanical Engineering. – 2015. – 26. – №22. – P. 3008–3013. DOI: 10.3969/j.issn.1004-132X.2015.22.005
12. Ma, J. Study on vehicle steering dynamics based on structural stability theory of nonlinear system [Текст] / J. Ma, Z. Feng, Hong-xun Song //China Journal of Highway and Transport. – 2015. – № 28(3). – P. 110-116.

References

1. Zhdanov, A. V. Teoreticheskie issledovaniya rabochih processov, protekayuschih v raspredelitel'nykh gidravlicheskikh rulevykh mekhanizmov [Текст]/ A. V. Zhdanov, Yu. E. Merkusheva // Omskij nauchnyj vestnik. - 2013. - №1 (117).
2. Ionova, Yu. E. Algoritmy sistemy avtomatizatsii proektirovaniya osnovnykh parametrov gidroprivoda rulevogo upravleniya [Текст] /Yu. E. Ionova // Vestnik SibADI. - 2016. - №2 (48).
3. Issledovanie raboty rulevykh upravlenij s gidrousilitel'nyimi [Текст] / A. V. Skrypnikov, E. V. Kondrashova, T. V. Skvorcova, D. E. Tokarev, Yu. V. Lobanov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. - 2014. - № 6.
4. K voprosu o povyshenii jeffektivnosti rulevogo upravleniya avtomobilej mnogocелеvogo naznacheniya [Текст]/ Е. С. Терещенко, И. А. Мурог, Д. Ю. Фадеев, Д. В. Шабалин // Омский научный вестник. - 2013. - №2 (120).
5. Merkusheva, Yu. E. Raschetnye sxemy gidrosistemy rulevogo upravleniya [Текст] /Yu. E. Merkusheva // Omskij nauchnyj vestnik. - 2014. - № 1 (127). - P. 138-140.
6. Murog, I. A. Matematicheskaya model' dvizheniya avtomobilya [Текст]/ I. A. Murog// Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. - 2013. - №1.
7. Murog, I. A., Reshenie uravnenij matematicheskoy modeli rulevogo upravleniya s usilitelem gidravlicheskogo tipa [Текст] /I. A. Murog, G. D. Dragunov, A. S. Zabolotnikov// Vestnik YuUrGU. Seriya: Mashinostroenie. - 2013. - №1.
8. Stepanov, V. M. Metodika optimizatsii parametrov gidrousilitel'nogo agregata rulevogo upravleniya avtotransportnykh sredstv [Текст]/ V. M. Stepanov, N. M. Merkulov // Izvestiya TulGU. Tehnicheskie nauki. - 2010. - №3-5.
9. Ustranenie neispravnostej rulevogo upravleniya [Текст]/ I. A. Murog, E. S. Tereschenko, D. Yu. Fadeev, D. V. Shabalin // Vestnik SibADI. - 2013. - №4 (32).
10. Christoph, Nippold. Analysis and application of steering systems on a steering test bench [Текст] / Nippold Christoph , Küçükay Ferit, Henze Roman // Automotive and Engine Technology. – 2016. – Volume 1. – Issue 1–4 December. – P. 3-13. DOI: 10.1007/s41104-016-0006-0
11. Electronic hydraulic steering system and its PID controller applied to third axle of multi-axle vehicles [Текст]/L. Qian, W. Hu, L. Qiu, S. Liu // China Mechanical Engineering. – 2015. – 26. – №22. – P. 3008–3013. DOI: 10.3969/j.issn.1004-132X.2015.22.005

12. Ma, J. Study on vehicle steering dynamics based on structural stability theory of nonlinear system [Tekst] / J. Ma, Z. Feng, Hong-xun Song // China Journal of Highway and Transport. – 2015. – № 28(3). – P. 110-116.

Информация об авторах

Кокорев Геннадий Дмитриевич, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (РФ, 390044, ул. Костычева, дом 1), доктор технических наук, доцент.
E-mail: kgd5408@rambler.ru.

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», (РФ, 390044, ул. Костычева, дом 1), доктор технических наук, профессор.
E-mail: ivan.uspensckij@yandex.ru.

Юхин Иван Александрович, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», (РФ, 390044, ул. Костычева, дом 1), доктор технических наук, доцент.
E-mail: yuival@rambler.ru.

Афиногенов Игорь Александрович, аспирант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (РФ, 390044, ул. Костычева, дом 1). **E-mail:** nls.ryazan@rambler.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors no conflict of interest.

УДК 658.512:004.04:633

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-36

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА «ВЫПОЛНИТЬ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ» С ЦЕЛЬЮ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БАЗОВЫХ ХОЗЯЙСТВАХ АГРАРНОГО ВУЗА MODELING AND ANALYSIS OF THE PROCESS «PERFORM RESEARCH AND DESIGN WORKS» FOR IMPLEMENTATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN BASIC FARMS OF AGRARIAN UNIVERSITY

О.В. Кочеткова¹, доктор технических наук, профессор
А.С. Матвеев¹, кандидат физико-математических наук, доцент
Е.В. Ширяева¹, кандидат технических наук, доцент
Д.П. Арьков^{1,2}, кандидат технических наук, доцент
O.V. Kochetkova¹, **A.S. Matveev**¹, **E.V. Shirayeva**¹, **D.P. Arkov**^{1,2}

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград

¹Volgograd State Agrarian University

²Federal Research Centre of Agroecology, amelioration
and protective afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd

Дата поступления в редакцию 14.03.2019
Received 14.03.2019

Дата принятия к печати 28.05.2019
Submitted 28.05.2019

Выполнены моделирование, исследование и анализ одного из важнейших в цепочке ценности бизнес-процесса «Выполнить научные исследования и проектные работы» сельскохозяйственного предприятия, занимающегося производством растениеводческой продукции. Установлено, что анализируемый бизнес-процесс имеет ряд существенных недостатков, таких как высокая трудоемкость и длительность операций по сбору и обработке данных; применение для сбора данных преимущественно ручных или механизированных способов, что снижает точность данных и повышает риски ошибок; результаты исследуемого процесса напрямую зависят от квалификации агронома и

экономиста предприятия, которые должны при отсутствии средств автоматизированной обработки информации и поддержки принятия решений принимать решения на основе своего опыта и интуиции, а не на основе решения задачи многокритериальной оптимизации. Это приводит к необоснованным управленческим решениям, ошибкам в планировании, повышенным рискам в части соблюдения временных факторов и, в конечном итоге, к снижению эффективности производства. В связи с этим потребовалась реорганизация существующего бизнес-процесса сельскохозяйственного предприятия. Реорганизованный бизнес-процесс, представленный моделями «Как будет» его подпроцессов, выполненных в современной нотации BPMN, предполагает широкое использование современных цифровых технологий. При этом часть наиболее сложных подпроцессов предлагается передать для выполнения из базового хозяйства аграрному вузу, используя распределенную информационную систему. Это позволит хранить оперативную информацию, поступающую от автоматических средств мониторинга и формируемую работниками хозяйства, а также научными сотрудниками вуза; хранить выстроенные цепочки агротехнологических операций, многофакторные модели технологий выращивания. Такой подход приведет к снижению рисков потери урожая, повышению качества и эффективности принятых проектов, более точным прогнозным решениям, а также создаст возможность решать вопросы прослеживаемости продукции растениеводства от семян до готового к потреблению продукта. Внедрение цифровых технологий позволит также снизить требования к квалификации агронома и экономиста хозяйства, так как система поддержки принятия решений предоставляет возможность реализовать несколько вариантов планов посева и технологий возделывания сельскохозяйственных культур с предполагаемыми результатами по урожайности и расчетом экономических показателей.

The article contains modeling, research and analysis of one of the most important business process values in the chain “Perform research and design work” of an agricultural enterprise engaged in crop production. It has been established that the analyzed business process has a number of significant drawbacks, such as high labor intensity and duration of data collection and processing operations; the use of predominantly manual or mechanized methods for data collection, which reduces the accuracy of the data and increases the risk of errors; The results of the process under study directly depend on the qualifications of the agronomist and economist of the enterprise, which, in the absence of automated information processing and decision-making support, make decisions based on their experience and intuition, and not on the basis of a solution, the problem of multi-criteria optimization. It leads to unreasonable management decisions, errors in planning, increased risks in terms of compliance with temporary factors and, ultimately, reduced production efficiency. In this regard, the reorganization of the existing business process of an agricultural enterprise was required. The reorganized business process, represented by the “To be” model of its subprocesses, performed in modern BPMN notation, implies a wide use of modern digital technologies. At the same time, it is proposed to transfer part of the most complex subprocesses to the agricultural holding of a basic economy using a distributed information system. It will allow storing the operational information received from automatic monitoring tools and formed by the workers of the farm, as well as by the researchers of the university; lined up chains of agrotechnological operations, multi-factor models of growing technologies. Such an approach will reduce the risks of yield loss, improve the quality and efficiency of adopted projects, more accurate predictive decisions, and also create an opportunity to address the issue of traceability of crop production from seed to product ready for consumption. The introduction of digital technologies will also reduce the qualification requirements of the agronomist and economist of the economy, as the decision support system provides an opportunity to implement several variants of sowing plans and technologies of cultivation of agricultural crops with the expected yield results and the calculation of economic indicators.

Ключевые слова: цифровые технологии, сельскохозяйственные предприятия, моделирование, бизнес-процессы.

Key words: digital technologies, agricultural enterprises, modeling, business processes.

Цитирование. Кочеткова О.В., Матвеев А.С., Ширяева Е.В., Арьков Д.П. Моделирование и анализ процесса «Выполнить научные исследования и проектные работы» с целью внедрения цифровых технологий в базовых хозяйствах аграрного вуза. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 303-314. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-36.

Citation. Kochetkova O.V., Matveev, A.S., Shirayeva, E.V., Arkov, D.P. Modeling and analysis of the process «Perform research and design works» for implementation of digital technologies in basic farms of agrarian university. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 303-314. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-36.

Введение. Агропромышленный комплекс вносит существенный вклад в формирование продовольственной и экономической безопасности России. Современная экономическая ситуация требует от АПК достижения критериев, определённых Доктриной продовольственной безопасности страны, эффективной организации производства, перехода аграрной экономики на новый уровень развития на инновационной основе за счет технической и технологической модернизаций и внедрения новых технологий [7, 10].

Важным фактором инновационного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации является интеграция аграрной науки и производства, которая реализуется в виде взаимодействия аграрных вузов и их базовых хозяйств. Такое взаимодействие позволяет на качественно новом уровне осуществлять производственное обучение студентов, проводить апробацию научных исследований, внедрять ресурсосберегающие и инновационные технологии, способствующие повышению эффективности производства сельскохозяйственной продукции.

К таким технологиям относятся, прежде всего, цифровые технологии. Именно цифровые технологии способны своевременно выполнять сбор и анализ больших массивов информации из различных источников; мониторинг экономических, технологических процессов и процессов естественного воспроизводства; обеспечивать оптимальные условия производства сельскохозяйственной продукции и обоснованное принятие управленческих решений; позволяет увеличить объемы сельскохозяйственного производства и доходность отрасли [11]. Однако уровень внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве Российской Федерации остается самым низким среди всех отраслей хозяйства. Одной из важных причин такого отставания, наряду с особенностями ведения агропроизводства и высокими первоначальными инвестициями, является непонимание сельхозтоваропроизводителями процессов использования цифровых технологий и механизмов повышения эффективности и результативности деятельности предприятий вследствие их применения как в России, так и за рубежом [6, 12]. Для устранения этой причины необходимо ясно, реалистично и подробно описать процессы трансформации традиционного сельскохозяйственного предприятия в цифровое, то есть использующего в своей деятельности современные информационные технологии [9].

Неотъемлемой составляющей деятельности любой организации, её строительными блоками являются бизнес-процессы. Их четкое описание необходимо для понимания текущего положения дел и непрерывного совершенствования с целью повышения эффективности управления производственной деятельностью сельскохозяйственных предприятий. Однако описание и совершенствование бизнес-процессов возможно, если только они идентифицированы и понятны специалистам предприятия. С этой целью для рассмотрения и анализа бизнес-процессов сначала выполняется их предварительная формализация в виде графических моделей, которые наглядно представляют последовательность выполняемых процедур, механизмы контроля и управления, а также документацию, которая регламентирует выполнение процедуры в рамках рассматриваемого бизнес-процесса; исполнителей и ресурсы процедур; входящую и выходящую информацию, которая используется в этих процедурах [2].

Материалы и методы. Анализ и совершенствованию деятельности предприятия всегда предшествует выделение его отдельных бизнес-процессов [1]. Для решения этой задачи используются разные методы. Так, функциональный подход выделяет биз-

нес-процессы в соответствии с функциями, которые выполняют структурные подразделения предприятия [5]. Матричный подход основан на представлении бизнес-процессов в виде матрицы, элементы которой – это отдельные бизнес-процессы, соответствующие подсистемам и стадиям жизненного цикла продуктов и услуг. Продуктовый подход идентифицирует бизнес-процессы по их результатам. Однако чаще всего к выделению бизнес-процессов применяется подход М. Портера [4], основанный на концепции цепочки ценностей, который определяет логику создания ценности, участников цепочки, структуру и организацию бизнеса. Поток создания ценности — это все действия как добавляющие, так и не добавляющие ценность, которые приводят к созданию продукта и его передаче клиенту.

В нашем исследовании основные бизнес-процессы сельскохозяйственного предприятия были выделены в соответствии с цепочкой ценности и в соответствии с основными этапами создания результатов. При этом, согласно концепции бережливого производства, формирование цепочки производилось от результата, который предоставляется потребителю. При разбиении цепочек ценности на этапы нами использовались промежуточные результаты производственной деятельности сельскохозяйственного предприятия.

После выделения основных бизнес-процессов на базе методологии бизнес-моделирования и процессного подхода производятся их декомпозиция и формализация в виде графических моделей. Для применения процессного подхода используются разные нотации моделирования. Широко используемая нотация моделирования IDEF0 проста и понятна, но не позволяет описывать сложные процессы ввиду отсутствия в ней логических элементов. Единственной распространенной нотацией, позволяющей реализовать концепцию непосредственного исполнения бизнес-процесса и использующейся в моделях архитектуры предприятия, является нотация BPMN, которая и будет использоваться в данном исследовании.

Построенные графические модели позволят наглядно оценить исследуемую деятельность по отношению к нормативным требованиям, найти проблемные области и определить возможности для улучшений, чтобы достичь поставленных целей. В этом случае сначала создают модели «Как есть», которые позволяют выявить текущие несоответствия, проблемы и узкие места, а затем построить модели «Как будет», отображающие правила выполнения процессов для достижения желаемой цели.

Результаты. В настоящее время, сопровождающееся бурным развитием и использованием преимуществ цифровых технологий, необходимо, чтобы бизнес-процессы могли быстро совершенствоваться и адаптироваться к технологическим достижениям. Одним из самых значительных изменений в современном промышленном и аграрном производстве является все более широкое использование интернета вещей [8], поэтому по мере того как технология все больше и больше интегрируется в нашу жизнь, бизнес-процессы будут продолжать изменяться и адаптироваться к применению новых технологий, то есть практически станут регулярными [3]. Поэтому нами в единую модель бизнес-процессов верхнего уровня были включены бизнес-процессы развития.

Были выделены следующие бизнес-процессы верхнего уровня: выполнить маркетинговые исследования, выполнить научные исследования и проектные работы, осуществить закупки, выполнить производство продуктов и услуг, реализовать продукцию и услуги, выполнить сервисное обслуживание, выполнить работы по развитию.

Бизнес-процесс «Выполнить научные исследования и проектные работы» выполняется после процесса выполнения маркетинговых исследований, результатом которого является расчет емкости рынков сельскохозяйственной продукции, выбор рынков сбыта, принятая ценовая политика для достижения требуемых финансовых результатов деятельности.

Бизнес-процесс «Выполнить научные исследования и проектные работы» является одним из важнейших, поскольку определяет, по сути дела, успех всех дальнейших действий по производству продукции и услуг. Ненадлежащее выполнение этого процесса может привести к недостаткам в выборе сельскохозяйственных культур и технологии их возделывания; неправильному выбору техники для производств; уменьшению валового дохода и прибыли предприятия.

Бизнес-процесс «Выполнить научные исследования и проектные работы» включает следующие подпроцессы: проанализировать возможности производства, определить комплекс агротехнологических приемов, разработать технологию производства, разработать проекты. Рассмотрим подробнее подпроцессы «Как есть» исследуемого бизнес-процесса, изображенные в виде диаграмм в нотации BPMN на рисунке 1.

Стартовое событие подпроцесса «Проанализировать возможности производства» запускается получением результата маркетингового исследования о потенциальном спросе рынка на продукцию сельскохозяйственного предприятия, полученного в предыдущем процессе верхнего уровня. После стартового события параллельные операции сбора информации о возможности производственного оборудования предприятия и сбора данных о почвенно-климатических условиях и об истории полей, исполняемые соответственно экономистом и агрономом предприятия, позволяют разработать агроному план посева, который далее должен быть утвержден экономистом с учетом всей собранной информации. При условии отрицательного результата утверждения плана посева разработка плана посева повторяется. Подпроцесс завершается сообщением о наличии утвержденного плана посева и собранной информации о производственных мощностях сельскохозяйственного предприятия, которое запускает следующий подпроцесс «Определить комплекс агротехнологических приемов».

Подпроцесс «Определить комплекс агротехнологических приемов» после стартового события, запущенного предыдущим подпроцессом, начинается с операции обзора агрономом литературы и передового опыта агротехнологических приемов выращивания культур в соответствии с планом посева и производственными мощностями предприятия, что дает возможность агроному далее в параллельных операциях грамотно определить системы обработки и удобрения почвы, комплекс агротехнологических приемов подготовки и посева семян, комплекс агротехнологических приемов по уходу и уборке посевов.

Подпроцесс завершается сообщением о готовности комплекса агротехнологических приемов выращивания культур, которое является основанием запуска следующего подпроцесса «Разработать технологию производства». Единственным исполнителем подпроцесса «Разработать технологию производства» так же, как и в предыдущем подпроцессе, является агроном, который разрабатывает технологию выращивания культуры после операции соответствующего обзора литературы, передового и собственного опыта. Подпроцесс завершается сообщением о готовности технологической карты, которое запускает стартовое событие следующего подпроцесса «Создать проекты».

Экономист предприятия, который является единственным исполнителем подпроцесса «Создать проекты», на основании полученного документа «Технологическая карта» из предыдущего подпроцесса выполняет последовательно операции по разработке проекта и расчета его экономической эффективности до выполнения условия положительной эффективности разработанного проекта. Подпроцесс завершается сообщением о готовности проекта по выращиванию культур, которое запускает следующий процесс верхнего уровня «Осуществить закупку».

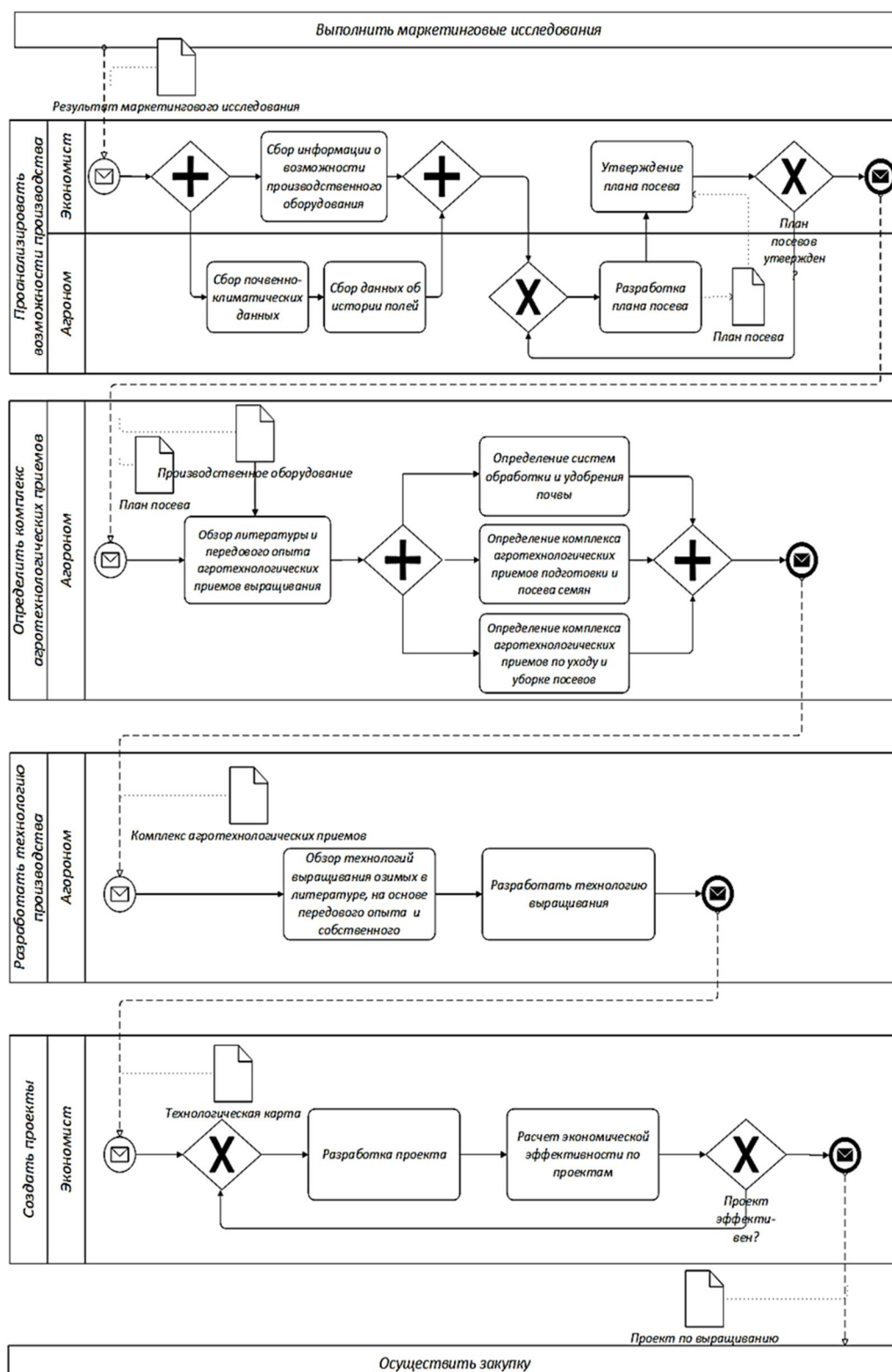


Рисунок 1 – BPMN-диаграмма «Как есть» процесса «Выполнить научные исследования и проектные работы»

Обсуждение. Анализ существующего процесса «Выполнить научные исследования и проектные работы», схемы которого представлены на рисунке 1, выявил его существенные недостатки в плане высоких требований к квалификации исполнителей,

трудоемкости и длительности операций по сбору и обработке данных, что в итоге может привести к значительной потере урожая. На протяжении всего процесса агроном выполняет операции, которые, по сути, представляют собой решение многокритериальных задач на основе значительного объема данных, которые, в свою очередь, собраны преимущественно ручным или механизированным способами. Поэтому результат исследуемого процесса напрямую зависит от степени квалификации агронома, который должен владеть не только агротехнологическими приемами, но и математическим аппаратом решения задачи многокритериальной оптимизации.

Отсутствие у экономиста современных средств поддержки принятия решения, необходимость сбора и обработки большого объема данных, в том числе и за прошедшие годы, ограниченные сроки разработки и утверждения итогового проекта ввиду специфики растениеводства, успех в котором напрямую зависит от соблюдения временных факторов, также являются причиной создания зачастую не самого эффективного проекта в растениеводстве.

С целью повышения эффективности производственной деятельности и принятия обоснованных управленческих решений целесообразно использовать цифровые технологии при выполнении исследуемого процесса. На рисунках 2-5 представлены диаграммы в нотации BPMN «Как будет» подпроцессов исследуемого бизнес-процесса.

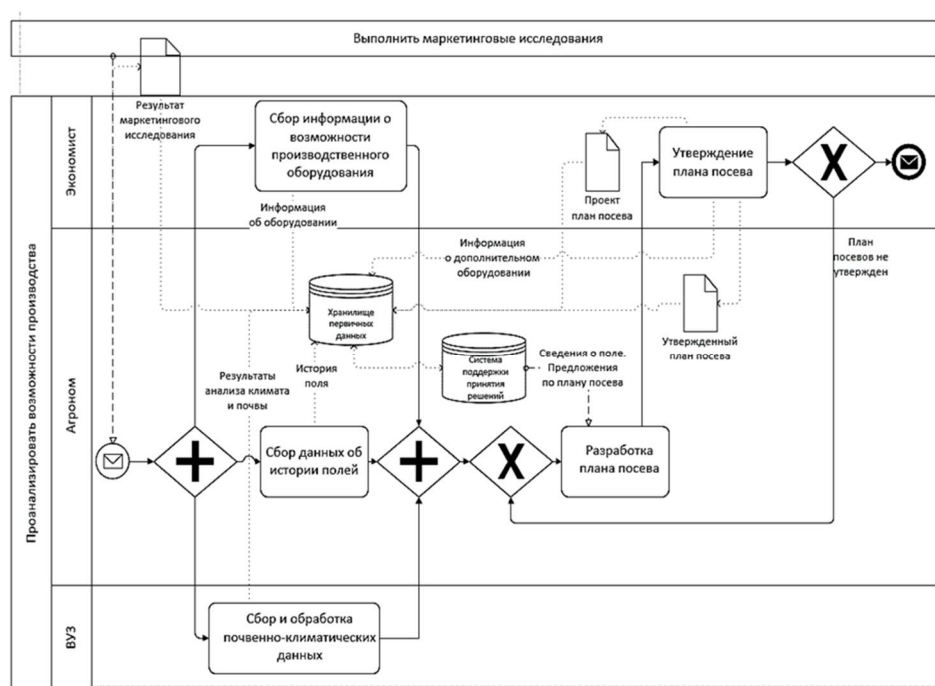


Рисунок 2 – BPMN-диаграмма «Как будет» подпроцесса «Проанализировать возможности производства»

Результаты процесса «Выполнить маркетинговые исследования» будут представлены в виде расчетных данных по разнообразным культурам (возможно, и ранее не выращиваемым в данном хозяйстве), которые вносятся в хранилище первичных данных и запускают функцию «Проанализировать возможности производства» (рисунок 2). Далее запускаются три параллельных функции: «Сбор информации о возможности производственного оборудования», «Сбор данных об истории полей», «Сбор и обработка почвенно-климатических данных». Последнюю из перечисленных функций целесообразно выполнять вузу, имеющему квалифицированные научные кадры и более широкие возможности

(программные, технические средства, научную и лабораторную базу и пр.) по обработке и анализу почвенно-климатических данных, чем базовое хозяйство. Собранные данные по каждому полю используются при разработке плана посева, при этом система поддержки принятия решений (ППР) предлагает различные планы посева для одного поля, в том числе и варианты с использованием оборудования, отсутствующего на предприятии, но применение которого целесообразно в сложившейся ситуации.

Далее экономист рассматривает план посева, предлагаемый агрономом, и предварительно оценивает экономическую целесообразность выращивания предложенных культур с использованием конкретного оборудования. Заканчивается подпроцесс утвержденным перечнем планов посева, который включает различные допустимые варианты использования поля, в том числе и для выращивания ранее не производимых культур. Такой подход позволит с минимальными трудозатратами получить на выходе несколько проектов и выбрать наиболее привлекательный для сельскохозяйственного предприятия.

При выполнении подпроцесса «Определить комплекс агротехнологических приемов» (рисунок 3) агроном только проверяет наличие в системе мониторинга и ППР наличие необходимых комплексов и агротехнологических приемов для выполнения разных планов посевов. В случае необходимости для предоставления дополнительной информации по этому вопросу подключается вуз.

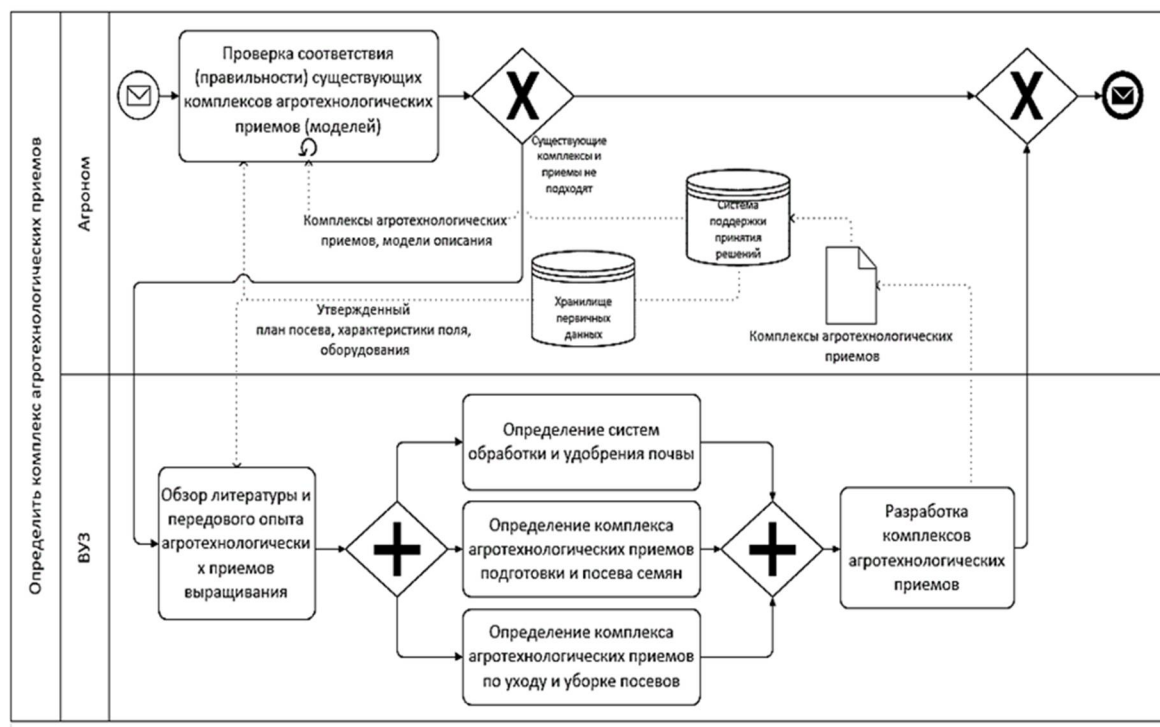


Рисунок 3 – BPMN-диаграмма «Как будет» подпроцесса «Определить комплекс агротехнологических приемов»

На основе утвержденного перечня планов посевов при выполнении подпроцесса «Разработать технологию производства» агроном с применением средств автоматизации формирует несколько технологических карт (рисунок 4). При этом на начальном этапе система ППР предлагает готовые варианты технологических карт для каждой культуры с выводом различных предполагаемых показателей, рассчитанных в случае применения предлагаемой технологии. Агроному необходимо только уточнить некоторые операции и выбрать несколько наиболее перспективных технологий. Самое трудо-

емкое и сложное – разработка объективных многофакторных моделей для разных климатических зон, почв и пр. на этом этапе ложится на вуз. При этом, решив такую задачу, на её основании можно тиражировать на различные хозяйства.

Последний подпроцесс, применяя систему ППР, позволяет выбрать наиболее перспективный проект. На заключительном этапе свою визу должен ставить руководитель хозяйства (рисунок 5).

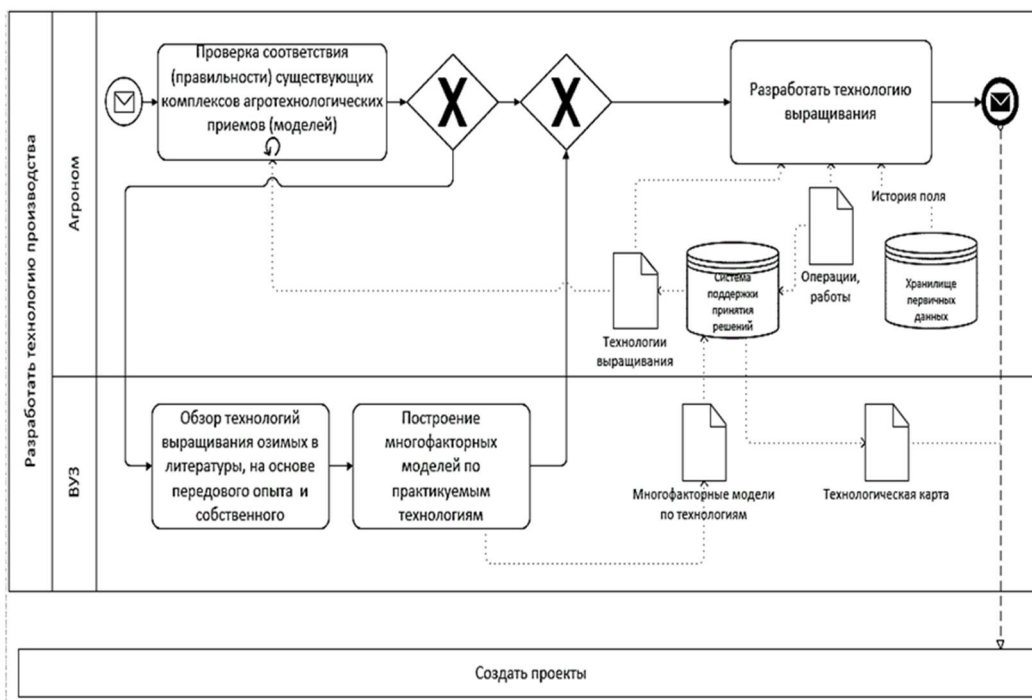


Рисунок 4 – BPMN-диаграмма «Как будет» подпроцесса «Разработать технологию производства»

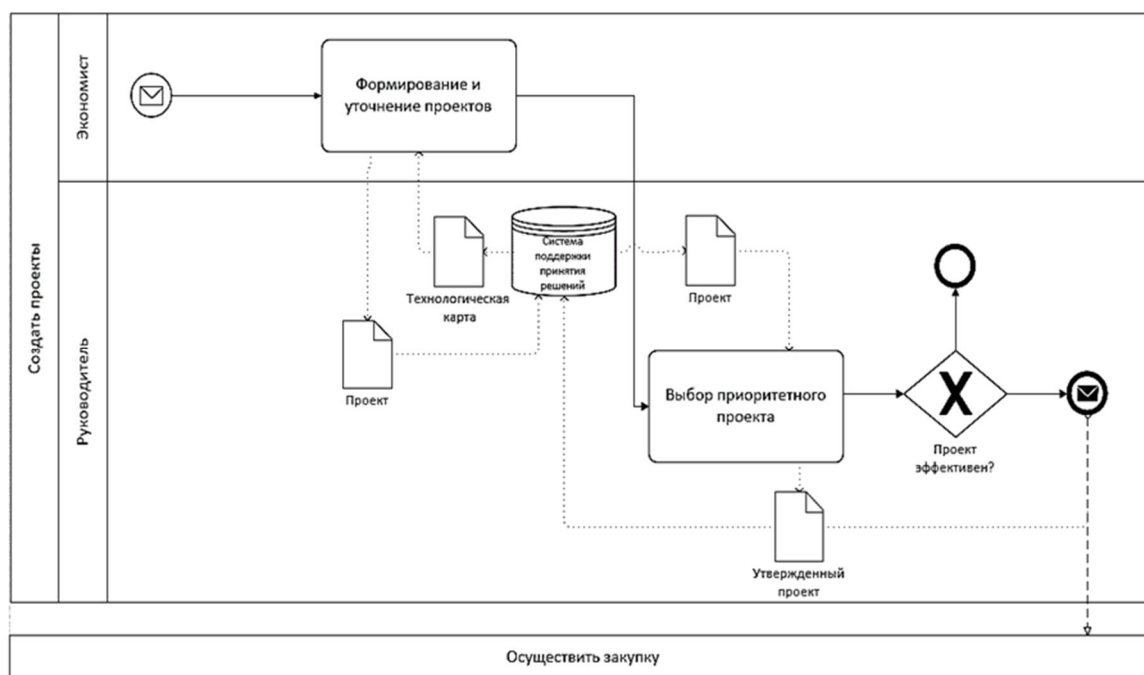


Рисунок 5 – BPMN-диаграмма «Как будет» подпроцесса «Разработать проекты»

Предлагаемые решения в модели «Как будет» процесса «Выполнение научных исследований и проектных работ» позволяют избавить базовые хозяйства от наиболее наукоемких и трудоемких процессов (обработка, анализ данных, изучение передовых технологий, построение многофакторных моделей для различных условий выращивания) и передают эти процессы для выполнения аграрному вузу.

Особую роль в работе базового хозяйства и его взаимодействия с вузом должна сыграть автоматизация предприятия. Предлагается создать информационную систему (ИС) предприятия из трех взаимосвязанных функциональных систем: хранилище первичных данных, система поддержки принятия решений и система мониторинга состояния (климата, почвы, техники и т.п.). Такая концептуальная модель ИС хозяйства должна хранить в базе знаний выстроенные цепочки агротехнологических операций, многофакторные модели технологий выращивания сельскохозяйственных культур. Это позволит снизить требования к квалификации агронома и экономиста хозяйства, так как система ППР предлагает несколько вариантов планов посева и технологий возделывания с предполагаемыми результатами по урожайности и расчетом экономических показателей.

Заключение. Моделирование бизнес-процесса сельскохозяйственного предприятия «Выполнить научные исследования и проектные работы», выполненное в современной нотации BPMN, позволяет констатировать низкий уровень использования информационных технологий в операциях по сбору и обработке исходных данных, а также при выработке технологического и проектного решений в сельском хозяйстве. Стартовые решения для сельскохозяйственного производства требуют обработки большого объема данных, таких как климатические и почвенные характеристики, севооборот или история поля, производственные мощности, технологическое оборудование, трудовые ресурсы и т.д., что в современных условиях конкуренции сельхозтоваропроизводителей и государственной политики развития инноваций в сельском хозяйстве предполагает новый уровень использования информационных технологий – переход к цифровым технологиям, обеспечивающим автоматизацию сбора и обработки большого объема данных и принятие решения на основе автоматизированных аналитических систем. Предложенные модели «Как есть» исследуемого процесса позволяют использовать современные цифровые технологии и реорганизовать бизнес-процесс для снижения рисков и повышения эффективности деятельности сельскохозяйственного предприятия.

Библиографический список

1. Грачева. Д.О. Идентификация бизнес-процессов верхнего уровня в крупных сельскохозяйственных предприятиях // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 5-4. – С. 709-713; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38327> (дата обращения: 24.05.2019).
2. Кочеткова, О.В. Формализация и анализ технологических процессов первичной переработки хлопка-сырца [Текст]/ О.В. Кочеткова, И.Ю. Подковыров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3 (51). – С. 291-300.
3. Кочеткова О.В. Трансформация бизнес-процессов сельскохозяйственных предприятий для внедрения технологии интернета вещей // Science in the modern information society XIX: Proceedings of the Conference. North Charleston, 23-24.04.2019, Vol. 1— Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019, p. 95-97.
4. Портер М.Э. Международная конкуренция: конкурентные преимущества стран / М. Портер; Пер. с англ. И. В. Квасюка, и др.. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 946 с. - ISBN 978-5-9614483-5-1.
5. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов [Текст]/ В.В. Репин, В. Г. Елиферов // М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. -544с. - ISBN 978-5-96157-554-5.

6. Botsiou, M. Aspects of Incorporation of ICT in the Greek Agricultural Enterprises: The Case of a Prefecture / M. Botsiou, V. Dagdilelis // *Procedia Technology*. – 2013. – № 8. – P. 387-396.
7. Facing digital agriculture challenges with knowledge engineering [Tekst] / M.Nery, R.Santos, W.Santos, V.Lourenco, M.Moreno // 018 First International Conference on Artificial Intelligence for Industries (AI4I), Laguna Hills, CA, USA. – 2018. – P. 118-119.
8. Khanna, A. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture / A. Khanna, S. Kaur // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2019. – №157. – P. 218-231.
9. Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies / V. Higgins, M. Bryant, A. Howell, J. Battersby // *Journal of Rural Studies*. – 2017. – № 55. – P. 193-202.
10. Shchutskaya, A. V. Digital farming development in Russia: Regional aspect / A. V. Shchutskaya, E. P. Afanaseva, L. V. Kapustina // *Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities*. – 2019. – P. 269-279.
11. The politics of digital agricultural technologies: A preliminary review / S.Rotz, E.Duncan, M.Small et all. // *Sociologia Ruralis*. – 2019. – №59 (2). – P. 203-229.
12. Xia, J. Bridging the digital divide for rural communities: The case of China /J. Xia, T.-J. Lu// *Telecommunications Policy*. – 2008. – №32. – P. 686-696.

References

1. Gracheva. D. O. Identifikaciya biznes-processov verhnego urovnya v krupnyh sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah // *Fundamental'nye issledovaniya*. - 2015. - № 5-4. - P. 709-713; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38327> (data obrascheniya: 24.05.2019).
2. Kochetkova, O. V. Formalizaciya i analiz tehnologicheskikh processov pervichnoj pererabotki hlopk-syrca [Tekst]/ O. V. Kochetkova, I. Yu. Podkovyrov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. - 2018. - № 3 (51). - P. 291-300.
3. Kochetkova O. V. Transformaciya biznes-processov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij dlya vnedreniya tehnologii interneta veschej // *Science in the modern information society XIX: Proceedings of the Conference*. North Charleston, 23-24.04.2019, Vol. 1- Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019, p. 95-97.
4. Porter M. Je. Mezhdunarodnaya konkurenciya: konkurentnye preimushchestva stran / M. Porter; Per. s angl. I. V. Kvasyuka, i dr. - M.: Al'pina Publisher, 2016. - 946 p. - ISBN 978-5-9614483-5-1.
5. Repin V. V. Processnyj podhod k upravleniyu. Modelirovanie biznes-processov [Tekst]/ V. V. Repin, V. G. Eliferov // M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2013. -544s. - ISBN 978-5-96157-554-5.
6. Botsiou, M. Aspects of Incorporation of ICT in the Greek Agricultural Enterprises: The Case of a Prefecture / M. Botsiou, V. Dagdilelis // *Procedia Technology*. – 2013. – № 8. – P. 387-396.
7. Facing digital agriculture challenges with knowledge engineering [Tekst] / M.Nery, R.Santos, W.Santos, V.Lourenco, M.Moreno // 018 First International Conference on Artificial Intelligence for Industries (AI4I), Laguna Hills, CA, USA. – 2018. – P. 118-119.
8. Khanna, A. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture / A. Khanna, S. Kaur // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2019. – №157. – P. 218-231.
9. Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies / V. Higgins, M. Bryant, A. Howell, J. Battersby // *Journal of Rural Studies*. – 2017. – № 55. – P. 193-202.
10. Shchutskaya, A.V. Digital farming development in Russia: Regional aspect / A. V. Shchutskaya, E. P. Afanaseva, L. V. Kapustina // *Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities*. – 2019. – P. 269-279.
11. The politics of digital agricultural technologies: A preliminary review / S.Rotz, E.Duncan, M.Small et all. // *Sociologia Ruralis*. – 2019. – №59 (2). – P. 203-229.
12. Xia, J. Bridging the digital divide for rural communities: The case of China /J. Xia, T.-J. Lu// *Telecommunications Policy*. – 2008. – №32. – P. 686-696.

Информация об авторах

Кочеткова Ольга Владимировна, проректор по стратегическому развитию и информатизации, заведующая кафедрой «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899>. E-mail: ovk555@bk.ru.

Матвеев Александр Сергеевич, доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат физико-математических наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5120-0649>. E-mail: alexsmatveev@yandex.ru.

Ширяева Елена Владимировна, доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4461-2511>. E-mail: el.shirjaeva@gmail.com.

Арьков Дмитрий Петрович, доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5675-351X>. E-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.554

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-37

**К РАЗРАБОТКЕ СТАЦИОНАРНОГО ПРОЦЕССА ОБМОЛОТА
ХЛЕБНОЙ МАССЫ КОМБАЙНОМ С КЛАССИЧЕСКИМ
МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ**

**TO DEVELOPMENT OF STATIONARY PROCESS
OF THRESHING OF THE GRAIN MASS
BY A CLASSIC THRESHING AND SEPARATING DEVICE**

А.И. Ряднов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.П. Ловчиков², доктор технических наук, доцент

О.С. Шагин², аспирант

В.А. Шахов³, доктор технических наук, профессор

A.I. Ryadnov¹, A.P. Lovchikov², O.S. Shahin², V.A. Shakhov³

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Челябинск

³Оренбургский государственный аграрный университет

¹Volgograd State Agrarian University

²South Ural state agrarian University, Chelyabinsk,

³Orenburg state agrarian University

Дата поступления в редакцию 19.03.2019

Received 19.03.2019

Дата принятия к печати 27.05.2019

Submitted 27.05.2019

Вопрос технологической загрузки высокопроизводительных комбайнов в условиях степных зон регионов Российской Федерации может быть решен посредством применения раздельного способа уборки зерновых культур, в котором используются как серийные валковые жатки, так и прицепные или самоходные жатки-накопители. При формировании валка хлебной массы данными техническими средствами образуется различная пространственная ориентация колоса. Так, серийные валковые жатки формируют валок хлебной массы с расположением колоса вдоль оси валка, а жатки-накопители – с расположением колоса поперек оси валка и направлению подбора и обмолота.

та. Различное пространственное расположение колоса в валке хлебной массы будет влиять и на качественные показатели обмолота хлебной массы в молотильном аппарате зерноуборочного комбайна классической схемы. Исследования базируются на общепринятых методических положениях по испытанию зерноуборочных комбайнов и математической статистики. В ходе экспериментальных исследований осуществлялся подбор и обмолот валков хлебной массы пшеницы Саратовская 29 в первом опыте с урожайностью 1,67 т/га и междурядьем 20 м, а во втором опыте с урожайностью 0,6...0,7 т/га и междурядьем 50 м. При этом колос в валках хлебной массы с шириной 0,9...1,2 м располагался вдоль оси валка и направления подбора и обмолота, а в широкополосном валке – поперек его оси и направления подбора и обмолота. Статистическая оценка средних значений параметра – дробления зерна при различных схемах пространственного расположения колоса в валке показала, что расхождение данного параметра в зависимости от пространственного расположения колоса в валке, есть случайное и несущественное. Этот факт позволяет в перспективе разрабатывать технологические схемы молотильного аппарата зерноуборочного комбайна классической схемы, в которых осуществляется подача и обмолот зерносоматической массы при хаотичном пространственном расположении колоса.

The issue of technological loading of high-performance harvesters in the steppe zones of the regions of the Russian Federation can be solved through the use of a separate method of harvesting grain crops, in which both serial roller reapers and trailed or self-propelled reapers are used. When forming a roll of bread mass by these technical means, a different spatial orientation of the ear is formed. Thus, serial roller reapers form a roll of bread mass with the location of the ear along the axis of the roll, and reapers-with the location of the ear across the axis of the roll and the direction of selection and threshing. The different spatial location of the ear in the roll of the grain mass will affect the quality of the threshing of the grain mass in the threshing machine of the combine harvester of the classical scheme. The research is based on the generally accepted guidelines for testing combine harvesters and mathematical statistics. In the course of experimental studies, the selection and threshing of rolls of grain weight of wheat Saratov 29 in the first experiment with a yield of 1.67 t/ha and an inter – roll distance of 20 m, and in the second experiment with a yield of 0.6 – 0.7 t/ha and an inter – roll distance of 50 m. at the same time, the ear in rolls of bread mass with a width of 0.9-1.2 m was located along the axis of the roll and the direction of selection and threshing, and in a broadband roll-across its axis and direction of selection and threshing. Statistical evaluation of the average values of the parameter – grain crushing at different schemes of the spatial arrangement of the ear in the roll showed that the divergence of this parameter depending on the spatial arrangement of the ear in the roll is random and insignificant. This fact allows in the long term to develop technological schemes of the threshing machine of the combine harvester of the classical scheme, in which the supply and threshing of the grain-grained mass is carried out with a chaotic spatial arrangement of the ear.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, валки хлебной массы, пространственная ориентация колоса зерновых колосовых культур, дробление зерна.

Key words: combine harvester, rolls of grain mass, spatial orientation of the ear of grain crops, crushing grain.

Цитирование. Ряднов А.И., Ловчиков А.П., Шагин О.С., Шахов В.А. К разработке стационарного процесса обмолота хлебной массы комбайном с классическим молотильно-сепарирующим устройством. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 314-322. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-37.

Citation. Ryadnov A.I., Lovchikov A.P., Shahin O.S., Shakhov V.A. To development of stationary process of threshing of grain mass by combine with classical threshing-separating device. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 314-322. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-37.

Введение. В работах [7, 5, 6], связанных с решением вопроса технологической загрузки высокопроизводительных комбайнов в условиях степных зон регионов Российской Федерации и стран СНГ, отмечается, что данный вопрос может быть решен

посредством применения раздельного способа уборки зерновых культур, в котором могут использоваться как серийные (традиционные) валковые жатки, так и прицепные или самоходные жатки-накопители. В данных жатках формируется валок хлебной массы с различным пространственным расположением колоса. Так, серийные валковые жатки формируют валок хлебной массы, в котором колос расположен вдоль оси валка. При этом, в соответствии с агротехническими требованиями, колос может отклоняться от оси валка на 26 градусов. В прицепных или самоходных жатках-накопителях формируется валок хлебной массы, в котором колос пространственно расположен поперек оси валка и направления подбора и обмолота. Различные схемы пространственного расположения колоса в валке хлебной массы будут влиять и на качественные показатели обмолота хлебной массы в молотильном аппарате зерноуборочного комбайна.

В настоящее время начал внедряться способ уборки зерновых культур с применением очесного [1, 9] и инерционно-очесного [3] способов обмолота растений на корню. Исследования обмолота очесанной массы молотильно-сепарирующим устройством (МСУ) зерноуборочного комбайна проводятся как при его движении по полю, так и на стационаре [2, 8]. При этом колосья, обломанные очесной жаткой, поступают на обмолот в МСУ хаотичным образом.

В работе [4] предложена технология обмолота зерновых культур на стационаре. По данной технологии осуществляется формирование рулонов хлебной массы, их подсушивание и обмолот. При обмолоте рулонов хлебной массы направление колосьев при их подаче в МСУ не определено.

Следует также отметить, что при использовании выбранной технологии уборки зерновых культур затраты на эксплуатацию зерноуборочной техники должны быть оптимальными [10], прибыль зернопроизводителей во многом зависит от степени использования зерноуборочных машин [11] и объема выполненных работ [12].

Исходя из этого, цель работы – определение влияния пространственного расположения колоса в потоке хлебной массы при подаче на обмолот в МСУ классической схемы на качественные показатели работы зерноуборочного комбайна.

Материалы и методы. Исследования базируются на общепринятых методических положениях по испытанию зерноуборочных комбайнов и математической статистики. Осуществлялся подбор и обмолот комбайном «Дон-1500Б» (классическая схема молотильного аппарата, диаметр барабана 800 мм) валка хлебной массы за серийной жаткой, то есть с пространственным расположением колоса в валке вдоль его оси (≡) и направления подбора и обмолота. Перед подбором и обмолотом контрольных валков хлебной массы определяется агробиологическая характеристика зерновых культур (пшеница Саратовская 29 элита), а также мощность валка хлебной массы (кг/пог. м) в 8-кратной повторности с шагом 30 м при общей длине гона 240 метров. После чего валок разбивался на контрольные участки длиной 50 метров в количестве 5 штук. Во время подбора и обмолота каждого участка валка из бункера берется проба зерна весом 2-3 кг, из которой в последующем выделяется проба весом 50 г для оценки качественных показателей обмолота хлебной массы молотильным аппаратом зерноуборочного комбайна. В пробе 50 г зерна определяются такие показатели как: дробление; чистота зерна; засоренность зерна.

Затем проводится серия полевых опытов подбора и обмолота валка хлебной массы комбайном «Дон-1500Б», в котором колос пространственно расположен поперек его оси (|||) и направления подбора и обмолота. При этом опыты проводятся по аналогичной схеме, что и в первой серии.

Полученные значения параметров в последующем обрабатываются посредством методов математической статистики. В результате чего получаем серию независимых измерений параметров $n_1, \bar{X}_1, S_1$ и $n_2, \bar{X}_2, S_2$. Для выявления случайности или неслучайности расхождения значений параметра X_i определяем среднее значение $\bar{X}_i$. Если разница между средними достаточно большая, то имеем практическую уверенность в неслучайном происхождении обнаруженных различий. Поскольку измерения проводились одним и тем же исследователем и за одним и тем же комбайном «Дон-1500Б», это дает основание для сравнения средних $\bar{X}_i$ при неизвестной дисперсии S . При серии независимых измерений $n_1, \bar{X}_1, S_1$ и $n_2, \bar{X}_2, S_2$, величина t (Румшинский А.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad (1)$$

где $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_2$ – средние значения сравниваемых параметров;

$$S = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{(n_1-1) + (n_2-1)}}, \quad (2)$$

где S_1 и S_2 – дисперсия соответственно параметра X_1 и X_2 ; n_1 и n_2 – количество замеров соответственно параметра X_1 и X_2 , шт.

По справочным данным (Румшинский А.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971) находим t_{α} – Стьюдента ($P = 0,95$, $K = n_1 + n_2 - 2$). Если абсолютные величины отношения t_p превосходят найденное значение t_{α} , то расхождение средних значений считаем неслучайным с надежностью вывода $P = 0,95$, в противном случае нет основания считать расхождение значимым.

Результаты и обсуждение. В ходе экспериментальных исследований готовность зерновых культур (пшеница Саратовская 29 элита) к скашиванию оценивалась состоянием фазы спелости зерна (таблица 1).

Таблица 1 – Фаза спелости зерна на момент скашивания зерновых культур

Показатель	Повторность			В среднем, %
	1	2	3	
Начало восковой	18	-	10	9,0
Середина восковой	6	1	4	4,0
Полная	56	62	65	61,0
Конец	20	37	21	26,0
Засоренность	7,0	5,3	3,1	5,1

Экспериментальные исследования переменности свойств растений, в частности высоты стеблестоя зерновых культур, показывают, что высота стеблестоя хлебной массы в полевых условиях достаточно широко варьирует. Исходя из всей совокупности выборки и отдельных интервалов высоты стеблестоя определим вероятность любого интервала по формуле:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{\sum_{i=1}^m N_i}, \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^m n_i$ – частота событий интервала высоты стеблестоя пшеницы, шт.; $\sum_{i=1}^m N_i$ – общая совокупность событий высоты стеблестоя пшеницы, шт.

Результаты расчета свидетельствуют о том, что в первом опыте преобладает длина стеблестоя 0,65...0,80 м при вероятности события соответственно 32,0 % и 45,0 % (таблица 2), густота 350...380 шт./м² и урожайность 1,67 т/га. При этом, как видно из таблицы 2, низкорослый хлебостой практически отсутствует. Во втором опыте доминирует длина стеблестоя 0,5...0,65 м при вероятности события соответственно 25,0 % и 21,0 % (таблица 2), густоте 280...350 шт./м² и урожайности 0,6...0,7 т/га. Вероятность низкорослого хлебостоя в общей совокупности событий высоты стеблестоя пшеницы в сумме составляет 0,33.

Таблица 2 – Распределение по ярусам высоты стеблестоя зерновых культур

Показатель	Интервалы, м						
	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6	0,6 – 0,7	0,7 – 0,8	0,8 – 0,9	0,9 – 1,0
Опыт № 1							
Вероятность	–	–	0,07	0,32	0,45	0,11	0,05
Опыт № 2							
Вероятность	0,15	0,18	0,25	0,21	0,11	0,08	0,02

Агробиологическая оценка зерновых культур показала, что во время скашивания пониклость стеблестоя составляла 0,94...0,96.

При агротехнической оценке показателей обмолота валка хлебной массы зерноуборочным комбайном при различной пространственной ориентации колоса преобладает зерновка (культура пшеница Саратовская 29 элита) с геометрическими размерами $3,0 < \varnothing < 2,5$ мм и $2,5 < \varnothing < 2,0$ мм, соответственно 60,3 % и 35,5 % (таблицы 3).

Таблица 3 – Геометрические параметры зерновки

Фракция зерновки по диаметру	Масса фракции, г	Процент, %
$3,5 \text{ мм} < \varnothing$	0	–
$3,0 < \varnothing < 2,5 \text{ мм}$	64,71	60,3
$2,5 < \varnothing < 2,0 \text{ мм}$	38,07	35,5
$\varnothing < 2,0 \text{ мм}$	4,54	4,2
Итого	107,32	100,0

Перед подбором и обмолотом контрольных валков хлебной массы определялся просвет валка с почвой, который изменялся в диапазоне от 0,10 до 0,059 м и мощность (кг/пог. м), что отражено в таблице 4.

Таблица 4 – Мощность контрольных валков хлебной массы, кг/пог. м

Повторность замера	Опыт № 1	Опыт № 2
	межвалковое расстояние, м	
	20	50
1	5,5	6,8
2	5,3	6,7
3	5,4	6,9
4	5,1	6,7
5	5,7	6,8
6	6,1	6,9
7	5,8	6,7
8	5,9	6,9
В среднем $\bar{X}_0$	5,6	6,8
S / σ	0,76/ 0,87	0,06/ 0,24
n	8	8

Обработка данных таблицы 4 посредством методов математической статистики показала, что величина t – Стьюдента расчетная (t_p) равна 3,75, а табличная (t_r) равна 2,145 при $P = 0,95$, то есть $t_p > t_r$. Из этого следует, что расхождение средних значений мощности контрольных валков хлебной массы в опытах есть величина неслучайная с надежностью вывода $P = 0,95$, то есть величина значима. При мощности валка хлебной массы 5,6 и 6,8 кг/пог. м пропускная способность молотильного аппарата комбайна «Дон-1500Б» ($q = 8,5$ кг/с) будет загружена соответственно на 65,9 % и 91,7 %, что считается нормальной по коэффициенту использования пропускной способности молотилки – 0,7.

Исследования широкополосного тонкослойного валка хлебной массы на массовую неравномерность на 1 пог. м показали, что при межвалковом расстоянии до 50 метров коэффициент вариации массы стеблей по ширине составляет 10,7 %, а это является удовлетворительным показателем качества широкополосного валка (Ловчиков А.П. Повышение качества зерна и эффективности использования комбайнов в условиях Южного Урала. Челябинск, РЕКПОЛ. 2002. – 144 с.).

Результаты подбора и обмолота зерноуборочным комбайном «Дон-1500Б» валка хлебной массы (опыт № 1: урожайность 1,67 т/га; влажность зерна 14,7 %; межвалковое расстояние 20 м; мощность валка 5,6 кг/пог. м) шириной 0,9...1,2 м, в котором колос пространственно расположен вдоль его оси (≡) и направления подбора и обмолота, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели обмолота валка хлебной массы с пространственным расположением колоса вдоль его оси

Опыт № 1	Дробление зерна		Целое зерно	
	г	%	г	%
повторности замера*				
1	0,99	1,98	48,04	96,1
2	0,91	1,82	47,79	95,6
3	0,96	1,92	47,74	95,6
4	0,82	1,70	47,98	96,0
5	1,40	2,80	46,1	92,2
в среднем $\bar{X}_1$	1,02	2,04	47,53	95,10
S_1 / σ	0,04/0,2	0,152/0,39	0,52/0,72	2,14/1,46
n_1	5	5	5	5

* – масса пробы 50 г.

Таблица 6 – Показатели обмолота валка с хлебной массы пространственным расположением колоса поперек оси валка

Опыт № 2	Дробление зерна		Целое зерно	
	г	%	г	%
повторности замера*				
1	0,84	1,7	48,50	97,5
2	1,43	2,8	48,40	97,0
3	0,80	1,6	48,40	97,0
4	0,92	1,8	48,68	97,7
5	0,95	1,9	48,70	97,4
в среднем $\bar{X}_2$	0,98	1,96	48,54	97,32
S_2 / σ	0,05/0,227	0,186/0,432	0,017/0,131	0,078/0,279
n_2	5	5	5	5

* – масса пробы 50 г.

Показатели подбора и обмолота зерноуборочным комбайном «Дон-1500Б» широкополосных валков (2,0 – 2,4 м) хлебной массы (опыт № 2: урожайность 0,6 – 0,7 т/га; влажность зерна 14,7 %; межвалковое расстояние 50 м; мощность валка 6,8 кг/пог.

м), в которых колос пространственно расположен поперек его оси (|||) и направления подбора и обмолота, отражены в таблице 6.

Из представленных данных следует, что независимо от пространственного расположения колоса в валке хлебной массы при обмолоте наблюдается повышенное дробление зерна за зерноуборочным комбайном «Дон-1500Б», что объясняется низкой влажностью.

Последующая статистическая оценка средних значений параметра – дробления зерна различных схем пространственного расположения колоса в хлебной массе валка показала, что расчетная величина $t_p = 0,776$. При $P = 0,95$ и $K = 8$ табличная величина $t_t = 2,306$. Сопоставление величин $t_p = 0,776$ и $t_t = 2,306$ свидетельствует о том, что $t_p < t_t$, а это означает, что расхождение параметра – дробление зерна за комбайном «Дон-1500Б» (классический молотильный аппарат, диаметр 800 мм) в зависимости от пространственного расположения колоса в хлебной массе валка, есть случайное, то есть несущественное.

Заключение. Результаты полевых исследований и последующая их статистическая оценка показали, что различие в дроблении зерна при обмолоте хлебной массы валка с различным пространственным расположением колоса при подаче в классический молотильный аппарат зерноуборочного комбайна «Дон-1500Б» есть величина случайная. Это позволяет в перспективе разрабатывать технологические схемы молотильного аппарата зерноуборочного комбайна классической схемы, в которых осуществляется подача и обмолот зерносоломистой массы при хаотичном пространственном расположении колоса.

Библиографический список

1. Алдошин, Н.В. Уборка зернобобовых культур методом очёса [Текст]/ Н. В. Алдошин, Н. А. Лылин, М. А. Мосяков // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – №1(41). – С.67-74.
2. Бурьянов, А.И. Способ и средства уборки зерновых культур очесом с разделением вороха на стационаре [Текст]/А.И. Бурьянов, С.Г. Зайцев, И.В. Червяков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 140. – С. 1-16.
3. Бышов, Н.В. Машина для уборки зерновых культур [Текст]/ Н.В. Бышов, А.И. Ряднов, О.А. Федорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 220 - 227.
4. Запевалов, М. В. Стратегия послеуборочной глубокой переработки урожая зерновых культур [Текст]/ М.В. Запевалов, Н.С. Сергеев, Г.В. Петрова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – №2 (95). – С. 95 – 97.
5. Ловчиков, А.П. Агротехническая оценка работы измельчителей-разбрасывателей соломой комбайнов при уборке зерновых культур прямым комбайнированием [Текст]/ А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков, Е.А. Поздеев // Известия ОГАУ. – Оренбург, 2016. – №2(58). – С.55-57.
6. Ловчиков, А.П. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей [Текст]/ А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков, Ш.С. Иксанов // Известия ОГАУ. – Оренбург, 2015. – №3(53). – С. 92–95.
7. Оценка качественных показателей формирования хлебных валков, их подбора и обмолота при использовании порционной жатки на раздельной уборке зерновых культур [Текст]/ М.М. Константинов, И.Н. Глушков, И.В. Герасименко и др. // Известия ОГАУ. – Оренбург, 2016. – №6 (62). – С. 68-77.
8. Палапин, А.В. Методология обоснования энергоемкости комплексной уборки зерновых многофункциональными агрегатами [Текст]/ А.В. Палапин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – №90. – С. 184-196.

9. Разработка и совершенствование методов обоснования технологии комбайновой уборки зерновых колосовых культур очесом [Текст]/ М.А. Бурьянов, А.И. Бурьянов, И.В. Червяков, Ю.О. Горячев // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – Т. 2. – № 38. – С. 59-72.

10. Masek, J. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions [Текст]/ J. Masek, P. Novak, A. Jasinskas // Engineering for Rural Development. – 2017. – № 16. – P. 1180-1185.

11. Mimra, M. Risk analysis regarding a minimum annual utilization of combine harvesters in agricultural companies [Текст]/ M. Mimra, M. Kavka // Agronomy Research. – 2017. – № 15 (4). – P. 1700-1707.

12. Vasylieva, N. Economic assessment of technical maintenance in grain production of Ukrainian agriculture [Текст]/ N. Vasylieva, A. Pugach// Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2017. – № 23 (2). – P. 198-203.

References

1. Aldoshin, N. V. Uborka zernobobovykh kul'tur metodom ochjosa [Текст]/ N. V. Aldoshin, N. A. Lylin, M. A. Mosyakov // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. - 2017. - №1(41). - P. 67-74.

2. Bur'yanov, A. I. Sposob i sredstva uborki zernovykh kul'tur ochesom s razdeleniem voroha na stacionare [Текст]/ A. I. Bur'yanov, S. G. Zajcev, I. V. Chervyakov // Politematicheskij setevoy jlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2018. - № 140. - P. 1-16.

3. Byshov, N. V. Mashina dlya uborki zernovykh kul'tur [Текст]/ N. V. Byshov, A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. -- № 1 (49). - P. 220 - 227.

4. Zapevalov, M. V. Strategiya posleuborochnoj glubokoj pererabotki urozhaya zernovykh kul'tur [Текст]/ M. V. Zapevalov, N. S. Sergeev, G. V. Petrova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2015. - №2 952). -- P. 95 - 97.

5. Lovchikov, A. P. Agrotehnicheskaya ocenka raboty izmel'chitelej-razbrasyvatelej solomy kombajnov pri uborke zernovykh kul'tur pryamym kombajnirovaniem [Текст]/ A. P. Lovchikov, V. P. Lovchikov, E. A. Pozdeev// Izvestiya OGAU. - Orenburg, 2016. - №2(58). -- P. 55-57.

6. Lovchikov, A. P. Teoreticheskij aspekt tehnologicheskogo processa pryamogo kombajnirovaniya zernovykh kul'tur s dvoynym srezom stebel' [Текст]/ A. P. Lovchikov, V. P. Lovchikov, Sh. S. Iksanov // Izvestiya OGAU. - Orenburg, 2015. - №3(53). -- P. 92-95.

7. Ocenka kachestvennykh pokazatelej formirovaniya hlebnny valkov, ih podbora i obmolota pri ispol'zovanii porcionnoj zhatki na razdel'noj uborke zernovykh kul'tur [Текст]/ M. M. Konstantinov, I. N. Glushkov, I. V. Gerasimenko i dr.// Izvestiya OGAU. - Orenburg, 2016. - №6 (62). - P. 68-77.

8. Palapin, A. V. Metodologiya obosnovaniya jnergoemkosti kompleksnoj uborki zernovykh mnogofunkcional'nymi agregatami [Текст]/ A. V. Palapin // Politematicheskij setevoy jlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - №90. - P. 184-196.

9. Razrabotka i sovershenstvovanie metodov obosnovaniya tehnologii kombajnovoj uborki zernovykh kolosovykh kul'tur ochesom [Текст]/ M. A. Bur'yanov, A. I. Bur'yanov, I. V. Chervyakov, Yu. O. Goryachev // Vestnik agrarnoj nauki Dona. - 2017. – Т. 2. – № 38. - P. 59-72.

10. Masek, J. Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions [Текст]/ J. Masek, P. Novak, A. Jasinskas // Engineering for Rural Development. – 2017. – № 16. – P. 1180-1185.

11. Mimra, M. Risk analysis regarding a minimum annual utilization of combine harvesters in agricultural companies [Текст]/ M. Mimra, M. Kavka // Agronomy Research. – 2017. – № 15 (4). – P. 1700-1707.

12. Vasylieva, N. Economic assessment of technical maintenance in grain production of Ukrainian agriculture [Текст]/ N. Vasylieva, A. Pugach// Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2017. – № 23 (2). – P. 198-203.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (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.

Ловчиков Александр Петрович, профессор кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» Южно-Уральского государственного аграрного университета (РФ, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75), доктор технических наук, доцент,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1825-0097>. **E-mail:** alovcikov@mail.ru.

Шагин Олег Сергеевич, аспирант кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» Южно-Уральского государственного аграрного университета (РФ, 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 75), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1825-0023>. **E-mail:** shagin@gmail.com.

Шахов Владимир Александрович, начальник управления по организации научных исследований и подготовке научных кадров Оренбургского государственного аграрного университета (РФ, 460795, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18), доктор технических наук, профессор.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1825-0097>. **E-mail:** shahov-v@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.67.03: 62.94

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-38

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ
ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**
**DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL PROCESS
OF APPLICATION OF ELECTROLIZED WATER
UNDER DRIP IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS**

С.Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. Чушкин, кандидат технических наук

Е.И. Чушкина, кандидат сельскохозяйственных наук

S.Y. Semenenko, M.N. Lytov, A.N. Chushkin, E.I. Chushkina

*Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН
(ПНИИЭМТ - филиал ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград*

Federal scientific center for Agroecology, land reclamation and protective afforestation of Agroecology of Russian Academy of Sciences (The Volga Research Institute of Ecological Reclamation Technologies - a branch of the Federal Science Center of Agroecology of Russian Academy of Sciences), Volgograd

Дата поступления в редакцию 00.00.2019

Дата принятия к печати 20.05.2019

Received 00.00.2019

Submitted 20.05.2019

Актуальность исследований определяется необходимостью учета комплекса новых параметров выполнения технологического процесса при капельном орошении сельскохозяйственных культур водой с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом. Объектом исследований является система капельного орошения с расширенным модулем водоподготовки, включающим устройство электрохимической обработки воды. Предмет исследований – параметры технологии капельного орошения сельскохозяйственных культур, определяющие возможность реализации функции орошения водой с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом. Исходной позицией для определения параметров и режимов выполнения технологического процесса, регламентирующего применение электрохимически обработанной воды, является агробиологически обоснованная величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала и способ применения электрохимически обработанной воды с капельным орошением культурных агрофитоценозов. Эти показатели определены для огурцов и томатов, возделываемых в культуре защищенного грунта, при этом установлена оптимальная величина электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала, которая составила -500 мВ. Получены данные, подтверждающие возможность получения наибольшей урожайности этих культур при использовании электрохимически обработанной воды для проведе-

ния вегетационных и удобрительных поливов. Разработаны методические подходы и предложены расчетные зависимости для определения параметров технологического процесса капельного орошения с использованием электрохимически обработанной воды, включая: определение потребности в объемах электрохимически обработанной воды за технологический цикл при проведении вегетационного, удобрительного и комбинированного, увлажнительно-удобрительного полива, определение производительности комплекса электрохимической водоподготовки, электрических параметров работы установки, расчет числа одновременно работающих модулей в составе комплекса электрохимической водоподготовки, определение продолжительности работы узла электрохимической водоподготовки.

The relevance of the research is determined by the need to take into account a set of new parameters for the implementation of the technological process with drip irrigation of crops with water with an electrochemically controlled redox potential. The object of research is the drip irrigation system with an extended water treatment module, which includes an electrochemical water treatment device. The subject of research is the parameters of the technology of drip irrigation of agricultural crops, which determine the possibility of implementing the function of irrigation with water with an electrochemically controlled redox potential. The starting point for determining the parameters and modes of execution of the technological process governing the use of electrochemically treated water is an agrobiologically based amount of electrochemically initiated shift of the redox potential and a method of using electrochemically treated water with drip irrigation of cultural agrophytocenoses. These indicators were determined for cucumbers and tomatoes cultivated in a culture of protected soil, while the optimum value of the electrochemically caused shift of the redox potential was established, which amounted to (-500) mV. Data were obtained confirming the possibility of obtaining the highest yields of these crops with the integrated use of electrochemically treated water for vegetative and fertilizing irrigation. Methodical approaches have been developed and calculated dependencies have been proposed for determining the parameters of the drip irrigation process using electrochemically treated water, including: determining the need for volumes of electrochemically treated water over a technological cycle during vegetative, fertilizing and combined irrigation-fertilizing irrigation, determining the performance of the complex electrochemical water treatment, electrical parameters of the plant, the calculation of at the same time working modules as part of an electrochemical water treatment complex, determining the duration of operation of an electrochemical water treatment unit.

Ключевые слова: параметры, технологический процесс, капельное орошение, электрохимическая водоподготовка.

Key words: parameters, technological process, drip irrigation, electrochemical water treatment.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Теория и методы проектирования технических систем стационарного орошения с ЭХО-модулем на основе компьютерного моделирования параметров состояния слабых растворов с электрохимически иницированными редокс-процессами» № 18-48-340009

Цитирование. Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И.. Определение параметров технологического процесса применения электролизованной воды при капельном орошении овощных культур. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 322-330. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-38.

Citation. Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Determination of the parameters of technological process of application of electrolymed water at dropped irrigation of vegetable crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 322-330. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-38.

Введение. Отправной точкой исследований стали известные подходы и методы количественной оценки базисных функций технологии капельного орошения сельскохозяйственных (преимущественно овощных) культур. Технология классического капельного орошения сегодня довольно хорошо изучена, определены состав и методика расчета пара-

метров технологического процесса [2, 8, 4, 10, 12, 11]. Расширение функциональности систем капельного орошения с реализацией возможности проведения поливов электрохимически обработанной водой требует адаптации технологического процесса, разработки методики определения режимов работы дополнительного оборудования. Ключевыми дополнительными функциональными узлами системы капельного орошения с возможностью электрохимической обработки оросительной воды являются [1, 15]:

- узел электрохимической водоподготовки, представляющий собой систему гидравлически соединенных проточных модулей электрохимической обработки воды;
- узел бесперебойного обеспечения электропитания;
- дополнительный узел приготовления питательных растворов и комплексной химмигации производства. Последнее предполагает реализацию возможности приготовления растворов на основе электрохимически обработанной воды.

Цель исследований – разработать методику определения основных параметров технологического процесса применения воды с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом при капельном орошении овощных культур.

Материалы и методы. Дополнительные функциональные элементы системы предполагают введение новых показателей – параметров технологического процесса орошения с использованием электрохимически обработанной воды. Эти показатели легко определяются функциональными параметрами дополнительных конструктивных узлов системы капельного орошения [5, 1, 9]. Например, важными режимно-технологическими показателями установки электрохимической водоподготовки являются потребляемый объем воды с электрохимически регулируемым окислительно-восстановительным потенциалом, производительность, продолжительность бесперебойной работы, уровень электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала и связанные с этим электрические режимы. Источник электропитания должен обеспечивать необходимую мощность, покрывать пиковые нагрузки, также важна суммарная количественная оценка потребляемой электроэнергии. Важным технологическим параметром дополнительного узла приготовления питательных растворов является норма удобрительного полива. Все указанные параметры и показатели для реализации технологического процесса капельного орошения с применением электрохимически обработанной воды должны иметь ситуационную количественную оценку. Совокупность расчетных зависимостей для количественной оценки рассмотренных показателей составляет методологическую основу технологии капельного орошения электрохимически обработанной водой или приготовленными на ее основе растворами [3, 6, 7, 14, 13].

Одним из ключевых показателей, регламентирующих применение электрохимически обработанной воды, является агробиологически обоснованная величина электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала. Для решения этой задачи был проведен полевой эксперимент.

Экспериментальные исследования проводили в условиях защищенного грунта на примере томата (гибрид Пинк Парадайз F1) весенне-летнего оборота и огурца (гибрид Геракл F1) летне-осеннего оборота. С учетом того, что в зависимости от способа применения электрохимически обработанной воды оптимальная величина электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала может различаться, было принято решение опыт проводить по двухфакторной схеме. В рамках фактора А варианты опыта определялись величиной окислительно-восстановительного потенциала воды, прошедшей электрохимическую обработку: вариант А1 – контроль (использование природной воды), вариант А2 – использование электрохимически обработанной воды с окислительно-восстановительным потенциалом -100 мВ, вариант А3 – -500 мВ, вариант А4 – +500 мВ, вариант А5 – +800 мВ. В рамках фактора В к изучению были поставлены способы

применения электрохимически обработанной воды с закладкой следующих вариантов: вариант В1 – использование электрохимически обработанной воды для проведения вегетационных поливов, вариант В2 – для фертигации и вариант В3 – комбинированное использование для проведения вегетационных и удобрительных поливов.

Конструкции сооружений защищенного грунта представлены весенними пленочными теплицами со съёмными укрытиями и возможностью регулирования радиационного режима шторками из нетканого материала. Обработка воды с заданным программой эксперимента уровнем смещения окислительно-восстановительного потенциала обеспечивалась опытной установкой с проточными модулями электрохимической обработки и возможностью плавной подстройки электрических режимов.

Результаты и обсуждение. Опыты подтвердили статистическую значимость величины и направления электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды при капельном орошении томатов и огурцов (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность огурца и томата как критерий количественной оценки агробиологического отклика растений на орошение с применением электрохимически обработанной воды

Фактор А	Фактор В	Урожайность, т/га					
		Томаты			Огурцы		
		2017 г.	2018 г.	Средняя	2017 г.	2018 г.	Средняя
A1	B1-B3	103,8	114,8	109,3	95,2	98,1	96,7
A2	B1	109,3	118,1	113,7	99,2	102,4	100,8
A2	B2	110,0	120,4	115,2	100,4	102,1	101,3
A2	B3	113,9	122,7	118,3	105,2	106,7	106,0
A3	B1	126,9	134,5	130,7	109,2	113,7	111,5
A3	B2	129,8	136,4	133,1	114,7	115,3	115,0
A3	B3	133,1	146,5	139,8	120,5	121,4	121,0
A4	B1	107,4	115,2	111,3	95,0	98,0	96,5
A4	B2	103,9	114,5	109,2	93,7	97,2	95,5
A4	B3	107,1	114,3	110,7	93,0	96,8	94,9
A5	B1	115,7	126,3	121,0	91,2	94,3	92,8
A5	B2	104,5	110,1	107,3	89,5	93,7	91,6
A5	B3	109,5	118,7	114,1	87,3	88,9	88,1
НСР ₀₅	фактор А	2,52	3,38	3,11	2,43	1,06	1,29
	фактор В	1,95	2,62	2,41	1,88	0,82	1,00
	для частных средних	4,36	5,86	5,39	4,20	1,83	2,23

По томатам наилучшие результаты в плане роста общей и хозяйственной биопродуктивности посева показал католит с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -500 мВ. Результаты весенне-летнего оборота этой культуры в легких пленочных теплицах с применением нетканого укрывного материала показали возможность получения 139,8 т/га урожая стандартных плодов. Данный уровень урожайности оказался на 30,5 т/га выше, чем на контроле, где для орошения использовалась необработанная оросительная вода. Исследования показали, что наилучшие результаты по продуктивности томатов обеспечиваются, если оросительную воду с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -500 мВ использовать как для проведения вегетационных поливов, так и для приготовления питательных растворов в удобрительных поливах.

При возделывании огурцов в летне-осеннем обороте защищенных пленочных теплиц наиболее эффективным также оказалось использование католита с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -500

мВ. Полученные данные подтверждают, что использование католита для проведения вегетационных поливов обеспечивает до 14,8 т/га прибавки урожая стандартных плодов огурца и это наименьший эффект, обеспечивающийся применением воды с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала. Использование католита в удобрительных поливах позволило получить в опытах 115,0 т/га стандартной продукции, что на 18,4 т/га больше, чем при орошении природной необработанной оросительной водой. Однако наибольший эффект обеспечивался при совокупном использовании католита для проведения вегетационных и удобрительных поливов. Реализация такой технологии применения католита при капельном орошении огурцов позволяет сформировать до 121,0 т/га стандартных плодов, что на 24,3 т/га больше, чем при поливе природной водой. Установлено, что использование анолита при возделывании огурца в летне-осеннем обороте неэффективно: урожайность стандартных плодов статистически значительно снижается в отношении вариантов с поливом природной оросительной воды на 1,8-8,6 т/га.

Таким образом, электрохимически инициированный сдвиг окислительно-восстановительного потенциала воды -500 мВ обеспечивает формирование наиболее продуктивных посевов огурца и томатов и является обоснованным ориентиром для установления оптимальных параметров технологии при капельном орошении этих культур. Наибольшую урожайность обеспечивает комплексное использование электрохимически обработанной воды для проведения вегетационных и удобрительных поливов. Однако заслуживает внимание и другой вариант – предусматривающий проведение исключительно удобрительных поливов на основе предлагаемой технологии. Этот вариант обеспечивает существенное повышение продуктивности овощных культур при наименьших объемах использования электрохимически обработанной воды. В зависимости от способа применения электрохимически обработанной воды параметры технологического процесса устанавливаются следующим образом.

Объем используемой за полив оросительной воды с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала соответствует:

– поливной норме при использовании электрохимически обработанной воды для проведения вегетационных поливов. Потребность в электрохимически обработанной воде определяется по следующей зависимости:

$$V_{\text{в}}^{\epsilon} = \sum_1^I (S \cdot m) = \sum_1^I (S \cdot (100 \cdot h \cdot \gamma \cdot (\beta_{\text{НВ}} - \beta_{\text{ППВ}}) \cdot \varphi)), \quad (1)$$

где I – число поливных модулей, одновременно орошаемых с применением электрохимически обработанной воды; S – площадь одного поливного модуля, га; m – расчетная поливная норма, м³/га; h – расчетная глубина увлажнения почвы, м; γ – плотность сложения почвы в расчетном слое, т/м³; $\beta_{\text{НВ}}$ – влажность почвы в состоянии наименьшей влагоемкости, %; $\beta_{\text{ППВ}}$ – влажность почвы, соответствующая предполивному порогу, %; φ – доля увлажняемой площади поля при капельном орошении;

– для проведения удобрительных поливов на основе электрохимически обработанной воды объемы ее потребления определяются из формирования необходимой концентрации раствора и необходимости промывки водоводов системы после полного введения раствора:

$$V_{\text{у}}^{\epsilon} = \frac{Y_{\text{физ.}}}{k_{\text{с}}} + V_{\text{ПТС}}, \quad (2)$$

где $Y_{\text{физ.}}$ – физический вес используемых для проведения подкормок минеральных удобрений, кг; $k_{\text{с}}$ – массовая концентрация раствора (0,01-0,03 %), $V_{\text{ПТС}}$ – совокупный объем внутренних полостей водопроводящих трубопроводов системы от точки ввода, м³;

– для проведения увлажнительно-удобрительных поливов объем потребления электрохимически обработанной воды определяется по формуле (1).

Производительность комплекса электрохимической водоподготовки определяется из соотношения:

$$P_K = M_{\Pi} \cdot P_{МП} = M_{\Pi} \cdot q \cdot n, \quad (3)$$

где P_K – производительность комплекса электрохимической водоподготовки, м³/с, $P_{МП}$ – производительность поливного модуля, м³/с, M_{Π} – число одновременно орошаемых поливных модулей, шт., q – производительность одного капельного водовыпуска, м³/с, n – число капельных водовыпусков на одном поливном модуле, шт.

С производительностью комплекса электрохимической водоподготовки непосредственно связаны требования к источнику электропитания. Потребляемая мощность установки (P_K , кВт) определяется из зависимости:

$$P_K = P_K \cdot k_{\epsilon} \cdot k_{\text{констр.}} \cdot k_{\text{тех.}}, \quad (4)$$

где k_{ϵ} – коэффициент, учитывающий величину электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды (0,2-2,5 мВ); $k_{\text{констр.}}$ – коэффициент, учитывающий особенности конструкции модулей электрохимической обработки воды в составе комплекса электрохимической водоподготовки (для современных конструкций $k_{\text{констр.}} = 0,5$ кВт·час/м³ при номинальной величине электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала - $\Delta\epsilon = \pm 300$ мВ), кВт·час/м³; $k_{\text{тех.}}$ – коэффициент, учитывающий изменение электрических параметров и КПД установки в процессе выполнения технологического процесса (1,0-1,3, - при величине $k_{\text{тех.}}$ больше 1,3 назначается техническое обслуживание).

Число одновременно используемых модулей электрохимической обработки оросительной воды в составе комплекса электрохимической водоподготовки определится из соотношения:

$$M_{\epsilon} = \frac{P_K}{P_{\epsilon}}, \quad (5)$$

M_{ϵ} – число одновременно используемых модулей электрохимической обработки оросительной воды, шт., P_K – производительность комплекса электрохимической водоподготовки, м³/с, P_{ϵ} – производительность модуля электрохимической обработки оросительной воды в соответствии с данными технических характеристик конструкции, м³/с.

Продолжительность полива с применением электрохимически обработанной воды определяется в зависимости от способа ее использования. При использовании электрохимически обработанной воды для проведения вегетационных поливов или совокупного использования для проведения вегетационных и удобрительных поливов продолжительность технологического процесса равна:

$$T_B = \frac{V_B^{\epsilon}}{P_K}, \quad (6)$$

T_B – продолжительность технологического времени полива с применением электрохимически обработанной воды, с, V_B^{ϵ} – совокупный объем электрохимически обработанной воды, расходуемой за полив, м³, P_K – производительность комплекса электрохимической водоподготовки, м³/с.

Заключение. Таким образом, рассчитанные по приведенным выше зависимостям параметры полностью регламентируют выполнение технологического процесса капельного орошения оросительной водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Отправной точкой для определения технологических параметров являются агробиологически обоснованная величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала и способ применения электрохимически обработанной воды с капельным орошением куль-

турных агрофитоценозов. Эти показатели определены для огурцов и томатов, возделываемых в культуре защищенного грунта, установлена оптимальная величина электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала, которая составила -500 мВ. Параметры технологического процесса орошения дифференцированы для вариантов с проведением только вегетационных или моноудобрительных поливов, а также для варианта с комплексной технологией применения электрохимически обработанной воды для проведения увлажнительно-удобрительных поливов.

Библиографический список

1. Алгоритм расчета систем капельного орошения с модулем электрохимической активации оросительной воды [Текст]/ С.Я. Семененко, М.Н. Лытов, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 4 (28). – С. 20-36.
2. Бородычев, В.В. Параметры водного режима капельного орошения при возделывании арбуза в аридных условиях [Текст]/ В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, А.А. Дедов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1 (45). – С. 218-225.
3. Голованов, А.И. Обоснование математической модели капельного увлажнения сада в условиях Подмосквья [Текст]/ А.И. Голованов, Д.Е. Кучер, А.В. Шуравилин // Природообустройство. – 2016. – № 1. – С. 44-51.
4. Инновационные технологии орошения овощных культур [Текст]/ А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова, М.П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4 (24). – С. 13-17.
5. Конструктивные особенности и расчет систем капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды [Текст]/ С.Я. Семененко, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 5. – С. 16-21.
6. Мелихова, Е.В. Математическое моделирование процессов влагопереноса при капельном и внутрипочвенном орошении [Текст]/ Е.В. Мелихова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1 (41). – С. 228-234.
7. Снипич, Ю.Ф. Моделирование эксплуатационных параметров техники полива [Текст]/ Ю.Ф. Снипич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 6. – С. 16-17.
8. Технологические схемы обеспечения эффективности систем капельного и внутрипочвенного орошения [Текст]/ А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова, В.Ф. Лобойко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 1 (45). – С. 170-175.
9. Al-Mhmdy, S.M. Performance evaluation of drip irrigation system according to the suggested standards [Tekst]/ SM Al-Mhmdy, SEH Al-Dulaimy // Iraqi journal of agricultural sciences. – 2018. – V. 49. – N. 6. – P. 1099-1109.
10. Dabach, S. Optimal tensiometer placement for high-frequency subsurface drip irrigation management in heterogeneous soils [Tekst] / S. Dabach, U. Shani, N. Lazarovitch // Agricultural water management. – 2015. -V. 152 – P. 91-98.
11. Evaluation of evapotranspiration and deep percolation under mulched drip irrigation in an oasis of Tarim basin, China [Tekst]/ X.W. Li, M.G. Jin, N.Q. Zhou, J.O. Huang, S.M. Jiang, H. Tel-esphore // Journal of hydrology. – 2016. - V. 538 – P. 677-688.
12. Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District [Tekst]/ H.M. Zhang, Y.W. Xiong, G.H. Huang, X. Xu, Q.Z. Huang // Agricultural water management. – 2017. - V. 179 – P. 205-214.
13. Rapid structural design of drip irrigation emitters based on RP technology [Tekst]/ Z.Y. Wei, Y.P. Tang, W.H. Zhao, B.H. Lu// Rapid prototyping journal. – 2017. - V. 13. – N 5. – P. 268-275.

14. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential [Tekst]/ S. Semenenko, M. Lytov, V. Borodychev, E. Ivantsova // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. – SGEM 15th. – 2015. – Т. 1. – № 5. – P. 1055-1062.

15. Zhang, J. Development of portable flow-through electrochemical sanitizing unit to generate near neutral electrolyzed water [Tekst]/ J. Zhang, H. Yang, J.Z.Y. Chan // Journal of Food Science. – 2018. – Т. 83. – № 3. – C. 780-790.

Reference

1. Algoritm rascheta sistem kapel'nogo orosheniya s modulem jelektrohimicheskoy aktivacii orositel'noj vody [Tekst]/ S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, A. N. Chushkin, E. I. Chushkina // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2017. – № 4 (28). – P. 20-36.

2. Borodychev, V. V. Parametry vodnogo rezhima kapel'nogo orosheniya pri vzdelyvanii arbuza v aridnyh usloviyah [Tekst]/ V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, A. A. Dedov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. – № 1 (45). – P. 218-225.

3. Golovanov, A. I. Obosnovanie matematicheskoy modeli kapel'nogo uvlazhneniya sada v usloviyah Podmoskov'ya [Tekst]/ A. I. Golovanov, D. E. Kucher, A. V. Shuravilin // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 1. – P. 44-51.

4. Innovacionnye tehnologii orosheniya ovoschnyh kul'tur [Tekst]/ A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, M. P. Mescheryakov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2011. – № 4 (24). – P. 13-17.

5. Konstruktivnye osobennosti i raschet sistem kapel'nogo orosheniya s modulem jelektrohimicheskoy obrabotki vody [Tekst]/ S. Ya. Semenenko, A. N. Chushkin, E. I. Chushkina, M. N. Lytov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2018. – № 5. – P. 16-21.

6. Melihova, E. V. Matematicheskoe modelirovanie processov vlagoperenosa pri kapel'nom i vnutripochvennom oroshenii [Tekst]/ E. V. Melihova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 1 (41). – P. 228-234.

7. Snipich, Yu. F. Modelirovanie jekspluatacionnyh parametrov tehniki poliva [Tekst]/ Yu. F. Snipich // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2010. – № 6. – P. 16-17.

8. Tehnologicheskie sxemy obespecheniya jeffektivnosti sistem kapel'nogo i vnutripochvennogo orosheniya [Tekst]/ A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov, O. V. Bocharnikova, V. F. Lobjko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. – № 1 (45). – P. 170-175.

9. Al-Mhmdy, S.M. Performance evaluation of drip irrigation system according to the suggested standards [Tekst]/ SM Al-Mhmdy, SEH Al-Dulaimy // Iraqi journal of agricultural sciences. – 2018. – V. 49. – N. 6. – P. 1099-1109.

10. Dabach, S. Optimal tensiometer placement for high-frequency subsurface drip irrigation management in heterogeneous soils [Tekst]/ S. Dabach, U. Shani, N. Lazarovitch // Agricultural water management. – 2015. – V. 152 – P. 91-98.

11. Evaluation of evapotranspiration and deep percolation under mulched drip irrigation in an oasis of Tarim basin, China [Tekst]/ X.W. Li, M.G. Jin, N.Q. Zhou, J.O. Huang, S.M. Jiang, H. Tellesphore // Journal of hydrology. – 2016. – V. 538 – P. 677-688.

12. Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District [Tekst]/ H.M. Zhang, Y.W. Xiong, G.H. Huang, X. Xu, Q.Z. Huang // Agricultural water management. – 2017. – V. 179 – P. 205-214.

13. Rapid structural design of drip irrigation emitters based on RP technology [Tekst]/ Z.Y. Wei, Y.P. Tang, W.H. Zhao, B.H. Lu // Rapid prototyping journal. – 2017. – V. 13. – N 5. – P. 268-275.

14. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential [Tekst]/ S. Semenenko, M. Lytov, V. Borodychev, E. Ivantsova // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. – SGEM 15th. – 2015. – Т. 1. – № 5. – P. 1055-1062.

15. Zhang, J. Development of portable flow-through electrochemical sanitizing unit to generate near neutral electrolyzed water [Tekst]/ J. Zhang, H. Yang, J.Z.Y. Chan // Journal of Food Science. – 2018. – Т. 83. – № 3. – C. 780-790.

Информация об авторах:

Семененко Сергей Яковлевич, директор Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6274-9565>. **E-mail:** pniiemt@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>.

E-mail: LytovMN@yandex.ru

Чушкин Алексей Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат технических наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4856-5049>.

E-mail: pniiemt@yandex.ru

Чушкина Елена Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2551-5516>. **E-mail:** pniiemt@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 621.436

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-39

**РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ
В ТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ**

**REGULATION OF THE CONSTANT POWER MODE
IN TRACTOR DIESEL**

В.М. Славутский, доктор технических наук, профессор

А.В. Курапин, кандидат технических наук, доцент

З.Х. Харсов, соискатель

К.В. Лукшин, магистрант

V.M. Slavutsky, A.V. Kurapin, Z.H. Kharsov, K.V. Lukshin

Волгоградский государственный технический университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 15.02.2019

Дата принятия к печати 31.05.2019

Received 15.02.2019

Submitted 31.05.2019

Установка на тракторах двигателей постоянной мощности (ДПМ) обеспечивает не только улучшение их тягово-экономических показателей, но и более широкое их внедрение в с-х производство. Идея улучшения тяговых свойств двигателя заключается в следующем: используется связь между мощностью двигателя, крутящим моментом и частотой вращения коленвала. При по-

стоянной мощности двигателя уменьшение частоты вращения коленвала, связанное с повышением нагрузки, приводит к увеличению крутящего момента на валу двигателя. Трудность реализации этой идеи заключается в формировании определённого закона подачи топлива для стабилизации мощности на режимах корректорной ветви скоростной характеристики (режимы перегрузки). Авторами предпринята попытка сформировать определённый закон подачи топлива в дизель путём изменения начального давления в нагнетательной магистрали топливной системы. При удвоении скорости вращения вала топливного насоса дополнительное впрыскивание топлива предлагается использовать для заполнения нагнетательной магистрали в межцикловый период. Регулирование начального давления в нагнетательной магистрали производилось путём перепуска части топлива в полость низкого давления системы. Такой способ требует применения электронной системы для управления перепускным клапаном. Это заметно усложняет систему топливоподачи дизеля. Изучение особенностей механизма подачи топлива при скоростном форсировании топливного насоса в дизеле позволило авторам запатентовать ещё один метод формирования характеристики впрыскивания топлива. Метод заключается в управлении нагнетательным клапаном топливной системы. Раннее или позднее закрытие нагнетательного клапана изменяет количество топлива в нагнетательной магистрали перед впрыскиванием топлива. Это заметно изменяет цикловую подачу топлива. Реализация этого метода также требует применения сложной электронной системы. Проведённые исследования позволили доказать возможность получения высоких величин коэффициента приспособляемости дизеля ($k = 1,45$), работающего на режиме постоянной мощности. В настоящее время больше наработан опыт создания двигателей постоянной мощности на базе дизелей без наддува. Вариант реализации режима постоянной мощности в двигателе без наддува гораздо проще в исполнении, доступнее и дешевле.

Installation on tractors of constant power engines (PDM) provides not only the improvement of their traction and economic indicators, but also their wider introduction into production. The idea of improving the engine traction is as follows: the relationship between engine power, torque on the engine shaft, and crankshaft rotation speed is used. With a constant engine power, the reduction in crankshaft speed, which is associated with an increase in load, respectively, increases the torque on the engine shaft. The difficulty of implementing this idea lies in the formation of a certain law of fuel supply to stabilize power on the modes of the correcting branch of the speed characteristic (overload modes). The authors attempted to form a certain law of fuel supply in a diesel engine by changing the initial pressure in the injection line of the fuel system. When doubling the rotational speed of the fuel pump shaft, additional fuel injection is proposed to be used to fill the discharge line during the interframe period. The regulation of the initial pressure in the discharge line was carried out by bypassing part of the fuel into the low-pressure cavity of the system. This method requires the use of an electronic system to control the bypass valve. This significantly complicates the diesel fuel injection system. The study of the features of the fuel supply mechanism for high-speed forcing of the fuel pump in a diesel engine allowed the authors to patent another method of forming the fuel injection characteristics. The method is to control the injection valve of the fuel system. Early or late closing of the discharge valve changes the amount of fuel in the discharge line before the injection of fuel. This significantly changes the cycle fuel supply. The implementation of this method also requires the use of a complex electronic system. As a result of the research, the possibility of obtaining high values of the diesel engine adaptability coefficient ($k = 1.45$), operating on a constant power mode, was proved. Currently, more experience has been gained in creating engines of constant power based on diesel engines without supercharging. The option of realizing the constant power mode in a naturally aspirated engine is much easier to perform, more affordable and cheaper.

Ключевые слова: режимы перегрузок, коэффициент избытка воздуха, положительная коррекция, коэффициент приспособляемости, дефорсирование, постоянная мощность, свободный впуск, номинальный режим, внешняя скоростная характеристика, степень дефорсирования.

Keywords: overload modes, positive correction, coefficient of adaptability, coefficient of excess air, constant power, deformation, free admission, nominal mode, external speed response, degree of deformance.

Цитирование. Славуцкий В.М., Курапин А.В., Харсов З.Х., Лукшин К.В. Регулирование режима постоянной мощности в тракторном дизеле. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 330-338. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-39.

Citation. Slavutsky V.M., Kurapin A.V., Kharsov Z.Kh., Lukshin K.V. Regulation of the mode of constant power in the tractor diesel. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 330-338. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-39.

Введение. Из-за сложности согласования оптимального режима работы тракторного дизеля с условиями работы трактора не всегда реализуются высокие тяговые свойства современных тракторов. Установка на тракторах двигателей постоянной мощности (ДПМ) обеспечивает не только улучшение их тягово-экономических показателей, но и более широкое их (тракторов) внедрение в с.-х. производство. ДПМ отличается от обычного двигателя большим запасом крутящего момента, что обеспечивает постоянную мощность для широкого диапазона скоростных режимов двигателя. При этом больше используются его экономичные режимы работы.

Материалы и методы. Моторно-трансмиссионные установки (МТУ) тракторов призваны обеспечивать набор тяговых усилий для перекрытия всего диапазона изменения сопротивлений движению. Способность двигателя преодолевать возрастающее сопротивление движению характеризуется коэффициентом приспособляемости. Коэффициент косвенно определяет устойчивость работы двигателя [6]. Только при равенстве коэффициента приспособляемости некоторому его значению, соответствующему диапазону вариации сопротивления перемещению, двигательная установка обеспечивает автоматическое приспособляемость к меняющимся условиям работы.

Коэффициент приспособляемости дизелей - (1,06...1,18) [5, 6, 10]. С этим связана необходимость устанавливать на тракторе многоступенчатую коробку перемены передач (КПП). В этом случае приспособляемость трактора к изменяющимся условиям эксплуатации полностью обеспечивается свойствами (вариабельностью) трансмиссии. Управление многоступенчатой КПП возможно только с применением сложных автоматических систем. Это значительно усложняет трактор и повышает его стоимость [1].

Специалистами России и зарубежных стран предложено функцию автоматических систем, обеспечивающих реализацию свойств сложной трансмиссии, перенести на двигатель. При этом коэффициент приспособляемости двигателя следует увеличить до 1,5...1,6 [1, 5]. Для этого двигатель со свободным впуском (без наддува) дефорсируют по среднему эффективному давлению (P_e) в номинальном режиме посредством снижения цикловой подачи. Меньшее количество топлива, сжигаемого на номинальном режиме, означает недоиспользование воздушного заряда в цилиндре. Этот запас воздуха используется для сжигания топлива, подаваемого в цилиндр для поддержания мощности постоянной на корректорной ветви скоростной характеристики. Специальной настройкой топливной аппаратуры добиваются подачи определённой порции топлива в диапазоне рабочих частот вращения коленчатого вала – от номинальной до частоты при максимальном крутящем моменте [3, 4, 9]. Таким образом, идея улучшения тяговых свойств двигателя заключается в следующем. Используется связь между мощностью двигателя, крутящим моментом на валу двигателя и частотой вращения коленчатого вала (мощность равна частоте вращения коленчатого вала, умноженной на крутящий момент на коленчатом валу двигателя). При постоянной мощности двигателя уменьшение угловой скорости вращения коленвала, что связано с повышением нагрузки соответственно, приводит к увеличению крутящего момента на валу двигателя. Трудность реализации этой идеи заключается в формировании определённого закона подачи топлива для стабилизации мощности на режимах корректорной ветви скоростной характеристики (режимы перегрузки). Подобным образом реализуется режим постоянной мощности и в двигателе с искровым зажиганием [9].

Авторами предпринята попытка сформировать определённый закон подачи топлива в дизеле путём изменения начального давления в нагнетательной магистрали топливной системы. Влияние начального давления на цикловую подачу топлива общеизвестно [2, 10]. При удвоении скорости вращения вала топливного насоса дополнительное впрыскивание топлива предлагается использовать для заполнения нагнетательной магистрали в межцикловый период. Регулирование начального давления в нагнетательной магистрали производилось путём перепуска части топлива в полость низкого давления системы [2]. Такой способ требует применения электронной системы для управления перепускным клапаном. Это заметно усложняет систему топливоподачи дизеля [12]. Изучение закономерностей процесса подачи топлива в случае скоростного форсирования насоса дало авторам основание предложить новый метод, формирующий характеристику впрыскивания топлива. Метод заключается в управлении нагнетательным клапаном топливной системы. Раннее или позднее закрытие нагнетательного клапана изменяет количество топлива в нагнетательной магистрали перед впрыскиванием топлива [7]. Это заметно изменяет цикловую подачу топлива. Реализация этого метода также требует применения сложной электронной системы [12].

В представленной работе метод, формирующий закон подачи топлива для режимов перегрузки, основан на свойстве топливной системы с удвоенной скоростью вращения вала насоса высокого давления. При скоростном форсировании топливного насоса характеристика подачи топлива – с положительной коррекцией (с уменьшением частоты вращения вала насоса цикловая подача топлива увеличивается) [4, 8].

Ниже изложены результаты исследований тракторного дизеля Д-144, работающего на режиме постоянной мощности. Исследовано 3 варианта двигателя. Двигатель заводской комплектации. Два варианта опытных двигателей различаются степенью их дефорсирования при работе в режиме постоянной мощности.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 показано изменение цикловой подачи топлива Q_c в функции частоты вращения коленчатого вала для двигателя заводской комплектации (штатный вариант) и двух вариантов опытного двигателя (двигатель дефорсирован, дополнительно дефорсированный двигателя). При снижении частоты вращения коленчатого вала цикловая подача топлива увеличивается. Это связано с повышением нагрузки двигателя.

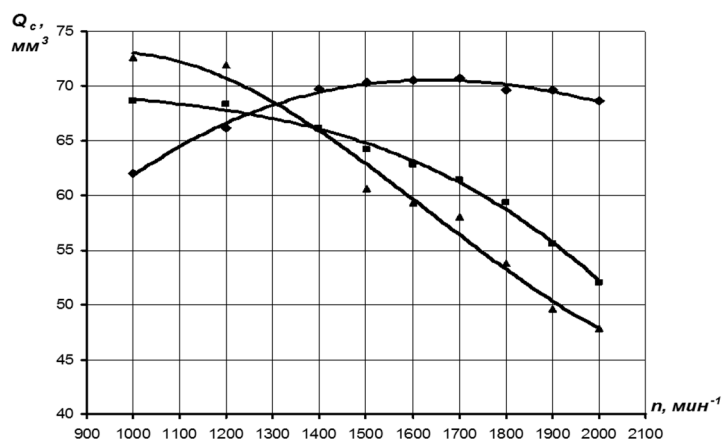


Рисунок 1 – Цикловая подача топлива Q_c в зависимости от частоты вращения коленвала n :

- 1 – серийный вариант двигателя; 2 – дефорсированный вариант;
- 3 – дополнительно дефорсированный вариант

На рисунке 2 показана зависимость коэффициента избытка воздуха α от частоты вращения коленчатого вала. Увеличение α от 1,33 до 1,43 (для штатного варианта двигателя) соответствует изменению цикловой подачи топлива от 69 до 62 мм³. Это соответствует изменению частоты вращения коленчатого вала от 2000 мин⁻¹ до 1000 мин⁻¹ (рисунок 1). В случае дефорсирования двигателя и таком же изменении частоты вращения коленчатого вала цикловая подача топлива увеличивается от 52 до 69 мм³ (рисунок 1). Коэффициент избытка воздуха α изменяется от 1,8 до 1,28 (рисунок 2). Уменьшение мощности при этом составляет 25 % (рисунок 3). Коэффициент приспособляемости для штатного варианта двигателя 1,03, а для опытного – 1,28 (рисунок 4).

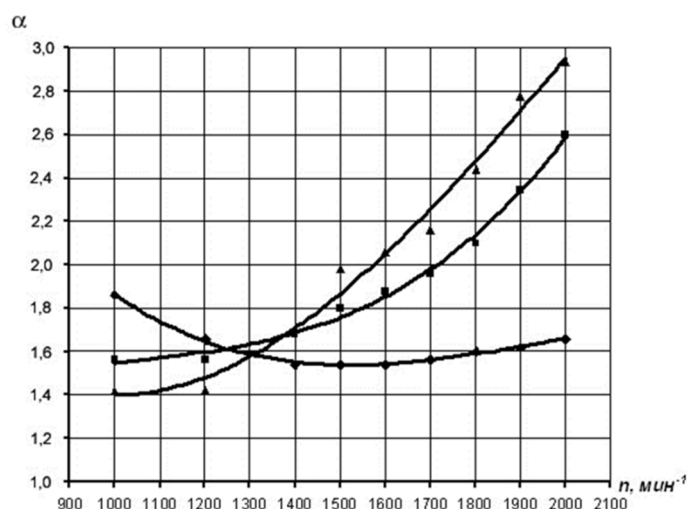


Рисунок 2 – Коэффициент избытка воздуха α в зависимости от частоты вращения коленвала n :

1 – серийный вариант двигателя; 2 – дефорсированный вариант; 3 – дополнительно дефорсированный вариант

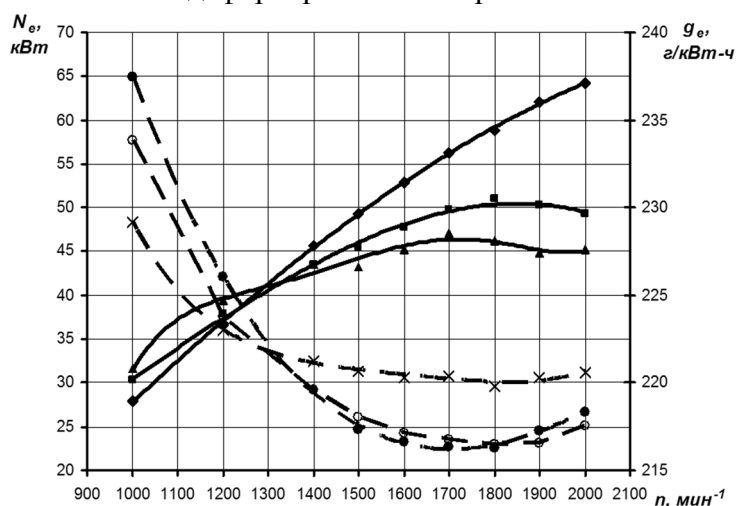


Рисунок 3 – Мощность N_e и удельный расход топлива g_e в зависимости от частоты вращения коленвала дизеля n :

————— — N_e - - - - - — g_e

1 – серийный вариант двигателя; 2 – дефорсированный вариант;
3 – дополнительно дефорсированный вариант

Для опытного двигателя постоянство мощности сохраняется в диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала от 2000 мин^{-1} до 1700 мин^{-1} (рисунок 3). При дополнительного дефорсирования дизеля до мощности $45,2 \text{ кВт}$ (уменьшение цикловой подачи топлива до $47,8 \text{ мм}^3$, рисунок 1) участок постоянной мощности был продлён до 1500 мин^{-1} . В этом случае коэффициент приспособляемости дизеля k составляет $1,45$ (рисунок 4).

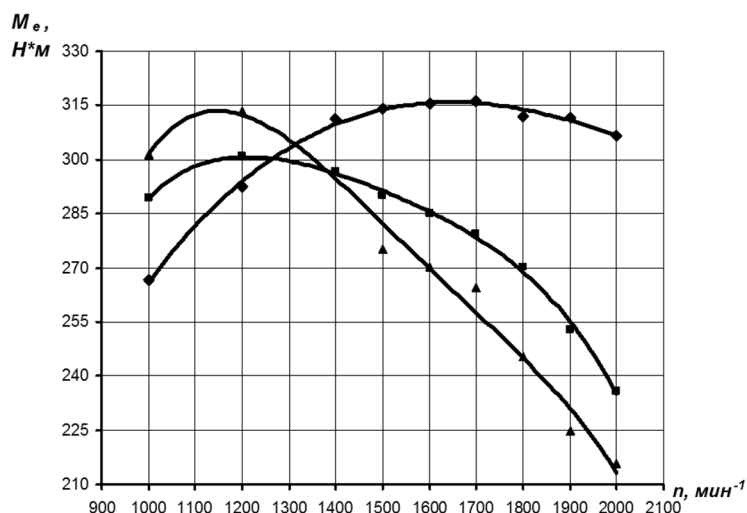


Рисунок 4 – Крутящий момент M_e в зависимости от частоты вращения коленвала n :

- 1 – серийный вариант двигателя; 2 – дефорсированный вариант;
3 – дополнительно дефорсированный вариант

С повышением степени дефорсирования двигателя увеличивается не только коэффициент приспособляемости, но и расширяется диапазон рабочих частот вращения вала ($n_n - n_{m \max}$). В двигателе штатного варианта максимальный крутящий момент при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, в дефорсированном двигателе – при 1200 мин^{-1} , в случае же дополнительного дефорсирования – при 1150 мин^{-1} (рисунок 4).

Удельный расход топлива в опытных двигателях на $1,5...1,7 \%$ меньше, чем в штатном двигателе (диапазон рабочих частот $2000...1500 \text{ мин}^{-1}$) (рисунок 3). При частоте вращения коленчатого вала 1300 мин^{-1} удельный расход топлива в опытных двигателях равен расходу в штатном двигателе. При частоте вращения коленчатого вала, меньшей 1300 мин^{-1} , в опытных двигателях расход топлива несколько больше, чем в штатном (рисунок 3). Это объясняется уменьшением коэффициента избытка воздуха на режимах максимального крутящего момента, когда достигнут предел дымления (рисунки 2, 4).

Для изменения степени дефорсирования опытных вариантов двигателя (изменение цикловой подачи) на номинальном режиме изменялся лишь рабочий ход плунжера. Для получения скоростной характеристики топливоподачи с положительной коррекцией использовались свойства топливной системы с удвоенной скоростью вала ТНВД [3].

Исследование внутренних процессов в топливной системе позволило разработать методы формирования закона подачи топлива на корректорной ветви скоростной характеристики, основанные на изменении конструктивных и регулировочных параметров топливной системы [2, 3, 5].

В результате численных и экспериментальных исследований доказана возможность формировать закон подачи топлива путем изменения конструктивных и регулировочных параметров топливной системы. Определены значения эффективной мощности N_e и крутящего момента M_e при различных настройках топливной системы и работе дизеля на режимах корректорной ветви скоростной характеристики.

Наибольшее значение коэффициента приспособляемости дизеля $k = 1,64$ получено при объеме штуцера насоса $V_h = 6,7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$ и давлении открытия нагнетательного клапана $P_{ко} = 0,9 \text{ МПа}$. Номинальная мощность дизеля уменьшена при дефорсировании его до 36,5 кВт. Удельный эффективный расход топлива при максимальном крутящем моменте не превышает 232,8 г/(кВт·ч). Минимальный удельный расход топлива – 217,86 г/(кВт·ч).

Заключение. Проведенные исследования позволили доказать возможность получения высоких величин коэффициента приспособляемости дизеля ($k = 1,45$), работающего на режиме постоянной мощности (двигатель со свободным впуском Д-144). На режимах перегрузки (корректорная ветвь внешней скоростной характеристики) в двигателе штатной комплектации невозможно достигнуть больших величин коэффициента приспособляемости. Только увеличение коэффициента избытка воздуха на номинальном режиме позволяет сжигать топливо в широком диапазоне рабочих частот вращения коленчатого вала на режимах перегрузки (корректорная ветвь внешней скоростной характеристики). На этом и основана, по нашему мнению, весьма удачная идея увеличения коэффициента избытка воздуха в результате дефорсирования дизеля по среднему эффективному давлению на номинальном режиме путём уменьшения цикловой подачи топлива. Зная характер изменения мощности дизеля на режимах перегрузки, вполне логичным было идею дефорсирования дополнить стабилизацией мощности на определённом уровне. В настоящее время больше наработан опыт создания двигателей постоянной мощности на базе дизелей без наддува. Вариант реализации режима постоянной мощности в двигателе без наддува гораздо проще в исполнении, доступнее и дешевле.

Библиографический список

1. Интенсификация процесса подачи топлива как метод улучшения тяговых свойств тракторного дизеля [Текст] / В.М. Славущий, З.Х. Харсов, О.Л. Хуранов, Е.А. Салыкин // Известия ВолгГТУ. Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки». – 2012. – Вып. 3. – № 8. – С. 79-81.
2. К модернизации систем топливоподачи дизелей [Текст]/ В.М. Славущий, Е.А. Салыкин, В.И. Липилин, А.А. Скоробогатов // Известия ВолгГТУ. Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки». – 2013. – № 12 (115). – С. 75-78.
3. Об изменении свойств модернизированной топливной системы дизеля [Текст]/ В.М. Славущий, Е.А. Салыкин, А.А. Скоробогатов, З.Х. Харсов, О.Л. Хуранов // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 9. – С. 9-12.
4. О процессах в топливной системе дизелей при скоростном форсировании насоса высокого давления [Текст]/ В.М. Славущий, Е.А. Салыкин, В.И. Липилин, А.А. Скоробогатов // Справочник. Инженерный Журнал. – 2014. – № 10. – С. 50-53.
5. О подаче топлива на режимах корректорной ветви скоростной характеристики дизеля [Текст]/ В.М. Славущий, Е.А. Салыкин, З.Х. Харсов, О.Л. Хуранов // Известия ВолгГТУ. Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки». Вып. – 2013. – № 12 (115). – С. 72-75.
6. Улучшение показателей тракторного дизеля на режимах перегрузки [Текст]/ В.М. Славущий, А.В. Курапин, Е.А. Салыкин, З.Х. Харсов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2. – С. 179-185.

7. Формирование закона подачи топлива в дизеле путём управления нагнетательным клапаном [Текст]/ В.М. Славущий, Е.А. Салыкин, А.А. Карпов, А.С. Аксенов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 319-325.
8. Design of Diesel Engine Mathematical Model Oriented to Speed Control [Текст] /М. Е. Belyaev, D. N. Gerasimov, M. R. Rymalis, S. A. Semenov // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2018. – Vol. 57. – No. 4. – P. 626–639.
9. Dorić, J. Constant power spark ignition engine [Текст] / J. Dorić, N. Nikolić, Ž. Antić // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – № 393(1) doi: 10.1088/1757-899X/393/1/012132. Retrieved from www.scopus.com
10. Modernization of the Direct Operation Fuel Feeding System of Diesel Engine [Текст]/ Е.А. Салыкин, В.М. Славущий, В.И. Липилин, Д.С.Березюков, А.А. Скоробогатов // Journal of KONES Power train and Transport. – 2015. – Vol. 22, No. 1. – P. 273-276.
11. Samoilenko D. Improvement of torque and power characteristics of V-type diesel engine applying new design of Variable geometry turbocharger (VGT) [Текст] / D. Samoilenko, A. Marchenko, H. M. Cho // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2017. – October, Volume 31. – Issue 10. – P. 5021–5027.
12. Zhang, Xiaoxi. Power Control of Diesel Engine-Generator Set Subject to Emission Constraints [Текст] / Xiaoxi Zhang // Electronic Theses and Dissertations. – 2012. – P. 5357. <https://scholar.uwindsor.ca/etd/5357>

References

1. Intensifikaciya processa podachi topliva kak metod uluchsheniya tyagovykh svoystv traktornogo dizelya [Текст]/ V. M. Slavuckij, Z. H. Harsov, O. L. Huranov, E. A. Salykin // Izvestiya VolgGTU. Seriya «Processy preobrazovaniya jenerгии i jenergeticheskie ustanovki». - 2012. - Vol. 3. - № 8. - P. 79-81.
2. K modernizacii sistem toplivopodachi dizelej [Текст]/ V. M. Slavuckij, E. A. Salykin, V. I. Lipilin, A. A. Skorobogatov // Izvestiya VolgGTU. Seriya «Processy preobrazovaniya jenerгии i jenergeticheskie ustanovki». - 2013. - № 12 (115). - P. 75-78.
3. Ob izmenenii svoystv modernizirovannoj toplivnoj sistemy dizelya [Текст]/ V. M. Slavuckij, E. A. Salykin, A. A. Skorobogatov, Z. H. Harsov, O. L. Huranov // Avtomobil'naya promyshlennost'. - 2014. - № 9. – P. 9-12.
4. O processah v toplivnoj sisteme dizelej pri skorostnom forsirovanii nasosa vysokogo davleniya [Текст]/ V. M. Slavuckij, E. A. Salykin, V. I. Lipilin, A. A. Skorobogatov // Spravochnik. Inzhenernyj Zhurnal. 2014. -- № 10. – P. 50-53.
5. O podache topliva na rezhimakh korrektornoj vetvi skorostnoj harakteristiki dizelya [Текст]/ V. M. Slavuckij, E. A. Salykin, Z. H. Harsov, O. L. Huranov // Izvestiya VolgGTU. Seriya «Processy preobrazovaniya jenerгии i jenergeticheskie ustanovki». -2013. - № 12 (115). - P. 72-75.
6. Uluchshenie pokazatelej traktornogo dizelya na rezhimakh peregruzki [Текст]/ V. M. Slavuckij, A. V. Kurapin, E. A. Salykin, Z. H. Harsov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 2. – P. 179-185.
7. Formirovanie zakona podachi topliva v dizele putjom upravleniya nagnetatel'nym klapanom [Текст]/ V. M. Slavuckij, E. A. Salykin, A. A. Karpov, A. S. Aksenov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 1 (49). – P. 319-325.
8. Design of Diesel Engine Mathematical Model Oriented to Speed Control [Текст] /М. Е. Belyaev, D. N. Gerasimov, M. R. Rymalis, S. A. Semenov // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2018. – Vol. 57. – No. 4. – P. 626–639.
9. Dorić, J. Constant power spark ignition engine [Текст] / J. Dorić, N. Nikolić, Ž. Antić // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – № 393(1) doi: 10.1088/1757-899X/393/1/012132. Retrieved from www.scopus.com
10. Modernization of the Direct Operation Fuel Feeding System of Diesel Engine [Текст]/ Е.А. Салыкин, В.М. Славущий, В.И. Липилин, Д.С.Березюков, А.А. Скоробогатов // Journal of KONES Power train and Transport. – 2015. – Vol. 22, No. 1. – P. 273-276.

11. Samoilenko D. Improvement of torque and power characteristics of V-type diesel engine applying new design of Variable geometry turbocharger (VGT) [Tekst] / D. Samoilenko, A. Marchenko, H. M. Cho // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2017. – October, Volume 31. – Issue 10. – P. 5021–5027.

12. Zhang, Xiaoxi. Power Control of Diesel Engine-Generator Set Subject to Emission Constraints [Tekst] / Xiaoxi Zhang // Electronic Theses and Dissertations. – 2012. – P. 5357. <https://scholar.uwindsor.ca/etd/5357>

Информация об авторах

Славуцкий Виктор Михайлович, профессор кафедры «Транспортные машины и двигатели» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), доктор технических наук, профессор.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1044-4353>. E-mail: vadims65@mail.ru.

Курапин Алексей Викторович, доцент кафедры «Транспортные машины и двигатели» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28). E-mail: vann@mail.ru

Харсов Заур Хаджисмелович, соискатель кафедры «Транспортные машины и двигатели» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28).

Лукшин Кирилл Владимирович, магистрант кафедры «Транспортные машины и двигатели» Волгоградского государственного технического университета (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.362.3

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-40

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОЙ СКОРОСТИ СЕМЕНИ МЕЛКОСЕЯННЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ВОРОХА НА РОТОРНОМ СЕПАРАТОРЕ

ANALYTICAL DETERMINATION OF THE ABSOLUTE VELOCITY OF THE SEED OF SMALL-SEED CROPS UNDER THE SPLITTING SPARK ON A ROTARY SEPARATOR

А.Н. Цепляев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.Е. Габидулина, аспирант

А.В. Харлашин, кандидат технических наук, доцент

С.И. Богданов, кандидат технических наук, доцент

A.N. Tseplyaev, A.E. Gabidulina, A.V. Kharlashin, S.I. Bogdanov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 14.03.2019

Received 14.03.2019

Дата принятия к печати 31.05.2019

Submitted 31.05.2019

Повышение урожайности мелкосемянных культур, борьба с распространением сорняков, а также снижение затрат на хранение и рациональное использование полезной вместимости складов обеспечивается высококачественной очисткой семян. Научно обоснованный выбор рациональной схемы технологического процесса очистки должен обеспечивать выделение из основного вороха семян культурных и сорных растений минеральные, органические включения, а также легковесные примеси. В статье рассмотрены особенности очистки мелкосемянных культур (могар, чумиза, горчица и другие) на роторном сепараторе. В его конструкцию входят: решето, ограничительные боковины, перфорированный воздухопровод, аспирационный канал, вентилятор и т.д. Основу техно-

логического процесса разделения на роторном сепараторе составляет работа вращающегося ротора, внутрь которого через воздухораспределитель направляется воздушный поток. Его скорость обеспечивает отрыв полноценных семян от наружной части решета ротора и их подачу в бункер для семян. Для определения эффективного разделения вороха проведено аналитическое исследование технологического процесса. В ходе теоретического рассмотрения скоростей, которые действуют на семя в момент отрыва его от поверхности решета ротора, наиболее важной составляющей является скорость воздушного потока. Определены основные факторы, влияющие на нее: угловая скорость ротора, его радиус, параметры семени и воздушного потока.

Improving the yield of small-seed crops, combating the spread of weeds, as well as reducing the cost of storing and rational use of the useful capacity of warehouses is ensured by high-quality seed cleaning. A scientifically grounded choice of a rational scheme of the technological process of purification should ensure the isolation of cultivated and weed plants from the main pile, mineral, organic inclusions, as well as lightweight impurities. The article discusses the peculiarities of cleaning small-seed crops (Mogar, Chumiza, mustard, and others) on a rotary separator. Its structure includes: a sieve, restrictive sidewalls, perforated air duct, aspiration channel, fan, etc. The basis of the separation process on a rotor separator is the work of the rotating rotor, into which, through the air distributor, the air flow is directed. Its speed ensures the detachment of full seeds from the outer part of the rotor sieve and their supply to the seed bin. To determine the effective separation of the heap, an analytical study of the technological process was carried out. In the course of theoretical consideration of the speeds that act on the seed at the time of its separation from the rotor sieve surface, the most important component is the speed of the air flow. The main factors affecting it are determined: the angular velocity of the rotor, its radius, the parameters of the seed and the air flow.

Ключевые слова: абсолютная скорость, роторный сепаратор, мелкосемянные культуры, семенной ворох, воздушный поток, силы инерции, скорость воздуха.

Key words: absolute speed, rotary separator, small-seeded crops, seed lots, air flow, inertial forces, air velocity.

Цитирование. Цепляев А.Н., Габидулина А.Е., Харлашин А.В., Богданов С.И. Аналитическое определение абсолютной скорости семени мелкосемянных культур при разделении вороха на роторном сепараторе. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 338-346. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02- 40.

Citation. Tseplyaev A.N., Gabidulina A.E., Kharlashin A.V, Bogdanov, S.I. Analytical determination of the absolute seed rate of small-seed crops in the separation of a pile on a rotary separator. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 338-346. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-40.

Введение. В связи с интенсивным развитием животноводства в Южном Федеральном округе (ЮФО) большое значение имеет кормовая база. Степные и полупустынные пастбища, характерные для ЮФО, весьма скудны растительными видами. Вследствие высоких температур и малых запасов продуктивной влаги на этих землях могут произрастать только засухоустойчивые культуры. К ним можно отнести прутняк, могар, чумизу и т.д. Естественное размножение таких культур семенами весьма ненадежно и полностью зависит от климатических условий. Поэтому возникает острая необходимость в дополнительном подсева семян указанных культур.

Однако себестоимость подсева существенно снижается, если выполнять его семенами, очищенными от посторонних примесей. Процесс очистки вороха мелкосемянных культур весьма трудоемок, а чистота вороха семян ниже 70 % [6, 7].

Существующие семяочистительные машины для очистки вороха мелкосемянных культур отделяют легкие и тяжелые примеси поэтапно на решетно-грохотных устройствах и пневматических сепараторах. Эти машины достаточно громоздки, а их производительность ограничена предельными значениями скоростей грохотов и триерных барабанов [3, 2].

При этом способе очистки мелкосемянных культур ворох часто многократно пропускают через одни и те же агрегаты семяочистительных машин до тех пор, пока семена не будут доведены до кондиции согласно требованиям ГОСТ [11, 12]. Все это приводит к увеличению затрат труда, стоимости очистки, потерям семян основной культуры в отходы, превышающие допустимые. Между тем качество очистки семян зависит не от количества проходов материала через машину, а от того, насколько правильно выбраны и использованы признаки делимости в конструкции семяочистительной машины [1, 12].

Нами разработан роторный сепаратор для одновременного выделения из вороха мелкосемянных культур различных видов примесей.

Материалы и методы. При подготовке статьи методически рассмотрена последовательность аналитических исследований. Первоначально рассмотрено устройство роторного сепаратора, основной частью которого является ротор с установленной по периферии решетом. Кроме этого, в устройство входят необходимые крепления, рама и т.д. Технологический процесс разделения семенного вороха мелкосемянных культур рассчитан исходя из основных конструкторских и кинематических параметров роторного сепаратора. Поскольку процесс разделения связан с действием воздушного потока, то соответственно внесены в исследование его параметры.

Результаты и обсуждение. Для повышения производительности при очистке семян для получения высококачественной продукции предлагается роторный сепаратор. В его основу положена центробежно-воздушная система. Конструкция такой машины защищена патентом на изобретение №2681441. На схеме (рисунок 1) представлен технологический процесс очистки и основные агрегаты конструкции.

Процесс работы роторного сепаратора заключается в следующем: ворох мелкосемянных культур подается загрузочным устройством на вращающийся ротор, при этом во внутреннюю полость перфорированного воздухопровода направляется под напором воздух, который через отверстия поступает во внутреннюю часть ротора. Так как отверстия в перфорированном воздухопроводе выполнены только в правой верхней четверти, воздействие воздушного потока через отверстия в решетке на ворох мелкосемянных культур, находящийся на наружной поверхности ротора, будет происходить именно в этой зоне. Для отделения легковесных примесей используется аспирационный канал, в котором создается разрежение, его параметры определены в других подобных работах [8, 4, 9].

Как следует из описания конструкции и технологического процесса, основу очистки составляет работа вращающегося ротора, внутри которого через воздухораспределитель создается воздушный поток. Его скорость обеспечивает отрыв полноценных семян от наружной части решета ротора и их подачу в бункер для семян.

Наиболее важной составляющей при теоретическом рассмотрении скоростей, действующих на семя в момент отрыва его от поверхности решета ротора, является скорость воздушного потока. Определим её аналитическую зависимость, используя нижепредставленную схему.

Семя по своим параметрам весьма мало, поэтому будет уместным представить его в виде некоторой материальной точки массой « m ». Проведем оси координат как указано на схеме (рисунок 2) и рассмотрим силы. По оси OX действуют силы: $m\ddot{x}$ – сила инерции тангенциальная; F' – сила трения семени о поверхность ротора; по оси OY – центробежная сила инерции от вращения ротора; F_n – сила воздушного потока; N – нормальная сила. Кроме этого, необходимо учесть проекции сил на оси координат от: F_k – сила инерции Кориолиса; mg – сила тяжести семени.

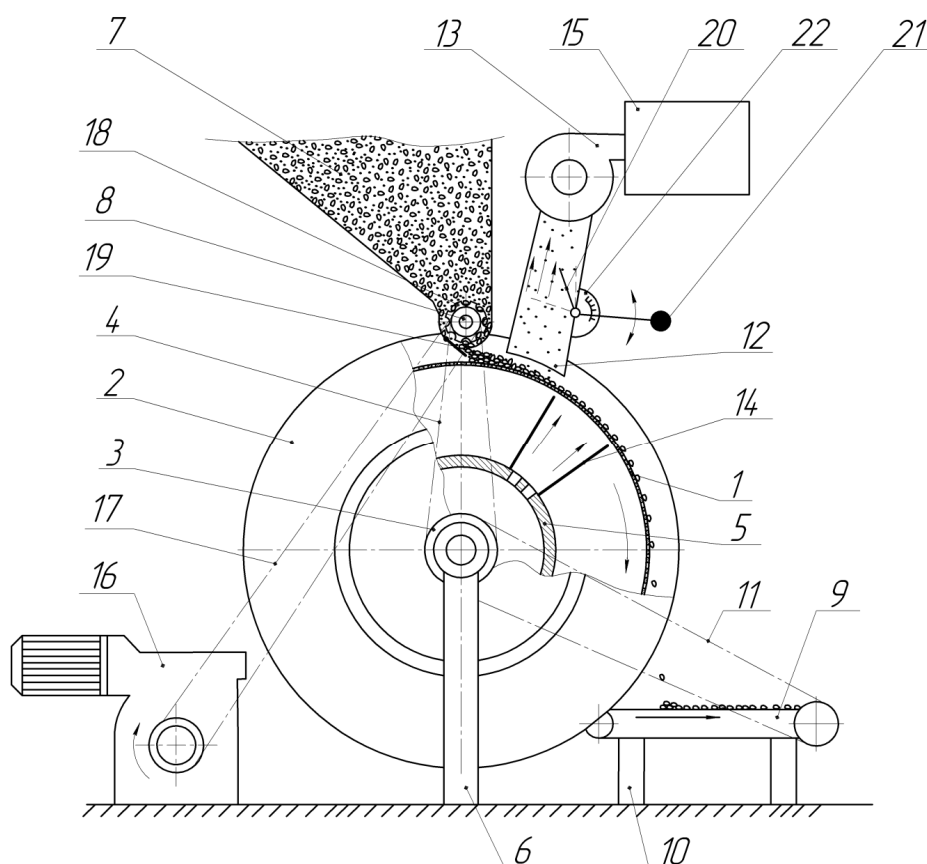


Рисунок 1 – Схема конструкции и технологический процесс очистки мелкозернистого вороха:

1 – решет; 2 – ограничительные боковины; 3 – звездочка; 4 – цепная передача; 5 – перфорированный воздухопровод; 6 – стойки; 7 – загрузочное устройство; 8 – приводной вал; 9 – выгрузное устройство; 10 – кронштейн; 11 – цепная передача; 12 – аспирационный канал; 13 – вентилятор; 14 – направляющие пластины; 15 – пылесборник; 16 – червячный редуктор; 17 – цепная передача; 18 – желобчатая катушка; 19 – подпружиненный клапан; 20 – заслонка; 21 – рукоятка; 22 – шкала

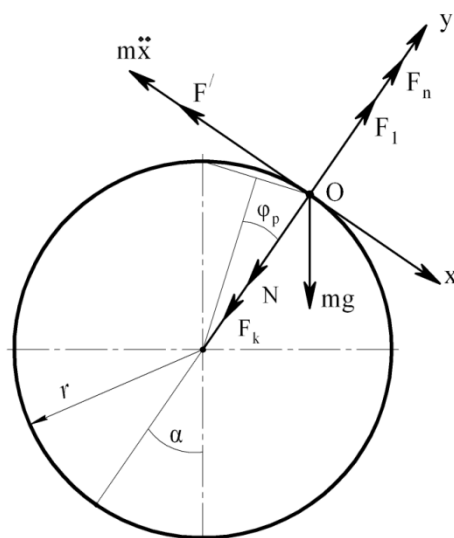


Рисунок 2 – Схема сил при отрыве семени от поверхности ротора

Каждая из действующих сил, с точки зрения теоретической механики, может быть представлена в виде: $F' = f_T \cdot N$, где f_T – коэффициент трения, $F_1 = m \cdot \omega^2 \cdot r$, где ω – угловая скорость, с^{-1} , r – радиус ротора, м; $F_K = 2m \cdot \omega \cdot \dot{x}$, где $\dot{x}$ – скорость относительного движения, м/с, β – угол наклона лотка.

Спроектируем силы на соответствующие оси:

$$\sum X = 0; \quad -m\ddot{x} - F' - mg \cdot \sin\alpha = 0; \quad (1)$$

$$\sum Y = 0; \quad F_1 + F_n - N - mg \cdot \cos\alpha - F_K = 0. \quad (2)$$

Выразим из уравнения (2) нормальную силу N и подставим её значение в уравнение (1):

$$N = F_1 + F_n - mg \cdot \cos\alpha - F_K;$$

$$-m\ddot{x} - (F_1 + F_n - mg \cdot \cos\alpha - F_K)f_T - mg \cdot \sin\alpha = 0. \quad (3)$$

В полученное уравнение (3) внесем соответствующие значения сил:

$$-m\ddot{x} - m\omega^2 r \cdot f_T + F_n \cdot f_T - f_T mg \cdot \cos\alpha - 2m \cdot \omega \cdot \dot{x} \cdot f_T - mg \cdot \sin\alpha = 0. \quad (4)$$

Сила F_n от действия воздушного потока определяется через динамический напор, отнесенный к максимальной площади семени. Его зависимость находилась ранее в работах по сепарации других культур [5]. В окончательном виде она равна:

$$F = m \cdot \omega',$$

где m – масса семени, ω' – ускорение семени за поверхностью решета ротора.

Учитывая это обстоятельство, в окончательном варианте уравнение (4) запишем:

$$-m\ddot{x} - m\omega^2 r \cdot f_T + m\omega' \cdot f_T - f_T mg \cdot \cos\alpha - 2m\omega \cdot \dot{x} \cdot f_T - mg \cdot \sin\alpha = 0. \quad (5)$$

Сократим полученное выражение на величину « m » и поменяем знаки на обратные:

$$\ddot{x} + \omega^2 r \cdot f_T + \omega' \cdot f_T - f_T g \cdot \cos\alpha - 2 \cdot \omega \cdot \dot{x} \cdot f_T - g \cdot \sin\alpha = 0. \quad (6)$$

В соответствии со схемой угол поворота ротора φ_p равен, в момент отрыва семени, некоторому предельному углу α , при котором скорость воздушного потока имеет значение близкое к постоянному. Угол α зависит от параметров факела воздушного потока, определяемого углом рассеивания γ :

$$\gamma = \arctg \frac{\delta}{l'},$$

где l' – длина факела по его оси.

При этом следует учитывать, что $\delta \leq 0,25 d_0$, δ для практических значений учитывается исходя из определения скорости витания семени [10].

$$\text{Тогда } \alpha = 2\arctg \frac{\delta}{l'}.$$

Подставим в уравнение (6) значение угла α :

$$\ddot{x} + \omega^2 r \cdot f_T + \omega' \cdot f_T - f_T g \cdot \cos 2\arctg \frac{\delta}{l'} - 2\omega \dot{x} \cdot f_T - g \cdot \sin 2\arctg \frac{\delta}{l'} = 0. \quad (7)$$

Выражение (7) представляет собой дифференциальное уравнение, а его интеграл запишется в виде:

$$x = x_1 + x_2; \quad (8)$$

$$x_1 = c_1 \cdot e^{\psi_1 t} + c_2 \cdot e^{\psi_2 t}, \quad x_2 = A \cdot t.$$

Представим уравнение (7) в ином виде:

$$\ddot{x} - 2 \cdot \omega \cdot \dot{x} \cdot f_T = -\omega^2 r \cdot f_T + g \cdot \sin 2\arctg \frac{\delta}{l'} + f_T g \cdot \cos 2\arctg \frac{\delta}{l'} - \omega' \cdot f_T \quad (9)$$

Тогда уравнение (9) без свободного члена запишется в виде:

$$\ddot{x} - 2 \cdot \omega \cdot \dot{x} \cdot f_T = 0. \quad (10)$$

Для уменьшения громоздкости записи последующих решений вернемся к углу « α ».

Характеристическое уравнение:

$$\Psi^2 - 2f_T\omega\Psi = 0.$$

Корнями уравнения будут:

$$\begin{aligned} \Psi_1 &= 0, & \Psi_2 &= 2\omega f_T, \\ \text{т.е.} & & x_1 &= c_1 + c_2 \cdot e^{-2f_T\omega t}. \end{aligned} \quad (11)$$

Уравнение (10) – это дифференциальное уравнение второго порядка и соответственно первая и вторая производные от $x_2 = At$ будут нами определены, их значения учтем в уравнении (9):

$$2 \cdot \omega \cdot A = -\omega^2 r + g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T; \quad (12)$$

$$A = -\frac{\omega r}{2} + \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{2 \cdot \omega \cdot f_T};$$

$$x_2 = A \cdot t = -\frac{\omega r \cdot t}{2} + \frac{(g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T) \cdot t}{2 \cdot \omega \cdot f_T}. \quad (13)$$

Полученные величины в уравнениях (11) и (13) подставим в выражение (8):

$$x = c_1 + c_2 \cdot e^{-2f_T\omega t} - \frac{\omega r \cdot t}{2} + \frac{(g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T) \cdot t}{2 \cdot \omega \cdot f_T}. \quad (14)$$

Производная этого выражения определится:

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} = -2\omega c_2 \cdot e^{-2f_T\omega t} - \frac{\omega r}{2} + \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{2 \cdot \omega \cdot f_T}. \quad (15)$$

При отрыве семени от решета барабана началу его движения соответствуют условия:

$$t = 0, \quad x = x_0, \quad x' = 0, \quad \varphi = 0.$$

Тогда из уравнений 14, 15 следует:

$$0 = -2\omega c_2 + \frac{\omega r}{2} + \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{2 \cdot \omega \cdot f_T},$$

соответственно:

$$\begin{aligned} c_1 &= x_0 - \frac{r}{4} + \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{4 \cdot \omega^2 \cdot f_T^2}, \\ c_2 &= \frac{r}{4} \cdot e^{-2f_T\omega t} - \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{4 \cdot \omega^2 \cdot f_T^2}. \end{aligned}$$

Полученные величины c_1 и c_2 подставим в равенство (14):

$$x = x_0 - \frac{r}{4} + \frac{(g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T)}{4 \cdot \omega^2 \cdot f_T^2} + \frac{r}{4} \cdot e^{-2f_T\omega t} - \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{4 \cdot \omega^2 \cdot f_T^2} \cdot e^{-2f_T\omega t} - \frac{\omega r \cdot t}{2} + \frac{(g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T) \cdot t}{2 \cdot \omega \cdot f_T}. \quad (16)$$

Относительная скорость движения семени при её отрыве от решета барабана равна первой производной от x :

$$\dot{x} = v' = \frac{\omega r}{2} \cdot e^{-2f_T\omega t} + \frac{g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T}{2 \cdot \omega \cdot f_T} \cdot e^{-2f_T\omega t} - \frac{\omega r}{2} + \frac{(g \cdot \sin\alpha + f_T g \cdot \cos\alpha - \omega' \cdot f_T)}{2 \cdot \omega \cdot f_T}. \quad (17)$$

Выражение (17) представляет собой скорость относительного движения семени при отрыве от барабана.

Ранее отмечалось, что при расчете воздушных зерноочистительных систем принимают условие, что семена от начала отрыва от поверхности ротора до полной потери контакта с решетом проходят некоторое расстояние d_1 , равное:

$$d_1 = d_0 + 0,5d_0 = 1,5d_0,$$

где d_0 – диаметр выходного отверстия воздушного канала.

Тогда время t – потери контакта семени с решетом при повороте барабана на угол φ определится:

$$t = \frac{d_1}{\dot{x}}.$$

Для практических расчетов принимаем (Выготский М.Я. Справочник по высшей математике):

$$e^{-2f_T\omega t} = 1.$$

Время будет найдено по выражению:

$$t_1 = \frac{d_1 \cdot \omega}{g \sin \alpha + f_T g \cdot \cos \alpha - \omega' \cdot f_T - \omega^2 r}. \quad (18)$$

Абсолютная скорость семени в момент отрыва от поверхности ротора будет найдена по выражению:

$$V_a = \sqrt{U^2 + V_b^2}, \quad (19)$$

где V_b – скорость воздушного потока за решетом барабана.

Её величина в пределе должна быть равна скорости витания, т.е.

$$V_b = V_{\text{вит}} = V_{\text{кр}}.$$

Подставим полученные значения скоростей в равенство (19):

$$V_a = \left\{ \left[-\frac{\omega r}{2} (1 + e^{-2f_T\omega t}) \right]^2 + \left[\frac{(g \sin \alpha + f_T g \cdot \cos \alpha - \omega' \cdot f_T)}{2\omega \cdot f_T} (1 + e^{-2f_T\omega t}) \right]^2 + V_{\text{кр}}^2 \right\}^{1/2}. \quad (20)$$

Аналитическое выражение абсолютной скорости (V_a) представляет собой достаточно сложное выражение. При определении ее частных величин следует воспользоваться экспериментальными значениями.

Заключение. Разработанный роторный сепаратор мелкосемянных культур, защищенный патентом на изобретение, одновременно отделяет легкие примеси, семена основной культуры и тяжелые примеси в виде минеральных и органических включений. Основной его рабочей частью является ротор с закрепленным на него мелким решетом (отверстия меньше, чем самые мелкие части, составляющие ворох).

Для разделения вороха проведено аналитическое исследование технологического процесса с нахождением зависимости абсолютной скорости движения семени при его отрыве от сетки барабана. Основные факторы, влияющие на скорость: угловая скорость ротора, его радиус, параметры семени и воздушного потока.

Библиографический список

1. Гиевский, А.М. Качественные показатели работы двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины с одним воздушным потоком [Текст] / А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. – №9. – С. 15-17.

2. Медведев, Ю.А. Устройство для очистки семян карусельного типа [Текст] / Ю.А. Медведев, А.В. Галкин // Агротехника и энергообеспечение. 2018. - № 2 (19). - С. 92-100.
3. Моделирование процессов послеуборочной обработки зерна и семян и технологии их подготовки [Текст] / В.Д. Галкин, А.Д. Галкин, В.А. Хандриков, С.Е. Басалгин // Пермский аграрный вестник. 2018. - № 3 (23). - С. 19-29.
4. Обоснование принципиальной схемы воздушно-решетного сепаратора семян [Текст] / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, А.М. Гиевский, Д.С. Тарабрин, М.С. Анненков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. - № 4 (55). - С. 95-102.
5. Обоснование технологических параметров роторно-воздушного сепаратора для очистки семян трав [Текст] / А.Н. Цепляев, М.Н. Шапоров, В.А. Цепляев, С.С. Полторынкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №1 (37). – С. 191-195.
6. Подготовка высококачественных семян с использованием пневмосепараторов [Текст] / А.И. Бурков, Г.А. Баталова, А.Л. Глушков, В.А. Лазыкин // Аграрная наука Северо-Востока. 2017. - № 2 (57). – С. 72-76.
7. Совершенствование процесса послеуборочной обработки гречихи [Текст] / К.В. Мяснянкин, Р.А. Путенко, А.П. Тарасенко, А.А. Агеев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2016. - № 2. – С. 118 – 124.
8. Тарабрин, Д.С. Совершенствование процесса послерешетной пневмосепарации зернового вороха в зерноочистительных машинах [Текст] / Д.С. Тарабрин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (51). – С. 102-109.
9. Хамуев, В.Г. Распределение скоростей воздушного потока в глубоком пневмосепарирующем канале [Текст] / В.Г. Хамуев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. - № 4. - С. 12-15.
10. Цепляев, А.Н. Парусный классификатор для определения критической скорости частиц зернового вороха [Текст] / А.Н. Цепляев, М.А. Перепелкин, В.А. Цепляев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №3 (23). – С. 203-205.
11. Astanakulov, K. Working out and implementation of the safflower cleaning machine [Текст] / K. Astanakulov, M. Karimov // European science review. - 2016. - № 3-4. - С. 278-280.
12. Voropaeva, N. Nanotechnology in agriculture (review) [Текст] / N.Voropaeva, O.Figovsky, D.Beilin // Scientific Israel - Technological Advantages. - 2016. - № 3. - С. 3-50.

References

1. Gievskij, A. M. Kachestvennye pokazateli raboty dvouhaspircionnoj pnevmosistemy zernoочистител'noj mashiny s odnim vozdushnym potokom [Текст] / A. M. Gievskij, A. V. Chernyshov, I. V. Baskakov // Mehanizaciya i jelektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2015. - №9. - P. 15 - 17.
2. Medvedev, Yu. A. Ustrojstvo dlya ochistki semyan karusel'nogo tipa [Текст] / Yu. A. Medvedev, A. V. Galkin // Agrotehnika i jenergoobespechenie. 2018. - № 2 (19). - P. 92-100.
3. Modelirovanie processov posleuborochnoj obrabotki zerna i semyan i tehnologii ih podgotovki [Текст] / V. D. Galkin, A. D. Galkin, V. A. Handrikov, S. E. Basalgin // Permskij agrarnyj vestnik. 2018. - № 3 (23). - P. 19-29.
4. Obosnovanie principial'noj sxemy vozdushno-reshetnogo separatora semyan [Текст] / A. P. Tarasenko, V. I. Orobinskij, A. M. Gievskij, D. S. Tarabrin, M. S. Annenkov // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. - № 4 (55). - P. 95-102.
5. Obosnovanie tehnologicheskikh parametrov rotorno-vozdushnogo separatora dlya ochistki semyan trav [Текст] / A. N. Ceplyaev, M. N. Shaprov, V. A. Ceplyaev, S. S. Poltorynkin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - №1 (37). - P. 191-195.
6. Podgotovka vysokokachestvennyh semyan s ispol'zovaniem pnevmoseparatorov [Текст] / A. I. Burkov, G. A. Batalova, A. L. Glushkov, V. A. Lazykin // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017. - № 2 (57). - P. 72-76.
7. Sovershenstvovanie processa posleuborochnoj obrabotki grechihi [Текст] / K. V. Myasnyankin, R. A. Putenko, A. P. Tarasenko, A. A. Ageev // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. -- 2016. - № 2. - P. 118 - 124.

8. Tarabrin, D. S. Sovershenstvovanie processa poslereshetnoy pnevmoseparacii zernovogo voroha v zernoochistitel'nyh mashinah [Tekst] / D. S. Tarabrin // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 1 (51). - P. 102-109.

9. Hamuev, V. G. Raspredelenie skorostej vozdušnogo potoka v glubokom pnevmosepariruyuschem kanale [Tekst] / V. G. Hamuev // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tehnologii. - 2015. - № 4. - P. 12-15.

10. Ceplyaev, A. N. Parusnyj klassifikator dlya opredeleniya kriticheskoy skorosti chastic zernovogo voroha [Tekst] / A. N. Ceplyaev, M. A. Perepelkin, V. A. Ceplyaev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2011. - №3 (23). - P. 203-205.

11. Astanakulov, K. Working out and implementation of the safflower cleaning machine [Tekst] / K. Astanakulov, M. Karimov // European science review. - 2016. - № 3-4. - P. 278-280.

12. Voropaeva, N. Nanotechnology in agriculture (review) [Tekst] / N. Voropaeva, O. Figovsky, D. Beilin // Scientific Israel - Technological Advantages. - 2016. - № 3. - P. 3-50.

Информация об авторах

Цепляев Алексей Николаевич, профессор ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26) доктор сельскохозяйственных наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1454-5784>. E-mail: can_volgau@mail.ru.

Габидулина Айжан Есмагаловна, аспирант ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2302-5617>. E-mail: ayzhanochka@mail.ru.

Харлашин Александр Владимирович, доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26) кандидат технических наук.

E-mail: harlashin@list.ru.

Богданов Сергей Иванович, доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26) кандидат технических наук. E-mail: bsi@mail.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.3:635.61

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-41

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА КОНТЕЙНЕРОВ НА ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОМ АГРЕГАТЕ

KINEMATIC ANALYSIS OF THE LIFTING MECHANISM OF CONTAINERS BY THE LOADING AND TRANSPORT UNIT

М.Н. Шапров, доктор технических наук, профессор

И.С. Мартынов, кандидат технических наук, доцент

М.А. Садовников, кандидат технических наук, доцент

А.В. Седов, кандидат технических наук, доцент

M.N. Shaprov, I.S. Martinov, M.A. Sadovnikov, A.V. Sedov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 08.04.2019

Received 08.04.2019

Дата принятия к печати 10.06.2019

Submitted 10.06.2019

Повышение эффективности возделывания бахчевых культур за счет механизации основных операций при уборке плодов и обеспечения их сохранности при транспортировке и хранении является весьма актуальной задачей. Это связано с тем, что уборка и перевозки с поля плодов бахчевых культур является самой трудоемкой операцией при их возделывании. С целью сниже-

ния затрат ручного труда наиболее перспективна уборка плодов с использованием контейнеров. Поэтому применение при уборке бахчевых культур уборочно-транспортного комплекса, состоящего из двух машин: комбайна, который осуществляет подбор плодов с поля и там, где проводится сортировка плодов, и погрузочно-транспортного агрегата – контейнеровоза, является весьма перспективным направлением. В статье дано описание конструкции и принципа работы контейнеровоза большой грузоподъемности при ограниченных габаритах. Он состоит из двух параллельно расположенных секций, каждая из которых, в свою очередь, состоит из двух ярусов: верхнего и нижнего, жестко соединенных между собой. Оба яруса имеют двухрядные рольганговые дорожки, на которые устанавливаются контейнеры. Впереди и сзади контейнеровоза установлены лифтовые площадки с механизмами их подъема и опускания. На раме нижнего спереди, а на раме верхнего яруса сзади установлены механизмы перемещения контейнеров. Проведенное теоретическое обоснование конструктивных и кинематических параметров механизма подъема лифтовой площадки, обеспечивающей перемещение контейнеров с нижнего яруса уборочно-транспортного агрегата на верхний ярус и обратно, позволило получить зависимости для определения длины рычагов от требуемой высоты подъема, сил сопротивления подъему от положения рычагов, определения оптимального угла установки гидроцилиндра.

Improving the efficiency of cultivation of melon crops due to the mechanization of the main operations during the harvesting of fruits and ensuring their safety during transportation and storage is a very urgent task. This is due to the fact that harvesting and transporting melons and gourds from the field of fruits is the most time-consuming operation in their cultivation. In order to reduce the cost of manual labor, fruit harvesting using containers is most promising. Therefore, the use of harvesting and transport complex consisting of two machines during harvesting of melons and gourds: a combine that selects fruits from the field and where the fruit is sorted and the loading and transport unit — the container ship — is a very promising direction. The article describes the design and principle of operation of a large-capacity container ship with limited dimensions. It consists of two parallel sections, each of which in turn consists of two tiers: upper and lower, rigidly interconnected. Both tiers have double row roller table, on which they install containers. Elevator platforms with mechanisms of their raising and lowering are installed in front and behind the container ship. On the frame of the lower front, and on the frame of the upper tier, rear mounted mechanisms for moving containers. The theoretical substantiation of the constructive and kinematic parameters of the elevator platform lifting mechanism, which ensured the movement of containers from the lower tier of the harvest-transport unit to the upper tier and back, made it possible to obtain dependences for determining the length of the levers on the required height of the levers, determining the optimum angle installation of hydraulic cylinder.

Ключевые слова: плоды, контейнеровозы, погрузка плодов, транспортировка плодов, бахчевые культуры.

Key words: fruits, container ships, loading of fruits, transportation of fruits, melons and gourds.

Цитирование. Шапров М.Н., Мартынов И.С., Садовников М.А., Седов А.В. Кинематический анализ механизма подъема контейнеров на погрузочно-транспортном агрегате. *Известия НВ АУК*. 2(54). 346-354. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-41.

Citation. Shaprov M.N., Martinov I.S., Sadovnikov M.A., Sedov A.V. Kinematic analysis of the lifting mechanism of containers by the loading and transport unit. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 346-354. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-41.

Введение. В настоящее время интенсификация сельскохозяйственного производства является определяющей задачей. Ее можно решить за счет внедрения новых технологий, основанных на повышении производительности труда, комплексной механизации основных операций, повышения качества и сохранности продукции. Особенно это насущно для таких отраслей, как овощеводство и бахчеводство, где применяется большое количество ручного труда и наблюдаются достаточно большие потери урожая [1, 11, 13].

В бахчеводстве основная проблема – это снижение затрат ручного труда при уборке плодов и их сохранность при доставке к потребителю. Из всех известных технологий уборки решить эту проблему позволяет использование современных технологических комплексов по уборке плодоовощной продукции при использовании контейнерной системы транспортирования продукции. Кроме того, это позволяет без дополнительных затрат осуществлять хранение овощей и плодов в стандартных контейнерах вместимостью одна тонна со сплошными стенками и решетчатым дном. Поэтому применение контейнеров при уборке бахчевых культур является весьма перспективным направлением [3, 6, 13, 14].

Данный комплекс состоит из двух машин: комбайна, который осуществляет подбор плодов с поля и там, где проводится сортировка плодов, и погрузочно-транспортного агрегата – контейнеровоза.

Нами разработана конструкция контейнеровоза большой грузоподъемности при его ограниченных габаритах и работающего с бахчеуборочным комбайном [10, 12, 7].

Цель данной статьи – дать теоретическое обоснование параметров механизмов перемещения контейнеров.

Материалы и методы. Контейнеровоз (рисунок 1) состоит из двух параллельно расположенных секций, каждая из которых состоит из двух ярусов: верхнего 1 и нижнего 2, жестко соединенных между собой.

Оба яруса имеют двухрядные рольганговые дорожки, на которые устанавливаются контейнеры.

Впереди и сзади контейнеровоза установлены лифтовые площадки 3 и 4 с механизмом их подъема и опускания. Они также имеют рольганговые дорожки. На раме нижнего яруса спереди, а на раме верхнего яруса сзади установлены механизмы подачи контейнеров 5, 6. Контейнеровоз также имеет площадку управления и откидывающуюся заднюю стенку 7.

Контейнеровоз работает следующим образом [2, 7]. Оператор уборочной машины направляет плоды в контейнер, расположенный, например, в правом ряду на раме верхнего яруса 1.

После его заполнения оператор уборочной машины направляет плоды в контейнер левого ряда, а оператор контейнеровоза, находящийся на площадке, проводит в правом ряду замену заполненного контейнера пустым. Для этого он поднимает гидроцилиндрами лифтовые площадки 3 и 4 вверх. На лифтовой площадке 3 находится пустой контейнер.

С помощью механизма 5 сдвигаются по рольганговым дорожкам контейнеры, расположенные на раме верхнего яруса 1. В результате контейнер с плодами оказывается на лифтовой площадке 4. Затем лифтовые площадки опускаются вниз и механизмом 6 контейнеры перемещаются по рольганговым дорожкам рамы нижнего яруса.

После заполнения плодами контейнера левого ряда оператор уборочной машины начинает заполнять пустой контейнер правого ряда, а оператор контейнеровоза проводит смену контейнеров левого ряда.

Таким образом, происходит поочередное заполнение контейнеров обоих рядов и время загрузки контейнеров в одном ряду используется для смены контейнеров в другом. После заполнения всех контейнеров происходит их доставка к месту складирования и выгрузке.

Для выгрузки откидывается стенка 7 и вильчатым погрузчиком поочередно с лифтовых площадок 3, находящихся в нижнем положении, снимаются заполненные контейнеры и устанавливаются пустые. Оператор контейнеровоза поднимает пустой контейнер на верхний ярус и вышеописанным способом подает на лифтовую площадку 3 контейнеры, заполненные плодами.

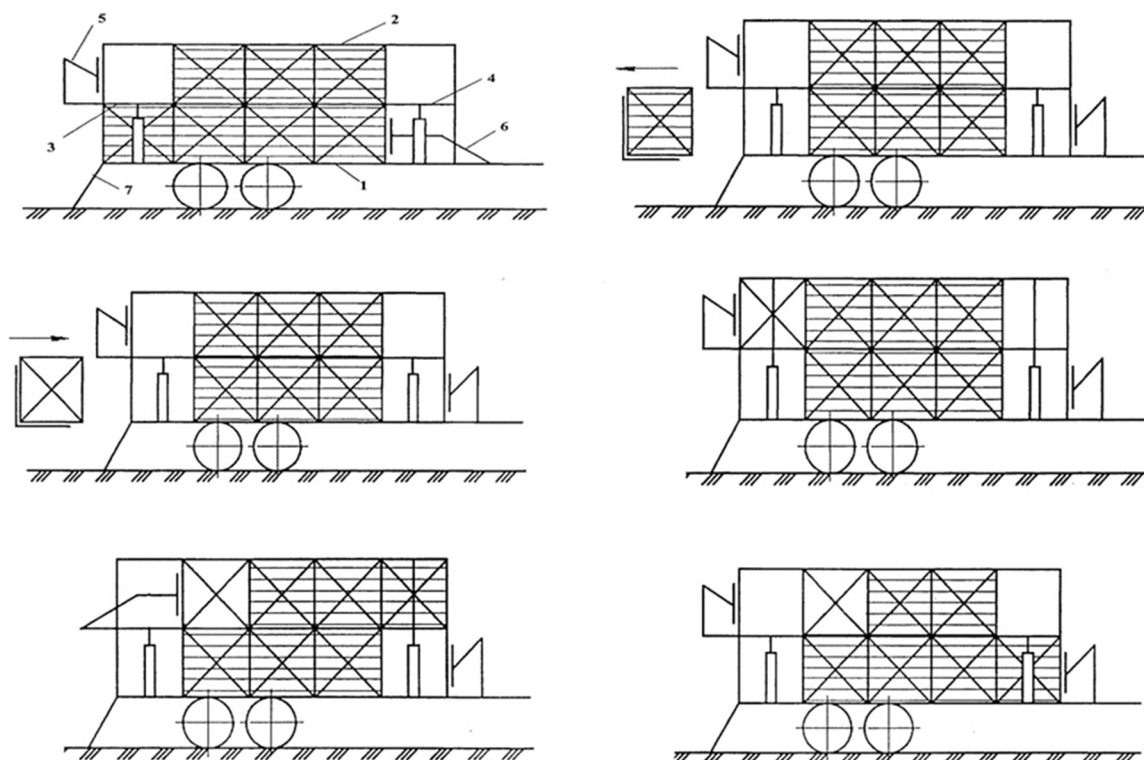


Рисунок 1 – Схема смены контейнеров

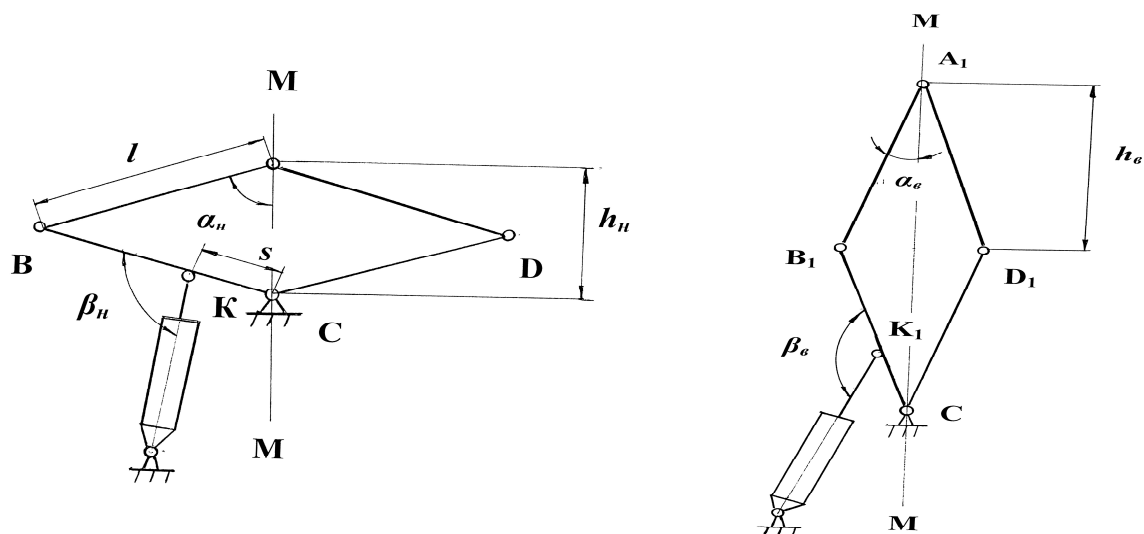
Результаты и обсуждение. Работа контейнеровоза зависит в первую очередь от работы механизма подъема лифтовой площадки. Поэтому в статье даны результаты кинематического и силового анализа данного механизма [4, 5, 8, 9].

Подъем лифтовой площадки осуществляется механизмом в виде параллелограмма ABCD, который (рисунок 2а) соединен с лифтовой площадкой в середине ее верхней части (точка А). К рычагу ВС присоединен гидроцилиндр, осуществляющий перемещение точки А в положение А₁, то есть подъем площадки с нижнего яруса на верхний на высоту h_k (рисунок 2а). При определении параметров механизма подъема необходимо определить его конструктивные и кинематические параметры и провести расчеты для выбора гидроцилиндра. Необходимое усилие, которое должен развивать гидроцилиндр, преодолевая возникающее сопротивление при подъеме лифтовой площадки с контейнером, определяется по формуле:

$$P_{ц} = G h \operatorname{tg} \alpha (1 + \sin 2\alpha) / 2s \sin \beta, \quad (1)$$

где G – сила тяжести лифтовой площадки и контейнера; h – высота подъема контейнера; s – расстояние от места крепления гидроцилиндра на рычаге подъема до оси его вращения; β – угол между гидроцилиндром и рычагом подъема; α – угол между верхним рычагом и вертикалью (рисунок 2).

В данном уравнении величинами, которые меняют свое значение, являются углы α и β . Поэтому, чтобы определить в каком положении рычагов будет максимальное сопротивление, необходимо провести анализ влияния изменения этих углов на сопротивление подъема.



а) нижнее положение лифтовой площадки

б) верхнее положение лифтовой площадки

Рисунок 2 – Схема механизма подъема лифтовой площадки

Угол α меняется от максимального значения (α_n) в нижнем положении площадки до минимального (α_e) в ее верхнем положении.

Тогда при высоте подъема h , длина рычага l будет равна

$$l = h / \cos \alpha_e. \quad (2)$$

Отсюда определяем значение угла α_n . Так как у нас треугольник ABC равнобедренный, то можно записать $\cos \alpha_n = h / 2l$, а с учетом выражения (2): $\cos \alpha_n = \cos \alpha_e / 2$. Отсюда угол α_n равен

$$\alpha_n = \arccos \{ \cos \alpha_e / 2 \}. \quad (3)$$

Исходя из всего вышесказанного преобразуем выражение (1) в следующий вид:
 $P_{\text{ц}} \geq A B C$.

Здесь:

$$A = Gh / 2s. \quad (4)$$

$$B = (1 + \sin 2\alpha) \operatorname{tg} \alpha. \quad (5)$$

$$C = \sin \beta. \quad (6)$$

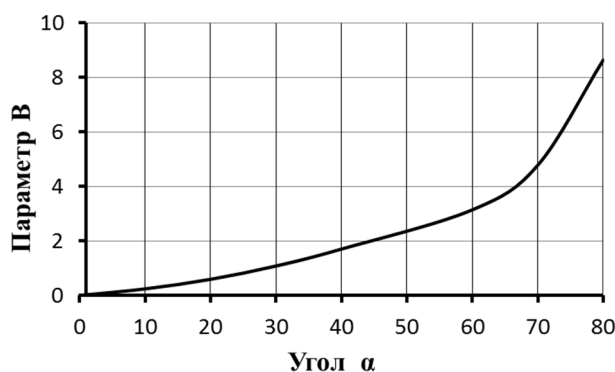


Рисунок 3 – Зависимость параметра B от угла α

Параметр А остается в процессе подъема постоянной величиной, а параметры В и С меняют свои значения, так как меняются значения углов α и β . График зависимости (5) представлен на рисунке 3.

Из него видно, что с увеличением угла α растет и значение параметра В. Отсюда можно сделать вывод, что максимальное сопротивление будет в начале подъема площадки. Поэтому конструкция параллелограммного механизма должна быть такой, чтобы угол α_n имел минимально возможное значение.

Это можно обеспечить соответствующим выбором длины рычагов, задаваясь значением угла α_n .

Угол β меняется в значительно меньших пределах (рисунок 4). Желательно, чтобы он в процессе подъема оставался близким к 90° . Этим обеспечивается передача максимального усилия от гидроцилиндра на рычаги подъема.

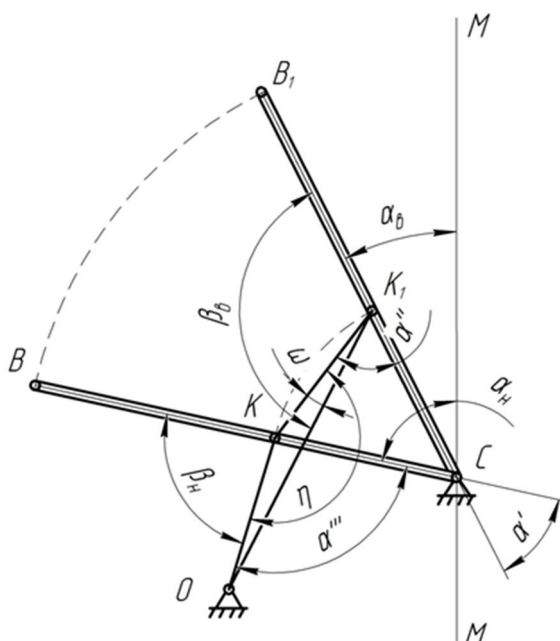


Рисунок 4 – Схема для расчета углов установки гидроцилиндра

Для этого в нижнем положении гидроцилиндр должен быть установлен по отношению к рычагу подъема под углом β_n меньше 90° . Тогда в верхнем положении угол β_v будет больше 90° . Необходимо, чтобы $\sin \beta_n = \sin \beta_v$. То есть, с учетом принятых ограничений, $\beta_v = \pi - \beta_n$.

С другой стороны угол β_v равен:

$$\beta_v = \pi - \alpha'' + \omega. \quad (7)$$

Угол α'' найдем из равнобедренного треугольника $КСК_1$:

$$\alpha'' = \pi - (\alpha_n - \alpha_v) / 2. \quad (8)$$

Угол ω найдем из треугольника $ОКК_1$, который будем считать равнобедренным, так как стороны ОК и $КК_1$ можно с достаточной точностью принять равными друг другу. Тогда

$$\omega = (\pi - \eta) / 2. \quad (9)$$

С учетом того, что угол η равен $\eta = \alpha'' + \pi - \beta_n$, получаем:

$$\beta_v = (2\pi - 3\alpha'' + \beta_n) / 2 = \pi - \beta_n. \quad (10)$$

Решая это выражение относительно угла β_n , получим:

$$\beta_n = \alpha'' = \pi - (\alpha_n - \alpha_b) / 2. \quad (11)$$

Таким образом, для выполнения условия, чтобы угол β в процессе подъема оставался близким к 90° , угол β_n установки гидроцилиндра относительно нижнего рычага подъема должен удовлетворять выражению (11).

Требуемый ход штока гидроцилиндра d , обеспечивающий подъем площадки на высоту h , найдем из треугольника КСК₁, учитывая что $d = КК_1$, а $s = КС = К_1С$:

$$d = 2s \cos \alpha'' = 2s \cos[\pi - (\alpha_n - \alpha_b) / 2]. \quad (12)$$

Заключение. Полученные выражения позволяют определить конструктивные и кинематические параметры механизма подъема лифтовой площадки, обеспечивающей перемещение контейнеров с нижнего яруса уборочно-транспортного агрегата на верхний и обратно.

Библиографический список

1. Алгоритм сохранения качества плодовоовощной продукции при уборочно-транспортных работах [Текст] / И.А. Успенский, И.А. Юхин, С.В. Колупаев, К.А. Жуков // Техника и оборудование для села. – 2013. – №12. – С. 12-15.
2. Бычков, В.В. Новые специализированные машины для механизации садоводства [Текст] / В.В. Бычков, Г.И. Кадыкало // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2014. № 1(38). – С. 52-56.
3. Бычков, В.В. Технические средства для механизации уборочных и транспортных работ в садоводстве [Текст] / В.В. Бычков, Ю.А. Утков, Г.И. Кадыкало // Достижение науки и техники АПК. – 2013. – № 4. – С. 46-48.
4. Гобель, Е.С. Киностатическое исследование подъемного механизма [Текст] / Е.С. Гобель, Б.И. Журсенбаев, А.Т. Сарбасов // Известия Московского государственного технического университета (МАМИ). – 2012. – № 2 (14). – С. 72-77.
5. Кравченко, В.М. Проектирование стрелы грузоподъемного устройства минимальной массы [Текст] / В.Н. Кравченко, А.Н. Дуденко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 3 (27). – С. 199-209.
6. Кравченко, Т.С. Показатели экономической эффективности освоения отраслевых инноваций в растениеводстве [Текст] / Т.С. Кравченко // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – №5(38). – С. 93-99.
7. Обоснование параметров механизмов перемещения контейнеров на погрузочно-транспортном агрегате [Текст] / 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. 293-300.
8. Салманова, И.Р. Разработка целевых прогнозов технологического развития производства основных видов продукции растениеводства в Российской Федерации [Текст] / И.Р. Салманова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3 (23). – С. 144-147.
9. Тимофеев Г.А. Современный метод кинематического и силового анализа сложных механических систем [Текст] / Г.А. Тимофеев, Е.Г. Мор, Н.Н. Барбашов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2015. – № 3(60). – С. 11-16.
10. Успенский, И.А. Пути снижения травмируемости плодовоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках [Электронный ресурс] / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2014. – №96(02). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.
11. Цепляев, А.Н. Обоснование параметров подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур [Текст] / А.Н. Цепляев, В.Г. Абезин, В.Н. Мутулов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 1 (29). – С. 174-179.

12. Шапров, М.Н. Обоснование конструкции роторного подборщика для уборки плодов бахчевых культур [Текст] / М.Н. Шапров, А.В. Седов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 4 (32). – С. 214-217.

13. Antypas, I.R. The study of factors resulting in fruit deformation / I.R. Antypas, A.G. Dyachenko // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. – 2017. – № 19 (4). – P.1064-1069.

14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V. Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin, G.D. Kokorev, M.Y. Kostenko, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, A.I. Ryadnov, R.A. Kosul'nikov, A.V. Shemyakin, I.A. Yukhin, I.K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – № 13 (10). – P. 3502-3508.

References

1. Algoritm sohraneniya kachestva plodoovoschnoj produkcii pri uborochno-transportnyh rabotah [Tekst] / I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, S. V. Kolupaev, K. A. Zhukov // Tehnika i oborudovanie dlya sela. - 2013. - №12. - P. 12-15.

2. Bychkov, V. V. Novye specializirovannye mashiny dlya mehanizacii sadovodstva [Tekst] / V. V. Bychkov, G. I. Kadykalo // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - 2014. № 1(38). - P. 52-56.

3. Bychkov, V. V. Tehnicheskie sredstva dlya mehanizacii uborochnykh i transportnykh rabot v sadovodstve [Tekst] / V. V. Bychkov, Yu. A. Utkov, G. I. Kadykalo // Dostizhenie nauki i tehniki APK. - 2013. - № 4. - P. 46-48.

4. Gobel', E. S. Kinostaticheskoe issledovanie pod'emnogo mehanizma [Tekst] / E. S. Gobel', B. I. Zhursenbaev, A. T. Sarbasov // Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MAMI). - 2012. - № 2 (14). - P. 72-77.

5. Kravchenko, V. M. Proektirovanie strely gruzopod'emnogo ustrojstva minimal'noj massy [Tekst] / V. N. Kravchenko, A. N. Dudenko // Izvestiya vysshix uchebnykh zavedenij. Povolzhskij region. Tekhnicheskie nauki. - 2013. - № 3 (27). - P. 199-209.

6. Kravchenko, T. S. Pokazateli jekonomicheskoy jeffektivnosti osvoeniya otraslevykh innovacij v rastenievodstve [Tekst] / T. S. Kravchenko // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - №5(38). - S. 93-99.

7. Obosnovanie parametrov mehanizmov peremescheniya kontejnerov na pogruzochno-transportnom agregate [Tekst] / M. N. Shaprov, I. S. Martynov, M. A. Sadovnikov, A. V. Sedov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2019. - № 1 (53). - P. 293-300.

8. Salmanova, I. R. Razrabotka celevykh prognozov tehnologicheskogo razvitiya proizvodstva osnovnykh vidov produkcii rastenievodstva v Rossijskoj Federacii [Tekst] / I. R. Salmanova // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2013. - № 3 (23). - P. 144-147.

9. Timofeev G. A. Sovremennyy metod kinematicheskogo i silovogo analiza slozhnykh mehanicheskikh sistem [Tekst] / G. A. Timofeev, E. G. Mor, N. N. Barbashov // Izvestiya vysshix uchebnykh zavedenij. Mashinostroenie. - 2015. - № 3(60). - P. 11-16.

10. Uspenskij, I. A. Puti snizheniya travmiruemosti plodoovoschnoj produkcii pri vnutrihozyajstvennykh perevozkah [Jelektronnyj resurs] / I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, K. A. Zhukov // Politematicheskij setевой Jelektronnyjnauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). - 2014. - №96(02). - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.

11. Ceplyaev, A. N. Obosnovanie parametrov podborschika-pogruzchika plodov bahchevykh kul'tur [Tekst] / A. N. Ceplyaev, V. G. Abezin, V. N. Mutulov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2013. - № 1 (29). - P. 174-179.

12. Shaprov, M. N. Obosnovanie konstrukcii rotnogo podborschika dlya uborki plodov bahchevykh kul'tur [Tekst] / M. N. Shaprov, A. V. Sedov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2013. - № 4 (32). - P. 214-217.

13. Antypas, I.R. The study of factors resulting in fruit deformation / I.R. Antypas, A.G. Dyachenko // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. – 2017. – № 19 (4). – P. 1064-1069.

14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V. Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin, G.D. Kokorev, M.Y. Kostenko, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, A.I. Ryadnov, R.A. Kosul'nikov, A.V. Shemyakin, I.A. Yukhin, I.K. Danilov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – № 13 (10). – P. 3502-3508.

Информация об авторах

Шапров Михаил Николаевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, профессор.
ORCID: 0000-0002-9929-5042. **E-mail:** m.shaprov@yandex.ru.

Мартынов Иван Сергеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-6185-7740.
E-mail: ISMartynov@mail.ru.

Садовников Михаил Алексеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент. ORCID: 0000-0001-9223-854X.
E-mail: mic-ha-el@yandex.ru.

Седов Алексей Васильевич, доцент кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-3896-5729.
E-mail: sedov7020@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.5:504.064.36

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-42

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА АГРОЭКОСИСТЕМ DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES ON AUTOMATED CONTROL FOR THE FORMATION OF AMELIORATION MODE OF AGRO-ECOSYSTEMS

И.Ф. Юрченко, доктор технических наук, главный научный сотрудник

I. F. Yurchenko

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, г. Москва*

*All – Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Дата поступления в редакцию 04.04.2019
Received 04.04.2019

Дата принятия к печати 03.06.2019
Submitted 03.06.2019

Действенность инновационных мероприятий сельскохозяйственных мелиораций во многом обусловлена использованием прецизионных автоматизированных систем управления технологическими процессами формирования мелиоративного режима агроэкосистем. Автоматизация управления агропроизводством на мелиорируемых землях обеспечивает выполнение установленной последовательности технологических процедур с максимальной скоростью и точностью. Цель работы – охарактеризовать степень существующей автоматизации формирования мелиоративного режима агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель и рассмотреть направле-

ния ее совершенствования. Методическая основа исследований – информационно-аналитический анализ, техническая кибернетика, автоматизация технологических процессов управления, математические методы оптимизации. Выполнен анализ и представлены функциональные возможности предлагаемых к реализации коммерческих автоматизированных систем управления технологическими процессами агропроизводства на мелиорируемых землях. Описаны действующие в практике агропроизводства системы мониторинга состояния почвы и погодных условий в режиме реального времени, которые помогают не только наблюдать за изменениями условий и дистанционно управлять системами орошения, но и принимать действенные управленческие решения. Выявлено почти полное отсутствие предложений полноценных отечественных разработок на современном рынке технологий точного управления мелиоративным режимом агроэкосистем. Установлены приоритетные перспективные направления совершенствования цифрового развития сельхозпроизводства на мелиорируемых землях, включающие: облачные технологии и технологии формирования и обработки массивов больших данных; программно-управляемые комплексы, ориентированные на предоставление пользователю, который не является владельцем технического оборудования, результирующей информации необходимой для корректирующих воздействий; нейросети, искусственный интеллект и прочие инновационные разработки в области автоматизации управления, обеспечивающие не только и не столько сбор данных, но, в первую очередь, поддержку и реализацию управленческих решений. Показана необходимость трансформации подходов к созданию и использованию автоматизированных систем управления с требованиями технологий «Интернет вещей», одного из новейших направлений эволюции современных Интернет-технологий.

The efficiency of innovative amelioration measures at agriculture is largely depends on the use of precision automated systems to control process within engineering irrigation and drainage projects. Automation of agricultural management in reclaimed lands provides the implementation of the required technological procedures quickly and carefully. The issue of the research is to characterize the existing automation of the amelioration mode formation within agroecosystems and the energy potential of reclaimed lands to consider the ways of further improvement. The results of analysis which was carried out to determine the functional capabilities of the proposed commercial automated control systems for the technological processes of agricultural production in reclaimed lands are given in the paper. The article describes the existing in the practice of agricultural monitoring systems of soil and weather conditions in real time, which help both to monitor changes in conditions and remote control of irrigation systems, as well as to make effective management decisions. Practically complete absence of the full-fledged domestic developments of the exact management technologies of the ameliorative modes within the agroecosystems in the modern market is revealed. The practical absence of domestic developments in the field of technologies for the accurate control of the amelioration mode of agroecosystems is determined in the modern market. The forecast ways to improve digital development in agricultural production in the reclaimed lands are the following: cloud solutions; technologies of formation and processing of "Big Data"; software-controlled systems focused on providing the user, who is not the owner of the technical equipment, with the resulting information to corrective actions; software-controlled complexes of information support of corrective actions; artificial intelligence, etc. are given. The necessity of transforming approaches to the creation and use of automated control systems in accordance with the requirements of the «Internet of Things» technology, one of the newest trends in the evolution of modern Internet technologies, is shown.

Ключевые слова: *прецизионные технологии, автоматизированное управление, мелиоративный режим, агроэкосистема*

Key words: *precision technologies, automated control, reclamation mode, agroecosystem.*

Цитирование. Юрченко И. Ф. Разработка и совершенствование технологий автоматизированного управления формированием мелиоративного режима агроэкосистем. *Известия НВ АУК.* 2019. 2(54). 354-363. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-42.

Citation. Yurchenko I. F. Development and improvement of technologies on automated control for the formation of amelioration mode of agro-ecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 354-363. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-42.

Введение. К широко востребованным практикой и активно развивающимся на мировом рынке услуг относятся ресурсо- и энергосберегающие автоматизированные технологии управления производством. Базовой основой действенности энергоэффективных технологий являются автоматизированные системы прецизионного управления технологическими процессами, выполняющие установленную последовательность технологических процедур при минимальных затратах энергии с максимальной скоростью и точностью [9, 11, 12]. Цель настоящей работы – охарактеризовать существующую степень автоматизации управления мелиоративными системами, включая технологические процессы обеспечения мелиоративного режима агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель, и рассмотреть направления совершенствования последних.

Материалы и методы. Исследования базируются на положениях современной теории гармоничного сочетания природных и техногенных процессов на объектах мелиорации, включающей информационно-аналитический анализ, техническую кибернетику, автоматизацию технологических процессов управления, математические методы оптимизации.

Результаты и обсуждение. Под автоматизацией управления технологическими процессами мелиоративных систем понимается оборудование их средствами автоматики и телемеханики, позволяющими полностью или частично осуществлять использование, не требующее вмешательства человека. При всем многообразии предложений по возможной автоматизации технологических процессов мелиоративных систем наибольшее распространение получили автоматизированные системы управления, обеспечивающие:

- надежность и безаварийность работы конструктивных элементов и/или узлов ирригационных систем путем контроля и оценки их технического состояния в сравнении фактических показателей с установленными;
- контроль несанкционированных перегрузок, отступлений от установленных правил работы и повреждений электрических сетей и др.;
- функционирование локализованных ГТС ирригационных систем (головного водозаборного узла, водовыделов, насосного оборудования и т. д.);
- интегрированный учет и контроль параметров водозабора и водораспределения;
- оперативную корректировку водоподдачи и водораспределения в сочетании с интегрированным учетом и контролем водопользования на регулируемых сооружениях;
- работу системы ирригации, гарантирующей полив в назначенное время с учетом фактической влажности почвы и установленных программой ограничений ее количественных значений.

Использование автоматизированных систем управления на орошении максимально для таких объектов, как водозаборы; насосное оборудование головных, подкачивающих и перекачивающих станций; установок и орошения подземными водами; сооружения на водопроводящих линейных объектах, регулирующих водораспределение на каналах, лотках и трубопроводах ирригационных систем.

Пик работ по автоматизации ирригационных систем, по большей части связанных с модернизацией систем водозабора, водораспределения и водоподдачи, пришедшийся на 60-70 годы прошлого столетия - периоде мощного становления мелиоративного водохозяйственного комплекса, ярко высветил ее преимущества в части экономической эффективности, технологической целесообразности и зачастую эксплуатационной необходимости. К сожалению, начавшееся в 80 г. двадцатого века реформирование хозяйственного механизма страны, отрицательно сказавшееся на состоянии мелиоративного водохозяйственного комплекса в целом, практически свело на нет эксплуа-

тацию и обеспечение работоспособности раннее созданных системы автоматизации и на добрые 30 лет задержало эволюцию АСУ ТП в сфере мелиорации, успешно продолжившуюся в странах зарубежья и продвинутых секторах отечественной экономики.

Развитие новых исследований и появление плодотворных результатов в области теории управления в целом, и в частности в сфере оптимизации управления производственными процессами, связанного с мощным развитием электронных и компьютерных технологий, было инициировано назревшей потребностью предприятий нефтегазовой и пищевой промышленности, водоснабжения, энергоснабжения и т. п. секторов экономики в автоматизации управления пространственно распределенной инфраструктурой удаленных объектов. Полученные результаты в первую очередь были использованы успешными муниципалитетами для автоматизации поливов газонов, полей гольфа и т. д., а в последующем и для создания АСУ ТП оросительных систем.

Технологический процесс формирования мелиоративного состояния агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель по сути можно рассматривать как сложный комплекс работ, направленных на поддержание оптимального влажностного, пищевого и температурного режимов почв с учетом изменяющихся во времени потребностей выращиваемой культуры, а также на обеспечение в агроценозе положительного баланса гумуса. Такой подход целесообразен для конструирования высокопродуктивного и устойчивого агроландшафта, и его реализация требует ресурсосберегающих технологий точного или «прецизионного» управления агропроизводством (англ. precision agriculture) на мелиорируемых землях [9, 5].

Сегодня на рынке существует множество систем мониторинга состояния почвы и погодных условий в режиме реального времени, которые помогают не только наблюдать за изменениями условий, дистанционно управлять системами орошения, но и принимать действенные управленческие решения. Структура предлагаемых к реализации коммерческих АСУ ТП по мелиорации может включать локальные системы автоматического управления (САУ) и устройства автоматизации [13, 20].

К хорошо представленным предложениям рынка по реализации систем автоматизированного управления орошением можно отнести разработки фирмы Tevatronik (<http://tevatronic.net/?lang=ru>). В составе системы управления орошением реализованы технологические операции, обеспечивающие полив сельскохозяйственных культур и внесение удобрений без вмешательства человека. На рисунке представлена по данным сайта фирмы Tevatronik принципиальная организационная схема системы управления орошением.

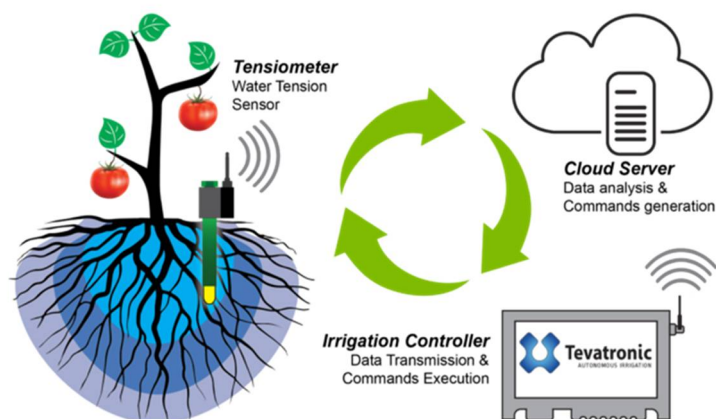


Рисунок – Принципиальная организационная схема системы управления орошением
(Представлена по данным <http://tevatronic.net/?lang=ru>)

Архитектура системы включает:

- контроллер клапанного переключателя поливного трубопровода, обеспечивающий сбор данных с тензиометров и отправляющий их по сотовой связи на облачный сервер для анализа, по команде с которого открываются и закрываются ирригационные клапаны;
- беспроводной тензиометр, устанавливается вблизи корневой системы растений для определения и передачи данных о количестве энергии, использующейся корневой системой растения для извлечения почвенной влаги;
- дистанционный электромагнитный беспроводной переключатель гидравлического клапана, работающий по команде от соответствующего контроллера;
- Интернет облачный сервер, использующий математический алгоритм для анализа данных и принятия решений об орошении, которое транслируется на переключатель клапана для выполнения;
- беспроводной передатчик, применяется для расширения зоны приема сигнала от тензиометров;
- датчик температуры и относительной влажности воздуха.

Широко представленные инновационные продукты компании Growsmart от Lindsay используют методы управления поливами, которые обеспечивают при высоком качестве реализованных технологических операций удобство пользователю, снижают эксплуатационные затраты за счет эффективного использования времени, труда, электроэнергии и воды. Поставляемая фирмой система дистанционного управления и мониторинга FieldNET представляет веб-платформу для беспроводного управления технологическими процессами ирригационных систем и сообщений о важных изменениях условий производства в удаленном режиме. Базовые функции системы управления поливом FieldNET включают:

- мониторинг метеоусловий. Метеорологические станции Growsmart выявляют изменения природных условий в установленных пунктах контроля;
- управление круговыми и фронтальными дождевальными машинами, водяными пушками, инжекторами и насосами;
- формирование статистических данных по расходу ресурсов систем полива.

Интерфейс FieldNET русифицирован, что повышает действенность его применения в России. Действенность использования системы управления повышается также наличием приложения для смартфонов и планшетных ПК FIELDNET MOBILE. Наряду с реализацией системы FieldNET фирма Growsmart Lindsay осуществляет проектирование и установку инфраструктуры широкополосной связи в поле, компоновку полей полива и общий дизайн системы ирригации, поставляет интегрированные насосные станции и системы фильтрации, дождевальные машины и установки кругового и фронтального действия.

Интуитивно понятная и удобная система John Deere Field Connect фирмы John Deere использует датчики контроля уровня влажности почвы, установленные на различной глубине. Информация поступает на веб-интерфейс, обеспечивающий визуализацию данных на компьютере или мобильном устройстве в формате графика, который используется для принятия своевременных решений по ирригации удаленно. Система может быть настроена на фактические природно-хозяйственные условия каждого поля (типа выращиваемых культур, почвы и т.д.), а также целевые установки управления поливами конкретного пользователя. Возможна также интеграция сведений о влажности почвы из устройства Field Connect от John Deere с данными по урожайности, типу почвы, плодородию и другой агрономической информацией для большей действенности оптимизации продуктивности каждого поля.

Компания Acromag SM-Autonomous Irrigation Control предлагает систему контроля с возможностями удаленной связи, позволяющую использовать различные локальные источники энергии (солнечная, ветровая, водная, геотермальная или аккумуляторная) и услуги беспроводной сети. Благодаря мощному процессору и встроенным модулям ввода/вывода система хорошо оснащена для мониторинга датчиков и автоматического управления системой полива.

Представленная на рынке система диспетчерского контроля и сбора данных Supervisory control and data acquisition (SCADA) обеспечивает точный, интегрированный контроль водообеспечения гидромелиоративной сети и мелиорируемых земель в режиме реального времени. Система SCADA автоматизирует учет количества воды, поступающей из водоемисточника, количества воды, аккумулирующейся в каналах, и количества воды, подаваемой на поля. Пользователи системы SCADA могут всегда получить сведения о водораспределении и водопользовании на системе, что повышает качество управляющих воздействий.

Обращает на себя внимание отсутствие отечественных организаций в перечне разработчиков современных автоматизированных систем управления, базирующихся на принципах прецизионности, требующих выполнения заданной последовательности технологических операций с максимальной скоростью и точностью при минимальных затратах энергии на их выполнение [21, 2-4, 15]. Для перенастройки и адаптации зарубежных цифровых систем управления, объекты автоматизации которых и условия функционирования отличаются от отечественных, необходимо привлечение специалистов фирмы-производителя. Как правило, это не выполняется, что снижает действенность использования указанных новаций в практике эксплуатации ирригационных систем. Очевидно, что становление цифровой инфраструктуры управления производственными процессами в мелиорации не должно быть полностью ориентированным на зарубежные технологии. Это требует большой работы по незамедлительному совершенствованию научно-технологического уровня разработки отечественных систем для управления орошением, обеспечивающего им не только соответствие, но и превосходство функциональных возможностей и технико-экономических параметров АСУ ТП, создаваемых за рубежом и в развитых секторах отечественной экономики. Ключевым механизмом для стимулирования импортозамещения научно-технологических разработок в сфере управления агропроизводством на мелиорируемых землях может и должно стать создание и внедрение автоматизированной системы управления технологическим процессом комплексного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем АСУ ТП мр, разработку которой следует предварить серьезными исследованиями [16, 23, 24]. Точным (прецизионным) регулированием параметров мелиоративного состояния агроэкосистемы можно добиться более эффективного использования суммарной солнечной радиации путем точного регулирования водного, воздушного, теплового, пищевого режимов и микробиологического состояния почвы, температуры и влажности приземного слоя атмосферы, внекорневого питательного режима растений в зависимости от его развития. Для решения проблемы устойчивого повышения урожайности и энергетического потенциала агроэкосистемы и, следовательно, плодородия и устойчивости почвы необходимо регулирование параметров мелиоративного состояния в строго заданном диапазоне и временном цикле, что позволит не только увеличить количество возвращаемой в почву энергии, но и сохранить установившееся соотношение энергетических потоков [9, 7, 8].

В качестве основного показателя для энергетической оценки мелиоративной деятельности предлагается использовать показатель турбулентной энергоотдачи, идентифицирующий разность радиационного баланса с энергией почвообразования и энер-

гией, аккумулированной в продукции фитомассы, т.е. характеризующий количество «бесполезно» рассеянной солнечной энергии [9, 14]. Задача предстоящих исследований прежде всего заключается в формировании научных основ и методологии точного регулирования параметров мелиоративного состояния агроэкосистемы с применением цифровых технологий, обеспечивающего устойчивое повышение энергетического потенциала мелиорируемых земель и высокий уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, близкой к потенциально возможной при производстве экологически чистой продукции. Потребуется предложения по инновационным способам и средствам контроля, учета и трансформации данных и технологиям автоматизации управляющих воздействий, интегрированные в систему прецизионного автоматизированного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем.

Учитывая масштаб предстоящей работы и объем временных затрат на реализацию АСУ ТП_{мр}, представляется правильным на первом этапе НИР обратить внимание на трансферт в научно-технологическую сферу мелиораций инновационных разработок по автоматизированному управлению производством в успешных отраслях отечественной экономики; машиностроении, нефтяной, газовой, энергетике, водоснабжении и пр. [22]. В АСУ ТП_{мр} также должны использоваться и лучшие достижения предшествующих этапов становления автоматизации управления мелиоративными системами: совершенные универсально адаптированные к используемым и перспективным исполнительным устройствам регулирования средства контроля водного, теплового, пищевого и т. п. режима агроэкосистемы; системы локальной автоматики; телеметрические системы централизованного контроля и управления и др. [25, 6, 1].

Так, в отличие от традиционно использующихся АСУ текущего периода, назначающих управляющие воздействия по физическим параметрам (влажность почвы, расходы воды и т. п.), управление в АСУ ТП_{мр} следует осуществлять согласно технологическим и технико-экономическим показателям и критериям оперативно-производственных и организационно-экономических задач агропроизводства на мелиорируемых землях [10].

Централизованная интегрированная обработка первичной информации должна осуществляться в режиме «онлайн» технологического процесса и использоваться для оперативного управления, адаптации и эволюции управляющей системы путем корректировки параметров математических моделей и для решения задач вышестоящих уровней иерархии управления. Достаточно ярко выраженной тенденцией и очевидной направленностью в изменении управленческих систем поддержки корректирующих воздействий является постоянное повышение уровня встроенного искусственного интеллекта в системах управления [17-19].

Структуру системы цифрового управления технологическими процессами производства необходимо формировать с учетом интеграции доступов к информации по организационно-экономическим процессам управления предприятием. Трансформация подходов к созданию и использованию автоматизированных систем управления производственными процессами (АСУТП) и общих подходов к управлению предприятиями и организациями (АСУ) связана также и с требованиями активно развивающихся технологий «Интернет вещей (ИВ)», одного из новейших направлений эволюции современных интернет-технологий [12, 10].

Заключение. Проведенные исследования по оценке достигнутого уровня автоматизации регулирования мелиоративного режима агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель выявили потребность в активном становлении теории и практики отечественного цифрового агропроизводства на мелиорируемых землях в соответствии с лучшими мировыми достижениями и результатами успешных секторов экономики страны.

Приоритетные исследования в сфере «цифрового орошения» должны обеспечить разработку инновационных систем управления орошаемым агропроизводством, контролируемых в режиме «онлайн» мелиоративную ситуацию агроэкосистем, осуществляющих интеллектуальную обработку информации, подготовку вариантов готовых решений и их реализацию, обращаясь к сельхозтоваропроизводителю лишь в специально оговоренных ситуациях. Это потребует совершенствования технологий: облачных решений, формирования и обработки больших массивов данных, применения программных продуктов на основе нейросетей и искусственного интеллекта и т. п. инновационных направлений научных исследований в области автоматизации прецизионного управления технологическими процессами.

Библиографический список

1. Бородычев, В. В. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением [Текст] / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2018. – №2(50). – С. 37-43.
2. Волосухин, В.А. Реализация мониторинга многофакторного обследования в условиях роста дефицита безопасности гидротехнических сооружений [Текст] / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2017. – № 1 (193). – С. 76-79.
3. Волосухин, Я.В. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга [Текст] / Я. В. Волосухин, М.А. Бандурин // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. – № 1. – С. 70-74.
4. Волосухин, Я. В. Применение неразрушающих методов при проведении эксплуатационного мониторинга технического состояния каналов обводнительно-оросительных систем / Я. В. Волосухин, М. А. Бандурин [Текст] // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2012. – № 2. – С. 102-106.
5. Добрачев, Ю.П. Структура управления агромелиоративными режимами сельскохозяйственного поля [Текст] / Ю.П. Добрачев, А. В. Матвеев // Природообустройство. – 2012. – №2. – С. 5-12.
6. Карпенко, Н.П. Основные пути повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения [Текст] / Н.П. Карпенко // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 97-103.
7. Кирейчева, Л.В. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв [Текст] / Л.В. Кирейчева, Н.П. Карпенко // Почвоведение. – 2015. – №5. – С.587-586.
8. Кирейчева, Л.В. Восстановление антропогенно деградированных почв земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Л.В. Кирейчева, Е.А. Лентяева // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 2-6.
9. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России [Текст] / Под ред. Л.В. Кирейчевой. – М: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017. – 296 с.
10. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энергосберегающих АСУ ТП [Текст] / Г. И. Канюк, И. А. Бабенко, М. Л. Козлова, И. В. Сук, А. Ю. Мезеря // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2016. – № 2 (145). – С. 20-32.
11. Осипов, В.С. Переход к цифровому сельскому хозяйству [Текст] / В.С. Осипов, А.В. Боговиз // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – №10. – С. 11-15.
12. Федоров, А.Д. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства [Текст] / А.Д. Федоров, О.В. Кондратьева, О.В. Слинько // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 9. – С. 43-48.
13. Шабанов, В.В. Районирование территорий по необходимости комплексного мелиоративного регулирования [Текст] / В.В. Шабанов, В.Н. Маркин // Природообустройство. – 2017. – №2. – С. 63-68.
14. Шабанов В.В. Солошенко А.Д. Оценка продуктивности сельскохозяйственных культур, расположенных на взаимосвязанных элементах ландшафта (катене) [Текст] / В.В. Шабанов, А.Д. Солошенко // Природообустройство. – 2018. – №2. – С. 104-109.

15. Юрченко, И.Ф. Нормативно-правовая база обеспечения безопасности гидротехнических сооружений [Текст] / И. Ф. Юрченко, А. К. Носов // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации. – 2015. – №4(20). – С. 262-271.
16. Эколого-экономическая эффективность диагностики технического состояния водопроводящих сооружений оросительных систем [Текст] / М.А. Бандурин, И.Ф. Юрченко, В.А. Волосухин, В.В. Ванжа, Я.В. Волосухин // Экология и промышленность. – 2018. – Т. 22. – № 7. – С. 66-71.
17. Arthur, W. B. The second economy [Tekst] / W. Arthur // McKinsey Quarterly. – 2012. – Т. 4. – P. 90-99.
18. Floridi, L. The 4th Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality [Tekst] L. Floridi // Oxford University Press. – 2014. – 248 p.
19. Gray, J. Models for digitalization [Tekst] / J. Gray, B. Rumpe // Soft & Systems Modeling. – 2015. – Vol. 14. – Issue 4. – P. 1319-1320.
20. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring [Tekst] / Cheng, T.; Yang, Z.; Inoue, Y.; Zhu, Y.; Cao, W. Preface // Remote Sens. – 2016. – № 8. – P. 116.
21. Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production [Tekst]. Rome : FAO, 2013. – 112 p.
22. Yusupbekov, N. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures [Tekst]/ N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev//Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. – 2017. – 11. – №3. – P. 53-57.
23. Yurchenko, I.F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko //Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015. – 042063.
24. Yurchenko, I.F. Automatization of water distribution control for irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // International Journal of Advanced and Applied Sciences. – 2017. – №4(2). – P. 72-77.
25. Yurchenko, I.F. Information Support System Desigend for Technical Operation Planning of Reclamative Facilities [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2018. – V. 96. – № 5. – P. 1253-1265.

References

1. Borodychev, V. V. Sistema “analiz - vizualizaciya dannyh - prinyatie re-shenij” v sostave GIS upravleniya orosheniem [Tekst] / V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2018. -- №2(50). – P. 37-43.
2. Volosuhin, V. A. Realizaciya monitoringa mnogofaktornogo obsledovaniya v usloviyah rosta lefcita bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzheni [Tekst] / V. A. Volosuhin, M. A. Bandurin //Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Tehnicheskie nauki. – 2017. – № 1 (193). – P. 76-79.
3. Volosuhin, Ya. V. Voprosy modelirovaniya tehničeskogo sostoyaniya vodoprovodyaschih kanalov pri provedenii jkspluacionnogo monitoringa [Tekst] /Ya. V. Volosuhin, M. A. Bandurin //Monitoring. Nauka i bezopasnost'. – 2012. – № 1. – P. 70-74.
4. Volosuhin, Ya. V. Primenenie nerazrushayuschih metodov pri provedenii jkspluacionnogo monitoringa tehničeskogo sostoyaniya kanalov obvodnitel'no-orositel'nyh sistem/Ya. V. Volosuhin, M. A. Bandurin [Tekst] // Monitoring. Nauka i bezopasnost'. – 2012. – № 2. – P. 102-106.
5. Dobrachev, Yu. P. Struktura upravleniya agromeliorativnymi rezhimami sel'sko-hozyajstvennogo polya [Tekst] / Yu. P. Dobrachev, A. V. Matveev // Prirodoobustrojstvo. – 2012. – №2. – P. 5-12.
6. Karpenko, N. P. Osnovnye puti povysheniya jekologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya orositel'nyh sistem novogo pokoleniya [Tekst] / N. P. Karpenko // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 3. – P. 97-103.
7. Kirejcheva, L. V. Ocenka jeffektivnosti orositel'nyh melioracij v zonal'nom ryadu pochv [Tekst] / L. V. Kirejcheva, N. P. Karpenko //Pochvovedenie. – 2015. – №5. – P. 587-586.
8. Kirejcheva, L. V. Vosstanovlenie antropogenno degradirovannyh pochv zemel' sel'sko-hozyajstvennogo naznacheniya [Tekst] / L. V. Kirejcheva, E. A. Lentyaeva //Agrohimicheskij vestnik. – 2016. – № 5. – P. 2-6.

9. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii [Tekst] / Pod red. L. V. Kirejchevoj. - M.: "FGBNU VNII agrohimii", 2017. - 296 p.
10. Ob obschih nauchnyh podhodah k sozdaniyu unificirovannyh precizionnyh jnergos-beregayuschih ASU TP [Tekst] / G. I. Kanyuk, I. A. Babenko, M. L. Kozlova, I. V. Suk, A. Yu. Mezerya // Jenergoberezhenie. Jenergetika. Jenergoaudit. - 2016. - № 2 (145). - P. 20-32.
11. Osipov, V. S. Perehod k cifrovomu sel'skomu hozyajstvu [Tekst] / V. S. Osipov, A. V. Bogoviz // Jekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. - 2017. - №10. - P. 11-15.
12. Fedorov, A. D. Sostoyanie i perspektivy cifrovizacii sel'skogo hozyajstva [Tekst] / A. D. Fedorov, O. V. Kondrat'eva, O. V. Slin'ko // Tehnika i oborudovanie dlya sela. - 2018. - № 9. - P. 43-48.
13. Shabanov, V. V. Rajonirovanie territorij po neobходимosti kompleksnogo meliorativnogo regulirovaniya [Tekst] V. V. Shabanov, V. N. Markin // Prirodoobustrojstvo. - 2017. - №2. - P. 63-68.
14. Shabanov V. V. Soloshenkov A. D. Ocenka produktivnosti sel'skoho-zyajstvennyh kul'tur, raspolzhenykh na vzaimosvyazannyh jlementah landshafta (katene) [Tekst] / V. V. Shabanov, A. D. Soloshenkov // Prirodoobustrojstvo. - 2018. - №2. - P. 104-109.
15. Yurchenko, I. F. Normativno-pravovaya baza obespecheniya bezopasnosti gidrotehnicheskikh sooruzhenij [Tekst] / I. F. Yurchenko, A. K. Nosov // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII Problem melioracii. - 2015. - №4(20). - P. 262-271.
16. jkologo-jkonomicheskaya jeffektivnost' diagnostiki tehničeskogo sostoyaniya vodoprovodyaschih sooruzhenij orositel'nyh sistem [Tekst] / M. A. Bandurin, I. F. Yurchenko, V. A. Volosuhin, V. V. Vanzha, Ya. V. Volosuhin // Jekologiya i promyshlennost'. - 2018. - T. 22. - № 7. - S. 66-71.
17. Arthur, W. B. The second economy [Tekst] / W. Arthur // McKinsey Quarterly. - 2012. - T. 4. - P. 90-99.
18. Floridi, L. The 4th Revolution. How the Infosphere is Reshaping Human Reality [Tekst] L. Floridi // Oxford University Press. - 2014. - 248 p.
19. Gray, J. Models for digitalization [Tekst] / J. Gray, B. Rumpe // Soft & Systems Modeling. - 2015. - Vol. 14. - Issue 4. - P. 1319-1320.
20. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring [Tekst] / Cheng, T.; Yang, Z.; Inoue, Y.; Zhu, Y.; Cao, W. Preface // Remote Sens. - 2016. - № 8. - P. 116.
21. Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production [Tekst]. Rome : FAO, 2013. - 112 p.
22. Yusupbekov, N. Development and Improvement of Systems of Automation and Management of Technological Processes and Manufactures [Tekst]/ N. Yusupbekov, F. Adilov, F. Ergashev // Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems. - 2017. - 11. - №3. - P. 53-57.
23. Yurchenko, I.F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Physics: Conference Series. - 2018. - V. 1015. - P. 042063.
24. Yurchenko, I.F. Automatization of water distribution control for irrigation [Tekst] / I.F. Yurchenko // International Journal of Advanced and Applied Sciences. - 2017. - №4(2). - P. 72-77.
25. Yurchenko, I.F. Information Support System Desigend for Technical Operation Planning of Reclamative Facilities [Tekst] / I.F. Yurchenko // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. - 2018. - V. 96. - № 5. - P. 1253-1265.

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела «Природоохранных и информационных технологий» Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент. ORCID: 0000-0003-2390-1736.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УЗЛА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

DETERMINATION OF THE OPERATION MODES OF THE NODE OF ELECTROCHEMICAL WATER TREATMENT AS PART OF THE DRIP IRRIGATION SYSTEM

С.Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. Чушкин, кандидат технических наук

Е.И. Чушкина, кандидат сельскохозяйственных наук

S.Y. Semenenko, M.N. Lytov, A.N. Chushkin, E.I. Chushkina

*Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН
(ПНИИЭМТ - филиал ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград*

*Federal scientific center for Agroecology, land reclamation and protective afforestation
of Agroecology of Russian Academy of Sciences (The Volga Research Institute
of Ecological Reclamation Technologies - a branch of the Federal Science Center of Agroecology of
Russian Academy of Sciences), Volgograd*

Дата поступления в редакцию 00.00.2018

Дата принятия к печати 29.05.2019

Received 00.00.2018

Submitted 29.05.2019

Актуальность исследований определяется необходимостью разработки методических подходов и вычислительных алгоритмов для оперативного планирования режимов работы узла электрохимической водоподготовки. Рассматриваются особенности полива водой с электрохимически инициированными редокс-процессами, составляющими динамическую, неравновесную систему, имеющую общий вектор движения в сторону восстановления исходных свойств. Объект исследований – система капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды. Предмет исследований – режимы работы узла электрохимической водоподготовки системы капельного орошения. В общем случае взаимосвязь электрических параметров и технологических параметров работы узла электрохимической водоподготовки определяется конструкцией установки-электролизера. Определяющими режим работы узла электрохимической водоподготовки, технологическими показателями являются производительность установки и величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала. Производительность установки по объему обрабатываемой воды определяется конструктивными особенностями системы капельного орошения и числом одновременно подключаемых поливных модулей. Для определения потребной величины электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала предложена зависимость, учитывающая агробиологические требования культуры, величину окислительно-восстановительного потенциала природной оросительной воды, величину предельной вариабельности окислительно-восстановительного потенциала в пределах поливного модуля системы капельного орошения и величину релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в процессе транспорта оросительной воды. Прогноз релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды предлагается проводить на основе разработанного компьютерного алгоритма, реализуемого путем синхронизации модели транспорта оросительной воды и модели временной компенсации электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды. Модель временной компенсации электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала представлена в форме экспериментально установленной зависимости, учитывающей концентрацию химических веществ, растворенных в воде. Параметры зависимости верифицированы по экспериментально полученным данным для природной оросительной воды, а также растворов карбамида, суперфосфата и сульфата калия.

The relevance of the research is determined by the need to develop methodological approaches and computational algorithms for the operational planning of the operating modes of the electrochemical water treatment unit. The features of irrigation with water with electrochemically initiated redox processes that

make up a dynamic, non-equilibrium system that has a common motion vector in the direction of restoring the original proper-ties are considered. The object of research is a drip irrigation system with an electro-chem-ical water treatment module. The research subject is the operation modes of the electro-chemical water treatment unit of the drip irrigation system. In the general case, the interre-lation of electrical parameters and technological parameters of the operation of an electro-chemical water treatment unit is determined by the design of the electrolyzer unit. Deter-mining the mode of operation of the electrochemical water treat-ment unit, technological indicators are the plant performance and the magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential. The capacity of the plant in terms of the volume of water treated is de-termined by the design features of the drip irrigation system and the number of simultaneously connected irrigation modules. To determine the required electrochemically initiated shift of the redox potential, a de-pendence is proposed that takes into account the agrobiological requirements of the culture, the redox po-tential of natural irrigation water, the marginal variability of the redox potential within the irrigation module of the drip irrigation system the recovery potential of irrigation water in the transport process irrigation wa-ter. It is proposed to forecast the relaxation shift of the redox potential of irrigation water based on the de-veloped computer algorithm implemented by synchronizing the model of irrigation water transport and the model of temporal compensation of the electrochemically initiated shift of the redox potential of water. The model of temporal compensation of the electrochemically initiated shift of the redox potential is presented in the form of an experimentally established dependence, taking into account the concentration of chemi-cals dissolved in water. The dependence parameters were verified by experimentally obtained data for natu-ral irrigation water, as well as solutions of urea, superphosphate, and potassium sulfate.

Ключевые слова: капельное орошение, электрохимическая обработка, узел электрохимической водоподготовки, технологические параметры, режим работы.

Keywords: drip irrigation, electrochemical treatment, electrochemical water treat-ment unit, technological parameters, operating mode.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Теория и методы проектирования технических систем стационарного орошения с ЭХО-модулем на основе компьютерного моделирования параметров состояния слабых растворов с электрохимически инициированными редокс-процессами» № 18-48-340009

Цитирование. Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Определение режи-мов работы узла электрохимической водоподготовки в составе системы капельного орошения. *Известия НВ АУК*. 2019. 2 (54). 364-372. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-43.

Citation. Semenenko S.Ya., Lytov M.N., CHushkin A.N., CHushkina E.I. Determination of the opera-tion modes of the electrochemical water treatment unit as part of a drip irrigation system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 364-372. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-43.

Введение. В основу настоящего исследования положено использование активно развивающегося сегодня направления комплексного использования совокупности агрофи-зических эффектов на основе электрохимически инициированных редокс-процессов [4, 8, 12]. Для инициирования редокс-процессов сегодня с успехом используются современные конструкции электролизеров, позволяющие обрабатывать почву и добиваться существен-ного сдвига основных параметров-характеристик как слабых растворов, так и природной воды, используемой для орошения сельскохозяйственных культур [5, 6, 13]. При этом крайне важно рассматривать электрохимически инициированные редокс-процессы как ди-намическую, неравновесную систему, имеющую общий вектор движения в сторону вос-становления исходных свойств. С позиций экологии технологического процесса это чрез-вычайно важный эффект, позволяющий эффективно использовать временные свойства электрохимически обработанных слабых растворов без изменения экологических иденти-фикаторов интенсивно используемых агроландшафтов [2, 9, 11, 10]. Однако для реализа-

ции самого технологического процесса динамическая составляющая электрохимически инициированных редокс-процессов является проблемой, вносящей существенную неопределенность соблюдения жестких агротехнических требований применения электрохимически обработанных слабых растворов. При использовании для транспортирования слабых растворов или природной оросительной воды с электрохимически инициированными редокс-процессами закрытых водоводов стационарных систем орошения задача усложняется необходимостью верификации общего времени перемещения к разноудаленным водовыпускам. В свете вышеизложенного выбор режимов работы узла электрохимической водоподготовки является сложной, многоплановой задачей, без решения которой практическая реализация технологии применения воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом при капельном орошении сельскохозяйственных культур невыполнима.

Материалы и методы. Цель исследований сводилась к разработке методики оперативного определения режимов работы узла электрохимической водоподготовки системы капельного орошения. Объект исследований – система капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды. Предмет исследований – технология применения воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом при производстве растениеводческой продукции, режимы работы узла электрохимической водоподготовки системы капельного орошения.

В общем случае режимы работы узла электрохимической водоподготовки характеризуются совокупностью электрических параметров установки – электролизера и обеспечиваемыми при этом технологическими параметрами – производительностью по объему выработки воды с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала и, собственно, – величиной электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала обработанной оросительной воды. Все указанные параметры взаимосвязаны: совокупность электрических установок электролизера определяет величину электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды при фиксированных объемах водоподдачи либо позволяет регулировать производительность установки при фиксированной величине электрохимически обусловленного сдвига. В свою очередь, технологические критерии определяют требования к электрическим параметрам работы установки.

Общие методологические подходы исследований сводятся к следующему:

- анализ и установление связей между показателями, характеризующими выполнение технологического процесса орошения с использованием воды, прошедшей электрохимическую обработку, режимными параметрами работы узла электрохимической водоподготовки;
- формирование последовательности расчета исходя из принципа определения параметров «от потребителя». В основу разрабатываемой последовательности расчетов при таком подходе ставится учет требований к технологии применения воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом при поливе сельскохозяйственных культур;
- разработка частных расчетных схем и алгоритмов для определения составляющих компонентов общей модели взаимосвязи технологических и режимных параметров.

Материалами исследований являются общие подходы и частные решения задач проектирования систем капельного орошения, конструктивно-компоновочные схемы систем капельного орошения с модулем электрохимической водоподготовки, установленные ранее закономерности релаксации воды с электрохимически инициированным

сдвигом окислительно-восстановительного потенциала с количественной оценкой зависимостей, опубликованные результаты исследования технологий применения электрохимически обработанной воды при производстве растениеводческой продукции [5, 3, 8, 13].

Результаты и обсуждение. В общем случае выбор режимов работы функциональных модулей комплекса электрохимической водоподготовки системы капельного орошения осуществляется по зависимости [3]:

$$U, I = f(\Delta\epsilon; q), \quad (1)$$

где U, I – параметры режима работы функциональных модулей комплекса электрохимической водоподготовки; q – совокупный расход воды в сечении, соответствующем узлу врезки комплекса электрохимической водоподготовки и обеспечивающий орошение обслуживаемых данным сегментом системы капельного орошения участков согласно графику поливов; $\Delta\epsilon$ – потребная величина сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды после прохождения функциональных модулей комплекса электрохимической водоподготовки.

Потребная величина сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды определится суммой агротехнических требований культуры, восстановления (релаксационного сдвига) в пределах поливного модуля системы капельного орошения, релаксационного сдвига при транспортировании воды от функционального модуля комплекса электрохимической водоподготовки к поливному участку за вычетом природного окислительно-восстановительного потенциала не прошедшей электрохимическую обработку оросительной воды:

$$\Delta\epsilon = \left(\epsilon_{\text{агр}} + \frac{\Delta\epsilon_{\text{пм}}}{2} + \Delta\epsilon_{\text{лин}} \right) - \epsilon_{\text{прир}}, \quad (2)$$

где $\epsilon_{\text{агр}}$ – агробиологически обоснованная величина окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды или питательного раствора, подаваемых с помощью системы капельного орошения в прикорневую зону растений, мВ; $\Delta\epsilon_{\text{пм}}$ – фактическая величина изменения окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в пределах поливного модуля системы капельного орошения, мВ; $\Delta\epsilon_{\text{лин}}$ – линейные потери (релаксационный сдвиг) окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в процессе транспорта по системе напорных водоводов от комплекса электрохимической водоподготовки к поливному модулю системы капельного орошения, мВ; $\epsilon_{\text{прир}}$ – окислительно-восстановительный потенциал природной воды, используемой для целей орошения.

Величина $\Delta\epsilon_{\text{пм}}$ не должна превышать предельных, агробиологически обоснованных отклонений окислительно-восстановительного потенциала от среднего, $\epsilon_{\text{агр}}$. В общем случае, если величина $\Delta\epsilon_{\text{пм}}$ неизвестна, диапазон агробиологически обоснованных отклонений окислительно-восстановительного потенциала может заменить ее в расчетах.

Величина $\epsilon_{\text{агр}}$ определяется средней оптимального для культуры диапазона окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды или приготовленных на ее основе питательных растворов. Ввиду отсутствия единой теоретической модели влияния воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом на растительные биологические системы значение этого параметра в настоящее время определяется экспериментально.

Величина $\epsilon_{\text{прир}}$ зависит от химического состава используемой для целей орошения воды. Определяется прямыми физическими измерениями, для одного источника может быть принята постоянной.

Величина $\Delta\epsilon_{\text{лин}}$ характеризует потери электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала по длине водопроводящей части системы капельного орошения. В общем случае зависит от скорости транспорта воды в закрытых напорных водоводах и динамики процессов, обуславливающих релаксационный сдвиг окислительно-восстановительного потенциала. Это довольно динамичная и в значительной степени неопределенная величина, прогнозирование которой связано с определенными методологическими трудностями. Величина $\Delta\epsilon_{\text{лин}}$ зависит от места расположения комплекса электрохимической водоподготовки, но и в его стационарном варианте не будет постоянной. Изменение расхода воды связано с изменением линейных потерь окислительно-восстановительного потенциала на релаксацию, но динамика их будет неоднозначной для анолита и католита, природной воды и растворов. Учет всего комплекса факторов, влияющих на величину линейного релаксационного сдвига, требует значительных вычислительных ресурсов и наиболее эффективно может быть реализован на основе компьютерных алгоритмов.

В общем виде алгоритм определения релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в процессе транспорта по системе напорных водоводов от комплекса электрохимической водоподготовки к поливному модулю системы капельного орошения имеет структуру, представленную на рисунке 1.

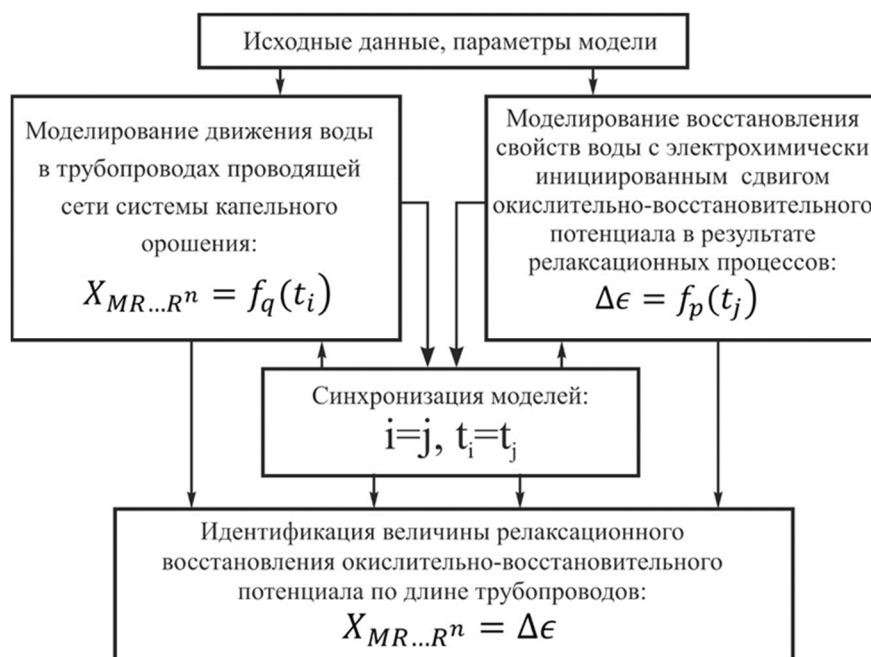


Рисунок 1 – Алгоритм определения релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в процессе транспорта по водопроводящей сети системы капельного орошения

Исходными данными для проведения расчетов являются конструктивные параметры оросительной сети, такие как диаметры трубопроводов водопроводящей сети, d_M , d_R , общая схема шаг (расстояние) между узлами присоединения водоводов последующего порядка L_M , L_R^n , расход воды на поливной модуль $Q_{\text{Пм}}$, параметры релаксационных моделей, идентифицированные для электрохимически обработанной оросительной воды или приготовленных на ее основе растворов.

Моделирование движения воды в трубопроводах подводящей сети системы капельного орошения осуществляется на основе известного из гидравлики соотношения [1]:

$$\frac{dl}{dt} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (3)$$

dl – протяженность расчетного участка водовода, м, Q – расход воды в расчетном сечении трубопровода, л/с, d – диаметр трубопровода по внутренней поверхности на расчетном отрезке, м; dt – продолжительность периода прохождения элементарного объема воды через расчетный участок водовода dl , с.



Рисунок 2 – Модель движения воды в трубопроводах проводящей сети системы капельного орошения

Алгоритм решения задачи описывается следующими обобщенными процедурами (рисунок 2):

- в итерационном порядке реализуется процедура перебора координаты. За исходную точку начала перебора координат принимается узел врезки модуля электрохимической обработки воды. Далее перебор ведется последовательно от водоводов вышестоящего порядка к водоводам нижестоящего порядка по пути ветвления потока до расчетного (активного) поливного модуля (модулей);
- реализуется процедура определения протяженности расчетного отрезка напорного водовода. Определение производится в порядке идентификации исходных данных с учетом параметров расчетной координаты в данной итерации организованного перебора;
- реализуется процедура определения расхода воды для расчетного сечения водовода. Процедура включает идентификацию производительности активных поливных модулей, расположенных в зоне обслуживания расчетного участка трубопровода, а также последующее их суммирование с учетом перекрытия графиков полива;

– реализуется процедура определения диаметра трубопровода на расчетном отрезке водовода системы. Определение производится в порядке идентификации исходных данных;

– идентифицированные параметры расчетного итерационного цикла подставляются в приведенную выше модель, которая используется для определения времени прохождения условного «элементарного» объема воды по длине расчетного участка водопроводящей сети;

– верифицированные значения затрат времени суммируются с результатами предыдущих циклов расчета, определяются суммарные затраты времени на прохождение условного «элементарного» объема воды от установки электрохимической водоподготовки до расчетной координаты.

Результатом решения предложенного алгоритма являются верифицированные значения затрат времени на перемещение воды от комплекса электрохимической водоподготовки к активному (расчетному) поливному модулю. Зная время перемещения воды на расчетном участке, можно определить для него величину релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала по экспериментально определенным зависимостям [7]. Форма экспериментально установленной связи имеет вид (таблица 1):

$$v = a + b \cdot C + k \cdot T + d \cdot C^2 + e \cdot T^2 + f \cdot C \cdot T, \quad (4)$$

где v – градиент скорости восстановления окислительно-восстановительного потенциала электрохимически активированной воды и водных растворов минеральных удобрений, мВ/час, C – концентрация минеральных удобрений в растворе, t – фаза релаксации, час (целые числа).

Тогда величина релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала будет равна:

$$\Delta\epsilon_{\text{лин}} = v \cdot t \quad (5)$$

Таблица 1 – Идентифицированные значения параметров зависимостей фазовых скоростей восстановления окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды и водных растворов минеральных удобрений

Растворенное вещество	Анолит /Католит	Параметры (коэффициенты регрессии)					
		a	b	k	d	e	f
Сульфат калия	Анолит	-217,5	-192,6	111,9	-33,3	-21	138,6
	Католит	248,7	-947,4	-123,9	1533,9	18,75	148,2
Суперфосфат	Анолит	-187,2	620,1	64,5	-943,5	-8,25	-60
	Католит	352,5	-95,4	-231,3	708,3	42,3	-48
Карбамид	Анолит	-196,5	572,4	81	-929,4	-12,75	-60
	Католит	260,4	-883,8	-136,8	1469,1	21,75	129,3

Таким образом, определив значения всех членов уравнения (2), имеем все данные для установления $\Delta\epsilon$ – потребной величины сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды после прохождения функциональных модулей комплекса электрохимической водоподготовки. Функция $f(\Delta\epsilon; q)$, определяющая взаимосвязь между технологическими параметрами системы и режимами работы функциональных модулей комплекса электрохимической водоподготовки, в общем случае зависит от конструктивного исполнения электролизера. Потребляемая мощность по электроэнергии зависит как от необходимой производительности установки, так и от эффективности конструкции модулей для электрохимической обработки воды. В общем случае потребляемая мощность по электроэнергии определится из формулы:

$$P = 3,6 \cdot \Pi \cdot \varepsilon, \quad (6)$$

где P – совокупная мощность установки для электрохимической обработки оросительной воды, кВт; Π – производительность установки для электрохимической обработки оросительной воды с установленными выходными параметрами по анолиту и католиту, л/с; ε – удельные затраты электроэнергии на активацию 1 м³ оросительной воды, кВт·час ($\varepsilon=1,0-1,5$); 3,6 – переводной коэффициент.

Заключение. Выбор режима работы узла электрохимической водоподготовки предполагает регулирование электрических параметров установки-электролизера для обеспечения заданных технологических критериев. К технологическим показателям, определяющим выбор режима работы узла электрохимической водоподготовки, относятся совокупная производительность по объему прошедшей электрохимическую обработку воды и величина сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды после прохождения функциональных модулей комплекса электрохимической водоподготовки. Эти показатели вариативны и устанавливаются в соответствии с конкретной технологической ситуацией. Величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала определяется агробиологическими требованиями культуры, величиной окислительно-восстановительного потенциала природной оросительной воды, предельной вариабельностью окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной оросительной воды в пределах поливного модуля системы капельного орошения и величиной релаксационного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в процессе транспорта оросительной воды. Для определения величины релаксационного сдвига исследованиями предложен компьютерный алгоритм, построенный на синхронизации модели транспорта оросительной воды и модели временной компенсации электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды. Предложенная последовательность выполнения вычислений и разработанные расчетные схемы позволяют эффективно решать задачу выбора режимов работы узла электрохимической водоподготовки применительно ко всем конструктивно-компоновочным решениям системы капельного орошения.

Библиографический список

1. Вербицкий, В.С. Некоторые особенности гидравлики оросительных систем [Текст]/ В.С. Вербицкий // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1 (65). – С. 164-170.
2. Егорова, Т.М. Биогеохимическое районирование сельскохозяйственных земель Украины: проблемы и решения [Текст]/ Т.М. Егорова // Аграрный научный журнал. - 2014. - № 4. - С. 16-18.
3. Конструктивные особенности и расчет систем капельного орошения с модулем электрохимической обработки воды [Текст]/ С.Я. Семененко, А.Н. Чушкин, Е.И. Чушкина, М.Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. - 2018. - № 5. - С. 16-21.
4. Пасько О.А. Метаболизм в семенах амаранта *amaranthus l.* при воздействии электрохимически активированной воды [Текст]/ О.А. Пасько// Сельскохозяйственная биология. – 2013. – Т. 48. – № 3. – С. 84-91.
5. Разработка проточных устройств для электрохимической активации воды производственного назначения [Текст]/ А.Л. Конюшков, С.Я. Семененко, А.Н. Лагутин, Е.И. Чушкина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2013. - № 2 (30). - С. 214-217.
6. Руденок, В.А. Устройство для электрохимической активации воды [Текст]/ В.А. Руденок, А.А. Соловьев // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - № 3 (32). - С. 45-47.

7. Семененко, С.Я. Обобщенная модель релаксации электрохимически активированной воды и водных растворов минеральных удобрений [Текст]/ С.Я. Семененко, М.Н. Лытов, А.Н. Чушкин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 2 (22). – С. 1-16
8. Стариков, А.В. О разработке перспективной методики выращивания саженцев лесных культур с использованием электрохимически активированной воды [Текст]/ А.В. Стариков, А.В. Колесников // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 9-3 (20-3). – С. 172-175.
9. Чурсин, А.И. Методы исследования в ландшафтно-экологическом землеустройстве [Текст]/ А.И. Чурсин, Е.С. Денисова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1-3. – С. 652-655.
10. Dissimilatory nitrate reduction to ammonium and n₂o flux: effect of soil redox potential and n fertilization in loblolly pine forests [Текст]/ K.J. Minick, T.R. Fox, S. Subedi, C.B. Pandey // Biology and Fertility of Soils. – 2016. – Т. 52. – № 5. – P. 601-614.
11. Efficacy of electrolyzed water, chlorine dioxide and Photocatalysis for disinfection and removal of pesticide residues from stone fruit [Текст]/ H. Calvo, D. Redondo, S. Remon, M.E. Venturini, E. Arias, // Postharvest biology and technology. – 2018. – V.148. – P. 22-31
12. Matocha, C.J. The role of abiotic and coupled biotic/abiotic mineral controlled redox processes in nitrate reduction [Текст]/ C.J. Matocha, P. Dhakal, S.M. Pyzola // Advances in Agronomy. – 2012. – Т. 115. – P. 181-214.
13. Zhang, J. Development of portable flow-through electrochemical sanitizing unit to generate near neutral electrolyzed water [Текст]/ J. Zhang, H. Yang, J.Z.Y. Chan // Journal of Food Science. – 2018. – Т. 83. – № 3. – P. 780-790.

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, директор Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6274-9565>. **E-mail:** pniiemt@yandex.ru.

Лытов Михаил Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>. **E-mail:** LytovMN@yandex.ru.

Чушкин Алексей Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат технических наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4856-5049>. **E-mail:** pniiemt@yandex.ru.

Чушкина Елена Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2551-5516>. **E-mail:** pniiemt@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.36

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-44

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСЕРВАЦИИ ТРАВ
ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОНИРОВАННОГО ВОЗДУХА
INCREASE OF EFFECTIVENESS OF HERBS PRESERVATION
BY THE USE OF OZONIZED AIR**

Н.Н. Кузнецов¹, кандидат технических наук
В.А. Юнин², кандидат технических наук
А.М. Захаров², кандидат технических наук
А.В. Зыков²

N.N. Kuznetsov¹, V.A. Yunin², A.M. Zakharov², A.V. Zykov²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия
имени Н.В. Верещагина»

²Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства -
филиал ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin»

²Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production –
branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg

Дата поступления в редакцию 25.03.2019

Дата принятия к печати 29.05.2019

Received 25.03.2019

Submitted 29.05.2019

Применяемые технологии заготовки кормов находятся в зависимости от погодных условий и связаны с потерями значительного количества накопленных в сырье питательных веществ, так как в период сенокоса для СЗФО характерны большая влажность и низкая температура воздуха, частые туманы и выпадение росы, незначительное число солнечных дней и дождливая погода. Общие потери в процессе заготовки сена составляют 30-40 % сухого вещества и 45-50 % протеина. В связи с этим задача повышения эффективности заготовки кормов является актуальной. В статье представлен аналитический обзор работ ученых в области озонирования. На производственной базе ИАЭП-филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2018 году была изготовлена лабораторная установка для введения воздушно-озоновой среды в прессованные стебельчатые корма. Установка позволяет обрабатывать стебельчатую массу с рабочими дозами озона от 30 до 500 мг/м³ и скоростью воздушного потока в смесительной камере не более 5 м/с. Опыты проводились на двух образцах разной влажности и плотности. Опыт № 1 был заложен в период с 20.07.18 по 01.08.18, проводился на провяленной массе влажностью 30-32 % и плотностью прессования 85-130 кг/см³, опыт № 2 проводился в период с 01.08.18 по 10.08.18 на провяленной массе влажностью 22-26 % плотностью прессования – 100-130 кг/см³. Результаты исследований представлены в графическом виде. Анализ результатов показал, что обработка воздушно-озоновой средой стебельчатой массы влажностью от 22-32 % является эффективной и позволяет снизить потери питательных веществ на 20 % при хранении сырья и предотвратить самосогревание за счет угнетения нежелательной микрофлоры в стебельчатой массе повышенной влажности.

The technologies used for harvesting feed depend on weather conditions and are associated with the loss of a significant amount of nutrients accumulated in the raw materials, because the haymaking period in the North-West Federal District is characterized with high humidity and low air temperature, frequent fogs and dew, a small number of sunny days and rainy weather. The total loss in the process of harvesting hay is 30-40% of dry matter and 45-50% of protein. That's why the task of improving the efficiency of feed preparation is relevant. The article presents an analytical review of scientists' works in the field of ozonation. In 2018, a laboratory installation for insufflating an air-ozone environment into pressed stalk-like feed was made on the production basis of Institute of Agroengineering and Environmental Problems of agricultural production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM. The installation allows processing stalked mass with working ozone doses from 30 to 500 mg / m³ and airspeed in the mixing cham-

ber - no more than 5 m / s. The experiments were conducted on two samples of different humidity and density. Experiment No. 1 was laid in the period from 20th July to 1st August 2018, it was carried out on the dried mass with humidity of 30-32% and pressing density of 85-130 kg / cm³, experiment No. 2 was carried out in the period from 1st August to 10th August 2018 on the dried mass with a moisture content of 22-26% and pressing density of 100-130 kg / cm³. The results are presented in graphical form. The results showed that the treatment of the stalked mass with humidity from 22-32% by the air-ozone environment is effective and reduces the loss of nutrients by 20% during storage of raw materials and prevents self-heating due to the inhibition of harmful microflora in the stalked mass with high humidity.

Ключевые слова: *прессованная стебельчатая масса, технология заготовки сена, способ консервации, воздушно-озоновая среда, химический консервант, питательные вещества.*

Key words: *pressed stalked mass, hay harvesting technology, preservation method, air-ozone environment, chemical preservative, nutrients.*

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0669-2018-0003

«Разработать методологию управления многокомпонентными технологическими системами производства кормов из трав»

Цитирование. Кузнецов Н.Н., Юнин В.А., Захаров А.М., Зыков А.В. Повышение эффективности консервации трав путем применения озонированного воздуха. *Известия НВ АУК.* 2019. 2(54). 373-381. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-44.

Citation. Kuznetsov N.N., Yunin V.A., Zakharov A.M., Zykov A.V. Increase of effectiveness of herbs preservation by the use of ozonized air. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 373-381.. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-44.

Введение. Применяемые в хозяйствах технологии заготовки одного из важнейших видов кормов – сена – находятся в большой зависимости от погодных условий и связаны с потерями значительного количества питательных веществ, накопленных в сырье. Особенно велики количественные и качественные потери при заготовке сена в Северо-Западном регионе РФ в период сенокоса, когда наблюдается большая влажность и низкая температура воздуха, частые туманы и выпадение росы, незначительное число солнечных дней и дождливая погода, что существенно замедляет процесс сушки скошенной травы. Общие потери в процессе заготовки сена в технологии полевой сушки в таких весьма неблагоприятных погодных условиях составляют 30...40 % сухого вещества и 45...50 % протеина.

Потери сухого вещества и снижение питательной ценности корма наблюдаются в основном в процессе провяливания, ворошения, сгребания и подбора высушенной стебельчатой массы, когда обивается большое количество высохших и пересохших наиболее ценных частей растений: листьев, цветков и соцветий.

В проведенных ранее исследованиях установлено, что с целью увеличения сбора высококачественных кормов на сено следует подвергать обработке консервантами растительное сырье влажностью не выше 25 % [1].

В настоящее время одной из прогрессивных является технология заготовки сена в прессованном виде. В последние годы в нашей стране и за рубежом получает наибольшее распространение технология заготовки сена в рулонах с внесением жидких консервирующих препаратов. Она позволяет заготовить корм низкой себестоимости, решить проблему уборки, связанную с неблагоприятными погодными условиями, и снизить потери питательных веществ в 2,5...3 раза [1].

Однако технология заготовки сена в рулонах имеет существенный недостаток, поскольку она сопряжена с необходимостью досушивания скошенного сырья до более низкой влажности, что при естественной полевой сушке требует значительного времени (4-6 дней), неоднократного ворошения и приводит к большой потере протеина в корме [1].

В настоящее время проводятся интенсивные поиски способов заготовки сена из стебельчатой массы повышенной влажности с целью сохранения и уменьшения потерь питательных веществ. Одним из таких способов является обработка воздушно-озоновой средой стебельчатой массы влажностью не более 25 % прессованной в рулоны. Однако этот вопрос пока остается малоизученным, и до настоящего времени консервирование высоковлажной стебельчатой массы для получения сена носит в основном экспериментальный характер.

В связи с этим возникла необходимость в проведении исследований по разработке способа консервации за счет воздушно-озоновой среды стебельчатой массы повышенной влажности для получения прессованного сена класса не ниже второго.

Материалы и методы. Одним из способов повышения эффективности ряда технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, в частности при производстве биогаза в периодических и непрерывных системах с использованием навоза животных и сельскохозяйственных отходов, а также в нефтяной промышленности, является использование воздушно-озоновых сред [3, 7, 9, 11, 2]. Это обусловлено участием озона во многих биохимических процессах, являющихся основой обмена веществ и энергий в сельскохозяйственных объектах [4, 5, 12]. В связи с разнообразными областями использования озона особую актуальность приобретают задачи разработки научно обоснованной технологии применения электроозонирования в сельскохозяйственном производстве. Разработка высокоэффективных озонных технологий и электроозонирующих устройств имеет большое значение и требует исследования теоретических положений и анализа экспериментальных данных [10].

Из анализа литературных источников в области озонирования сельскохозяйственных продуктов и объектов таких учёных, как В.Н. Авдеев, С.В. Вербицкая, И.В. Горский, Н.В. Ксенз, Д.А. Нормов, М.А. Сигачёв, В.Ф. Сторчевой, И.В. Шестерин, Р.И. Штанько, Р.С. Шхалахов и др., можно сделать вывод, что обработка озоном стационарного слоя стебельчатой массы ставит под сомнение равномерность обработки. Время жизни молекулы озона на поверхности стебельчатой массы зависит от свойств поверхности, но всегда составляет 10^{-8} сек. при температуре 20...25 °С. К тому же озон реагирует с веществами, находящимися внутри растений, при этом происходит падение его концентрации [8, 6].

Распределение воздушно-озоновой среды в процессе продува рулона стебельчатой массы можно представить схематично, что продемонстрировано на рисунке 1.

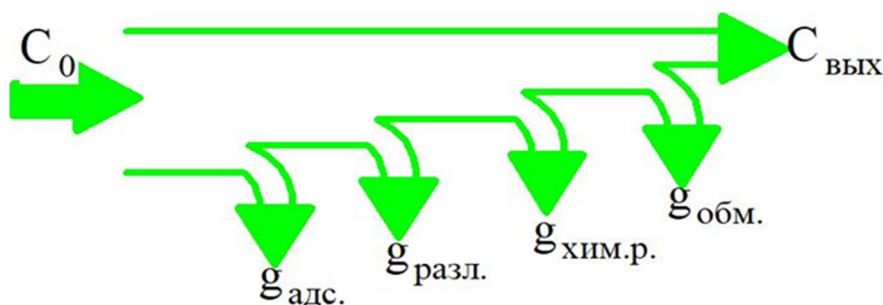


Рисунок 1 – Диаграмма распределения воздушно-озоновой среды в процессе продува рулона стебельчатой массы: C_0 – начальная концентрация озона; $C_{вых}$ – концентрация озона на выходе; $g_{адс.}$ – количество адсорбированного озона; $g_{разл.}$ – количество разложившегося озона на поверхности; $g_{хим.р.}$ – количество озона, вступившего в химические реакции; $g_{обм.}$ – количество разложившегося озона в обрабатываемом объеме

Для наглядности представим рулон в виде слоев равной толщины (рисунок 2).

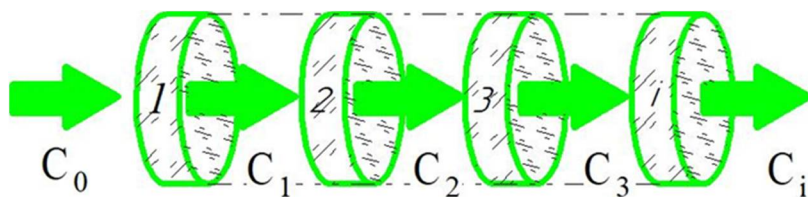


Рисунок 2 – Распределение воздушно-озоновой среды по слоям рулона

Тогда изменение концентрации озона по слоям будет происходить в соответствии с выражением:

$$C_i = C_0 - \frac{(g_{адс} + g_{разл.} + g_{обм.} + g_{хим.р.}) \cdot t}{W} \quad (1)$$

где C_0 – начальная концентрация озона, $мг/м^3$; $g_{адс}$ – количество адсорбированного озона, $мг/м^3$; $g_{разл.}$ – количество разложившегося озона, $мг/м^3$; $g_{хим.р.}$ – количество озона, вступившего в химические реакции, $мг/м^3$; $g_{обм.}$ – количество разложившегося озона в обрабатываемом объеме, $мг/м^3$; W – расход воздушно-озоновой среды (через слой рулона, $мг/м^3$; $t_{кр}$ – время контакта с рулоном, час.

При прохождении воздушно-озоновой среды через рулон каждый слой поглощает определенную величину поступающего озона. С увеличением плотности и высоты рулона будет происходить уменьшение концентрации озона на величину равную количеству поглощенного и разложившегося озона в этом слое за определенное время.

Для проверки способа обработки проявленного растительного сырья воздушно-озоновой средой была изготовлена экспериментальная установка, моделирующая оборудование для внесения озона в прессованный рулон стебельчатой массы.

Для определения эффективности способа и экспериментальной установки для введения воздушно-озоновой среды в стебельчатые корма выбран показатель качества корма.

Вносимую дозу воздушно-озоновой среды рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{(A \cdot T)}{(K_p \cdot V)}, \quad (2)$$

где K – концентрация озона в воздухе, $г/м^3$; A – производительность озонатора по озону, $г/час$; T – время обработки озоном, час; K_p – коэффициент, отражающий расход озона на химическое взаимодействие с растительной массой 5-10; V – объем озонируемого воздуха, $м^3$.

Величину концентрации озона на выходе из озонатора возможно изменять регулируя частоту задающего генератора, также следует учесть, что изменение скорости воздуха, проходящего через разрядную камеру, влияет на концентрацию воздушно-озоновой среды на выходе из озонатора.

Для проведения лабораторных опытов разработана установка, представленная на рисунке 3, которая позволяет обрабатывать стебельчатую массу с рабочими дозами озона от 30 до 500 $мг/м^3$ и скоростью воздушного потока в смесительной камере не более 0,5 м/с.

Исследования проведены по изменению показателей качества корма в зависимости от влажности закладываемой на хранение проявленной массы. Опыты проводились на двух образцах разной влажности и плотности. Опыт № 1 был заложен в период с 20.07.18

по 01.08.18, проводился на провяленной массе влажностью 30...32 % и плотностью прессования 85...130 кг/см³, опыт № 2 проводился в период с 01.08.18 по 10.08.18 на провяленной массе влажностью 22...26 %, плотностью прессования – 100-130 кг/см³.

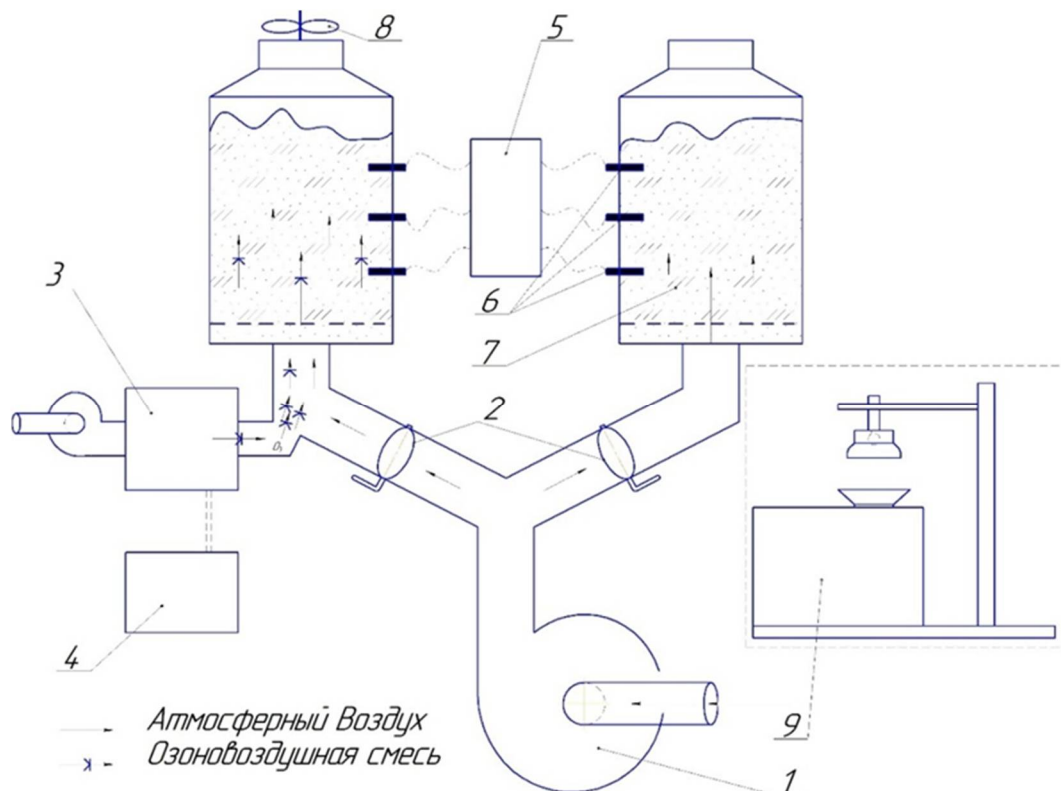


Рисунок 3 – Схема экспериментальной установки для консервации стебельчатой массы в воздушно-озоновой среде:

1 – вентилятор, 2 – шиберные заслонки, 3 – генератор озона, 4 – блок управления генератором, 5 – термометры, 6 – датчики температуры, 7 – проба стебельчатой массы, 8 – датчик расхода воздуха, 9 – установка для экспресс-анализа влажности стебельчатой массы

Результаты и обсуждение. Для оценки влияния озона на показатели стебельчатой массы при продувании её воздушно-озоновой средой в 2018 году были выполнены поисковые экспериментальные исследования, при которых оценивалось влияние озона на температуру травы и её кормовые качества. Всего выполнено две серии опытов по четыре повторности в каждой.

Для предварительного анализа и принятия решения по проверке эффективности способа обработки был выполнен предварительный анализ данных путём их графического представления.

На рисунках 4, 5 показано значение температуры обработанных образцов стебельчатой массы в воздушно-озоновой среде. Влажность стебельчатой массы в контрольных образцах в среднем составила 24...35 %. Плотность образцов была равной плотности рулона и равнялась 85...130 кг/см³.

Контроль за температурой был необходим для отслеживания динамики воздействия воздушно-озоновой среды на обрабатываемую стебельчатую массу с целью косвенного дистанционного контроля за протекающими процессами в исследуемых образцах.

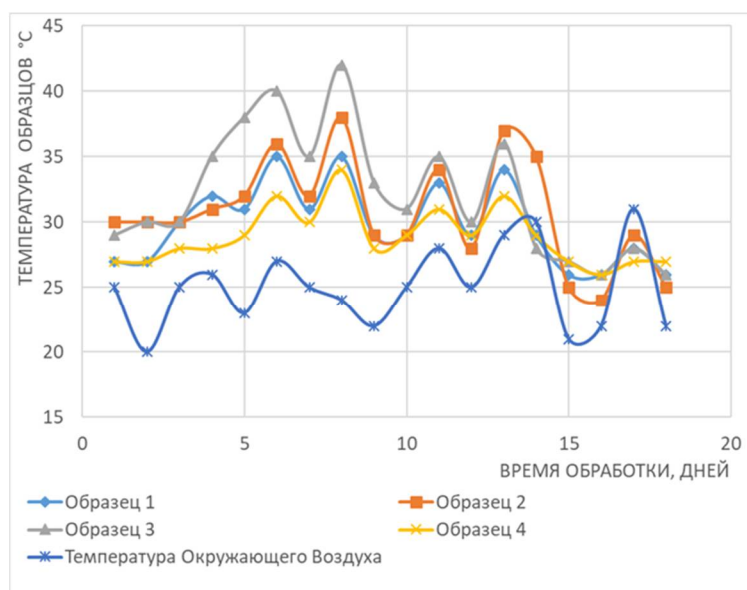


Рисунок 4 – Температурные кривые контрольных образцов стебельчатой массы, обработанной воздушно-озоновой средой при влажности 35 % (опыт № 1)

Как видно из рисунка 4, кривая изменения температуры наружного воздуха проходит значительно ниже кривых изменения температур травы во всех четырёх опытах, т.е. можно принять гипотезу о том, что температура травы во всех опытах статистически достоверно превышает температуру наружного воздуха.

На рисунке 5 приведены графики изменения по времени температуры продуваемой воздушно-озоновой средой травы и температуры окружающего воздуха в повторностях опыта № 2.

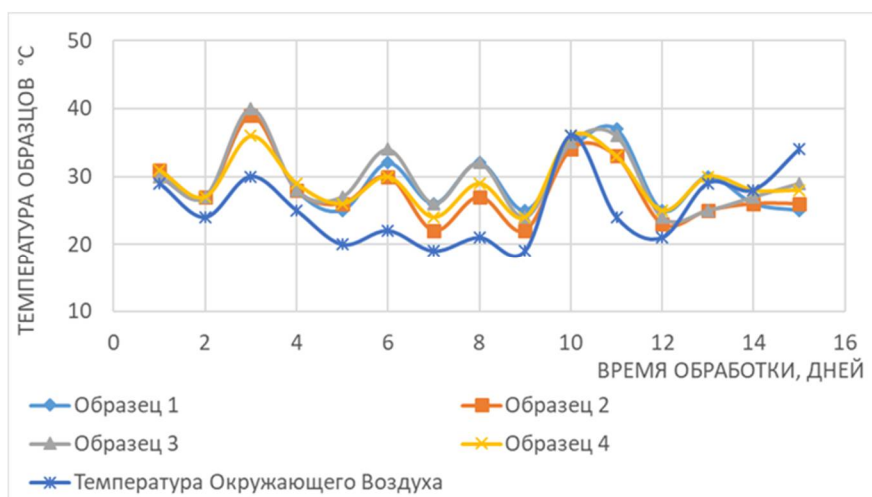


Рисунок 5 – Температурные кривые контрольных образцов стебельчатой массы, обработанной воздушно-озоновой средой при влажности 24 % (опыт №2)

Максимальная температура в контрольном рулоне достигла 48,8 °C в центре на шестой день хранения и стабилизировалась на уровне 30...32 °C в течение 10 дней. В образце, обработанном воздушно-озоновой средой, максимальная температура зафиксирована на уровне 43 °C на 5-й день хранения. Разброс температуры в контрольных точках при температурном максимуме не превышал 5...7 °C, что свидетельствует о достаточно равномерной продувке стебельчатой массы и об эффективном подавлении

микрофлоры. В образце №2 температура достигла максимума в 41 °С также через 5...6 дней хранения. Температура была повышенной в сравнении с контрольным образцом на 5...9 %, температурный фон сохранялся в течение 10...12 дней хранения.

Анализ влияния воздушно-озоновой среды на качественные показатели стебельчатой массы показал сохранение массовой доли сырого протеина и обменной энергии в целом в сравнении с контролем. В графическом виде приведены данные изменения протеина поискового эксперимента в сравнении с контролем без использования воздушно-озоновой среды.

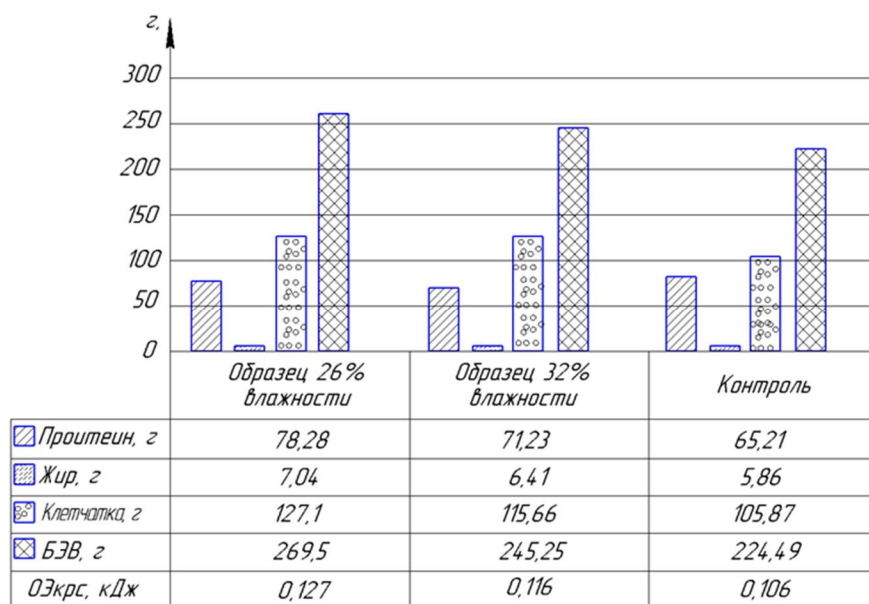


Рисунок 6 – Содержание переваримых питательных веществ в корме после обработки воздушно-озоновой средой в сравнении с контролем

Органолептическая оценка показала резкое снижение качества не обработанного воздушно-озоновой средой контроля с образцами прессованной стебельчатой массы и наличие выраженных очагов плесневения.

Заключение. Консервирование кормов из трав с применением озона в качестве консерванта способствует увеличению скорости консервирования и снижению влажности травы, в свою очередь это позволяет снизить количество патогенной микрофлоры, которая развивается в рулонах сена высокой влажности. В результате исследования озона была разработана лабораторная установка для консервации травы с использованием воздушно-озоновой среды.

В результате проведенных поисковых исследований установлено, что способ обработки воздушно-озоновой средой стебельчатой массы влажностью от 22...32 % является эффективным и позволяет сократить потери питательных веществ на 20 % при хранении сырья и предотвратить самосогревание за счет угнетения нежелательной микрофлоры в стебельчатой массе повышенной влажности.

Библиографический список

1. Основы управления технологиями низкотемпературной сушки растительной стебельчатой массы: монография [Текст]/В.Д. Попов, М.Ш. Ахмедов, А.И. Сухопаров, Н.Н. и др. – Санкт-Петербург: ИАЭП, 2017. – 142 с.
2. Application of gaseous ozone to inactivate *Bacillus cereus* in processed rice [Текст]/ N.N.A.K.Shah, R.A. Rahman, L.T. Chuan, D.M. Hashim // Journal of Food Process Engineering. – № 34(6). – P. 2220–2232. doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00566.x

3. Aryanti, N. Fouling reduction by ozone enhanced backwashing process in ultrafiltration of petroleum-based oil in water emulsion [Tekst] / N. Aryanti, I. Prihatiningtyas, T.D. Kusworo // 3rd International Conference on Engineering, Technology, and Industrial Application - Green Process, Material, and Energy: A Sustainable Solution for Climate Change AIP Conference Proceedings. – , ICETIA 2016. – Alila Hotel Surakarta; Indonesia, 2017. – Volume 1855. – 15 June. – Номер статьи 020016. DOI: 10.1063/1.4985461.
4. Bridges, D.F. The effectiveness of closed-circulation gaseous chlorine dioxide or ozone treatment against bacterial pathogens on produce [Tekst] / D.F. Bridges, B. Rane, V.C.H. Wu // Food Control. – 2018. – Vol. 91. – September. – P. 261-267. DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.04.004.
5. Cruz-Alcalde, A. Abatement of ozone-recalcitrant micropollutants during municipal wastewater ozonation: Kinetic modelling and surrogate-based control strategies [Tekst] / A. Cruz-Alcalde, S. Esplugas, C. Sans // Chemical Engineering Journal. – 2019. – Volume 360. – 15 March. – P. 1092-1100. DOI: 10.1016/j.cej.2018.10.206.
6. Fan, Zhu. Effect of ozone treatment on the quality of grain products [Tekst] / Zhu Fan // Food Chemistry. – 2018. – Volume 264. – 30 October. – P. 358-366.
7. Intermediate ozonation to enhance biogas production in batch and continuous systems using animal dung and agricultural waste [Tekst] / F. Almomani, M. Shawaqfah, R.R. Bhosale, A. Kumar, M.A.M. Khraisheh // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2017. – Volume 119. – 1 April. – P. 176-187. DOI: 10.1016/j.ibiod.2016.11.008.
8. Influence of presowing ion-ozone cavitation processing and air ionization in the cultivation process on high-yielding and seed characteristics of grain crops [Tekst] / R. Urzaliyev, A. Iztayev, T. Tleubaeva, B. Tarabayev, M. Maemerov, B. Iztayev, Y. Dauletkeldi, N. Moldabekova // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Volume 8. – Issue 2, June. – P. 14317-14327.
9. Legacy effects of elevated ozone on soil biota and plant growth [Tekst] / Q. Li, Y. Yang, X. Bao, F. Liu, W. Liang, J. Zhu, T.M. Bezemer, W.H. van der Putten // Soil Biology and Biochemistry. – 2015. – Volume 91. – December 01. – P. 50-57. DOI: 10.1016/j.soilbio.2015.08.029.
10. Marshall, M. LuminoTox as a tool to optimize ozone doses for the removal of contaminants and their associated toxicity [Tekst] / M. Marshall, V. Yargeau // Chemosphere. – 2018. – Volume 195. – March. – P. 713-721. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.12.049.
11. Sandhu, H.P. Ozone gas affects physical and chemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.) starch [Tekst] / H.P. Sandhu, F.A. Manthey, S. Simsek // Carbohydrate Polymers. – 2012. – Volume 87. – Issue 2, 15 January. – P. 1261-1268. doi:10.1016/j.carbpol.2011.09.003.
12. Ozone treatment to reduce deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN) contamination in wheat bran and its impact on nutritional quality [Tekst] / Alexandre A.P. Santos, R.S. Vela-Paredes, A.S. Santos, N.S. Costa, S.G. Canniatti-Brazaca, M.A. Calori-Domingues, P.E.D. Augusto // Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment. – 2018. – Volume 35. – Issue 6, 3 June. – P. 1189-1199. DOI: 10.1080/19440049.2018.1432899.

References

1. Osnovy upravleniya tekhnologiyami nizkotemperaturnoj sushki rastitel'noj stebel'chatoj massy: monografiya [Tekst] / V. D. Popov, M. Sh. Ahmedov, A. I. Suhoparov, N. N. i dr. - Sankt-Peterburg: IAJeP, 2017. - 142 p.
2. Application of gaseous ozone to inactivate *Bacillus cereus* in processed rice [Tekst] / N.N.A.K.Shah, R.A. Rahman, L.T. Chuan, D.M. Hashim // Journal of Food Process Engineering. – № 34(6). – P. 2220–2232. doi:10.1111/j.1745-4530.2009.00566.x.
3. Aryanti, N. Fouling reduction by ozone enhanced backwashing process in ultrafiltration of petroleum-based oil in water emulsion [Tekst] / N. Aryanti, I. Prihatiningtyas, T.D. Kusworo // 3rd International Conference on Engineering, Technology, and Industrial Application - Green Process, Material, and Energy: A Sustainable Solution for Climate Change AIP Conference Proceedings. – , ICETIA 2016. – Alila Hotel Surakarta; Indonesia, 2017. – Volume 1855. – 15 June. – Номер статьи 020016. DOI: 10.1063/1.4985461.
4. Bridges, D.F. The effectiveness of closed-circulation gaseous chlorine dioxide or ozone treatment against bacterial pathogens on produce [Tekst] / D.F. Bridges, B. Rane, V.C.H. Wu // Food Control. – 2018. – Vol. 91. – September. – P. 261-267. DOI: 10.1016/j.foodcont.2018.04.004.

5. Cruz-Alcalde, A. Abatement of ozone-recalcitrant micropollutants during municipal wastewater ozonation: Kinetic modelling and surrogate-based control strategies [Tekst] / A. Cruz-Alcalde, S. Esplugas, C. Sans // Chemical Engineering Journal. – 2019. – Volume 360. – 15 March. – P. 1092-1100. DOI: 10.1016/j.cej.2018.10.206.
6. Fan, Zhu. Effect of ozone treatment on the quality of grain products [Tekst] / Zhu Fan // Food Chemistry. – 2018. – Volume 264. – 30 October. – P. 358-366.
7. Intermediate ozonation to enhance biogas production in batch and continuous systems using animal dung and agricultural waste [Tekst] / F. Almomani, M. Shawaqfah, R.R. Bhosale, A. Kumar, M.A.M. Khraisheh // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2017. – Volume 119. – 1 April. – P. 176-187. DOI: 10.1016/j.ibiod.2016.11.008.
8. Influence of presowing ion-ozone cavitation processing and air ionization in the cultivation process on high-yielding and seed characteristics of grain crops [Tekst] / R. Urazaliev, A. Iztayev, T. Tleubaeva, B. Tarabayev, M. Maemerov, B. Iztayev, Y. Dauletkeldi, N. Moldabekova // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Volume 8. – Issue 2, June. – P. 14317-14327.
9. Legacy effects of elevated ozone on soil biota and plant growth [Tekst] / Q. Li, Y. Yang, X. Bao, F. Liu, W. Liang, J. Zhu, T.M. Bezemer, W.H. van der Putten // Soil Biology and Biochemistry. – 2015. – Volume 91. – December 01. – P. 50-57. DOI: 10.1016/j.soilbio.2015.08.029.
10. Marshall, M. LuminoTox as a tool to optimize ozone doses for the removal of contaminants and their associated toxicity [Tekst] / M. Marshall, V. Yargeau // Chemosphere. – 2018. – Volume 195. – March. – P. 713-721. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.12.049.
11. Sandhu, H.P. Ozone gas affects physical and chemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.) starch [Tekst] / H.P. Sandhu, F.A. Manthey, S. Simsek // Carbohydrate Polymers. – 2012. – Volume 87. – Issue 2, 15 January. – P. 1261-1268. doi:10.1016/j.carbpol.2011.09.003.
12. Ozone treatment to reduce deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN) contamination in wheat bran and its impact on nutritional quality [Tekst] / Alexandre A.P. Santos, R.S. Vela-Paredes, A.S. Santos, N.S. Costa, S.G. Canniatti-Brazaca, M.A. Calori-Domingues, P.E.D. Augusto // Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment. – 2018. – Volume 35. – Issue 6, 3 June. – P. 1189-1199. DOI: 10.1080/19440049.2018.1432899.

Информация об авторах

Кузнецов Николай Николаевич, декан инженерного факультета Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н. В. Верещагина (160555, Вологодская область, г. Вологда, с. Молочное, ул. Емельянова, д. 1, каб. 14), кандидат технических наук, доцент.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6329-9754>. **E-mail:** 027781@mail.ru.

Юнин Вячеслав Александрович, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории технологий и технических средств производства кормов из трав, Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (196625 Россия г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш.3), кандидат технических наук.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8111-1727>. **E-mail:** sznii2@mail.ru.

Захаров Антон Михайлович, старший научный сотрудник отдела Технологии и технические средства производства зерна и кормов Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (196625 Россия г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш.3), кандидат технических наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3501-0543>. **E-mail:** bauermw@mail.ru.

Зыков Андрей Владимирович, научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории технологий и технических средств производства кормов из трав, Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (196625 Россия г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш.3). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-7468>. **E-mail:** zav35@list.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 621.431.7:629.3.014.2

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-45

МОТОРНО-ТРАНСМИССИОННАЯ УСТАНОВКА С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ И ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ МУФТОЙ СЦЕПЛЕНИЯ

MOTOR-TRANSMISSION INSTALLATION WITH THE POWER-ENGINE AND PNEUMATIC-HYDRAULIC PLANETARY CLUTCH

Д.Д. Нехорошев, кандидат технических наук, доцент

А.Ю. Попов, кандидат технических наук, доцент

П.В. Коновалов, кандидат технических наук, доцент

Д.А. Нехорошев, доктор технических наук, профессор

D. D. Nekhoroshev, A. J. Popov, P. V. Konovalov, D. A. Nekhoroshev

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 19. 02.2019
Received 19.02.2019

Дата принятия к печати 10.05.2019
Submitted 10.05.2019

Тягово-энергетические средства, к которым относятся современные колёсные и гусеничные тракторы, могут агрегатироваться со всеми видами сельхозмашин и орудий, различающихся назначением, технологическими процессами и энергонасыщенностью. Эксплуатация МТА в совершенно разных почвенно-климатических зонах и условиях обуславливает потребность в тракторах с высокими функциональными возможностями, приспособленными к различным по характеру и величине нагрузкам с высокими скоростными показателями для выполнения соответствующих агротехнологических требований с.-х. операций. Большое разнообразие технологических процессов и используемых сельхозмашин приводит к необходимости работы трактора в широком диапазоне скоростей. В зависимости от назначения и скоростного диапазона работа сельскохозяйственных тракторов характеризуется разнообразием выполняемых технологических операций, требующих определенных тяговых усилий на крюке, которые достигаются установкой в трансмиссии трактора коробки с большим количеством передач. Тенденция увеличения количества рабочих ступеней в коробке сельскохозяйственных тракторов наблюдается и в практике мирового тракторостроения. В большинстве случаев это трансмиссии диапазонного типа с переключением передач под нагрузкой. Для обеспечения плавности переключения в таких трансмиссиях применяются чётко отлаженные автоматические системы управления. Другой научно обоснованный подход к формированию рабочих скоростей МТА – применение в моторно-трансмиссионной установке (МТУ) трактора двигателя постоянной мощности (ДПМ). При этом основное достоинство ДПМ – снижение требований к регулирующим свойствам трансмиссии, но создаются условия для расширения функциональных возможностей характеристик двигателя. Внешняя скоростная характеристика тракторного двигателя обычно имеет два участка: корректорный и регуляторный. Считается, что номинальным режимом работы двигателя является точка пересечения корректорной и регуляторной кривых. Работа на регуляторной ветви характеристики является вынужденной мерой в связи с тем, что мощность и крутящий момент двигателя при этом уменьшаются, а расход топлива увеличивается. В реальных условиях эксплуатации это используется для сокращения переключения передач. Основная задача исследований состоит в том, чтобы на основе анализа существующих конструкций трансмиссий показать возможность упрощения конструкции моторно-трансмиссионной установки за счёт снижения числа ступеней механической коробки передач и повышения возможности её автоматизации.

Traction and energy means, which include modern wheeled and tracked tractors, can be combined with all types of agricultural machinery and tools, differing in purpose, technological processes and energy saturation. The operation of machine and tractor unit in completely different soil-climatic zones and conditions determines the need for tractors with high functionality, adapted to different loads in nature and size with high speed performance to meet the relevant agrotechnological require-

ments of agricultural operations. A large variety of technological processes and agricultural machinery used leads to the necessity of the tractor operation in a wide range of speeds. Depending on the purpose and speed range, the operation of agricultural tractors is characterized by a variety of technological operations performed, requiring specific traction on the hook, which is achieved by installing a box with a large number of gears in the tractor's transmission. The trend of increasing the number of working steps in the box of agricultural tractors is also observed in the practice of world tractor construction. In most cases, this transmission range with the gear shift under load. To ensure smooth shifting in such transmissions, well-established automatic control systems are used. Another scientifically grounded approach to the formation of machine and tractor unit working speeds is the use of a tractor of a constant power motor in the engine - transmission installation. At the same time, the main advantage of the constant power engine is a reduction in the requirements for the regulatory properties of the transmission, but conditions are created for expanding the functional capabilities of the engine characteristics. The external speed response of a tractor engine usually has two sections: correcting and regulating. It is believed that the nominal mode of operation of the engine is the point of intersection of the correction and regulatory curves. Work on the regulatory branch characteristics is a necessary measure due to the fact that the power and torque of the engine at the same time decrease, and fuel consumption increases. In actual use it is used to reduce gear shifts. The main task of the research is to show the possibility of simplifying the design of the engine-transmission installation by reducing the number of manual gearbox stages and increasing the possibility of automating it, based on the analysis of existing transmission designs.

Ключевые слова: *машино-тракторный агрегат; колёсный трактор, двигатель постоянной мощности; трансмиссия; крутящий момент, планетарная муфта сцепления; пневмогидравлический упругий элемент.*

Key words: *machine-tractor unit; wheel tractor, constant power engine; transmission; torque, planetary clutch; pneumatic-hydraulic elastic element.*

Цитирование. Нехорошев Д.Д., Попов А.Ю., Коновалов П.В., Нехорошев Д.А. Моторно-трансмиссионная установка с двигателем постоянной мощности и пневмогидравлической планетарной муфтой сцепления. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 382-389. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-45.

Citation. Nekhoroshev D.D., Popov A.J., Konovalov P.V., Nekhoroshev D. A. Motor - transmission installation with a constant power engine and pneumatic-hydraulic planetary clutch. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 382-389. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-45.

Введение. Показатели эффективности тракторной моторно-трансмиссионной установки оцениваются эксплуатационными показателями трактора в составе МТА [1, 3, 7]. Эти показатели в основном формируются конструктивными особенностями управляющих систем и других составных частей, входящих в трансмиссию. Чем шире регулирующие возможности МТУ, тем больше функциональные возможности трактора и выше его возможности при агрегатировании сельскохозяйственных машин [9]. Но в каждом конкретном случае качество работы трактора зависит от степени соответствия диапазонов и способов регулирования МТУ специфики и условий работы МТА [11, 10].

Поэтому выбор оптимального типа трансмиссии для тракторов сельскохозяйственного назначения различных тяговых классов, мощности и назначения является одним из ключевых вопросов совершенствования МТУ.

Результаты и обсуждение. Эффективным способом улучшения динамики трактора без ухудшения его топливной экономичности является использование в МТУ трактора двигателя постоянной мощности. Для тракторов с ДПМ характерны более высокие тягово-динамические и топливно-экономические показатели, обусловленные меньшими потерями мощности в силовой цепи и низким удельным расходом топлива ДПМ при работе на корректорной ветви его характеристики, являющейся его основной рабочей зоной [6].

Согласование тягово-скоростных показателей трактора и режимов нагружения дизеля, определяемое выбором передачи трансмиссии, должно обеспечивать при переменной тяговой нагрузке агрегата рабочую зону изменения частоты вращения двигателя в пределах корректорной ветви характеристики. В этом случае колебания тягового усилия регулируются дизелем с мощностью, близкой к максимальной $N_{e \max}$ и на режиме минимального удельного расхода топлива $g_{e \min}$.

Наиболее важный эксплуатационный показатель трактора — способность изменять тяговое усилие при росте сил сопротивления перемещению с.-х. орудия [2, 5]. Рассмотрим возможности регулирования МТУ путем повышения крутящего момента дизеля с некоторым допустимым снижением мощности от номинальной, но с сохранением нарастающей характеристики $M_{кр}$. При этом коэффициент запаса крутящего момента K_3 может быть в пределах 1,25...1,35, но в широком диапазоне изменения $M_{кр}$ по частоте вращения $\Delta n > 500...600 \text{ мин}^{-1}$.

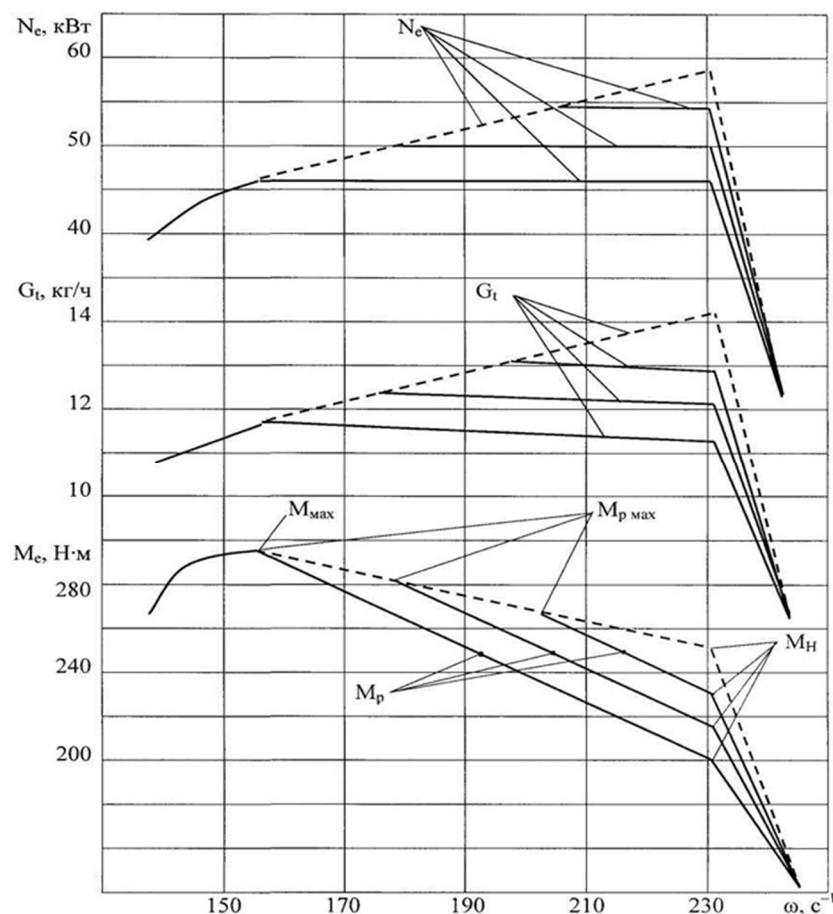


Рисунок 1 – Скоростные характеристики двигателя:

----- серийная настройка; — экспериментальные настройки;

N_e – эффективная мощность; G_t – часовой расход топлива; M_e – крутящий момент;

M_n – номинальный крутящий момент; M_p – рабочий момент (середина режима постоянной мощности); $M_{e \max}$ – максимальный крутящий момент; $M_{p \max}$ – максимальный крутящий момент на режиме постоянной мощности

Правильное согласование параметров МТУ позволит снизить нагруженность трансмиссии на переходных режимах работы МТА (трогание и разгон) за счет уменьшения жесткости нарастания крутящего момента и скорости нарастания нагрузки (динамической

нагруженности) [4, 8]. Исследования по перенастройке двигателей в режим постоянной мощности отражены в работах профессора Н.Г. Кузнецова, в которых дефорсирование до заданных значений производилось путём изменения цикловой подачи топлива.

Такой подход был использован при исследовании трактора МТЗ - 80 с базовой трансмиссией и двигателями с различными мощностными и скоростными параметрами, но с ограничением по $M_{кр\ max}$. При испытании были выбраны три уровня мощности. Наименьшей принята мощность, соответствующая максимальному крутящему моменту двигателя в 46 кВт, и промежуточные значения 50, 54 кВт относительно серийного двигателя на 58 кВт (рисунок 1). При этом коэффициент приспособления составил соответственно для ДПМ на 54 кВт – 1,25, ДПМ на 50 кВт – 1,35, ДПМ на 46 кВт – 1,47 в сравнении с серийным двигателем – 1,15.

Используя линейную аппроксимацию характеристики двигателя и методику вероятностно-статистических оценок параметров тяговых агрегатов, были проведены исследования различных уровней постоянной мощности двигателя. Согласно оценке характеристик при увеличении колебаний нагрузки происходит падение загрузки двигателя или мощности его недоиспользования. Колебания нагрузки для двигателя оценивают коэффициентом вариации момента сопротивления (v_m), который определяется как отношение изменения среднеквадратичных отклонений момента сопротивления к моменту сопротивления. Для колесного МТА класса 1,4 падение мощности из-за колебаний нагрузки в двигателе, выраженное в коэффициенте вариации при v_m в 20 % составит: для двигателя на 46 кВт – 1,5%; 50 кВт – 3,6 %; 54 кВт – 3,7 %; серийного – 21%.

Эксплуатационная эффективность трактора с ДПМ подтверждается результатами исследований МТА на сплошной культивации, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели, характеризующие работу колёсного МТА с различными двигателями на культивации

Тип двигателя	$P_{кр}$, к·Н	M_c , Н·м	σ_{M_c} , Н·м	v_{M_c} , %	N_e , кВт	δ , %	$g_{га}$, кг/га	$g_{га}$, %	$W_{га}$, га/ч	$W_{га}$, %
ДПМ, 46 кВт	7,7	263	73	28	46	9,3	2,6	7,6	4,5	4,2
ДПМ, 50 кВт	7,8	265	74	28	49	9,3	2,5	9,8	4,7	9,6
ДПМ, 54 кВт	7,8	266	75	28	51	9,4	2,6	6,5	4,8	12,6
СД, 58 кВт	7,7	263	72	27	44	9,4	2,8	-	4,3	-

В рассматриваемых условиях производительность трактора с ДПМ на культивации выше по сравнению с МТА оснащённым серийным двигателем на 13 %, а расход топлива – меньше на 10 %. Преимущество агрегатов с ДПМ обусловлено повышением средней рабочей скорости за счёт оптимизации выходных характеристик, формируемых системой питания двигателя. Результаты исследований показали высокую эффективность использования ДПМ в конструкции моторно-трансмиссионной установки.

Другим эффективным способом адаптации трансмиссий сельскохозяйственных тракторов к условиям эксплуатации может служить использование планетарной муфты сцепления с упругим пневмогидравлическим элементом (патент Р.Ф. №2294850 С2). Возможность использования планетарной муфты сцепления в трансмиссии колесного трактора уже исследовалась [12]. Поэтому нами было принято решение совместить работу ДПМ с трансмиссией трактора, оснащенного планетарной муфтой сцепления с упругим пневмогидравлическим элементом (рисунок 2).

В трансмиссии трактора муфта работает следующим образом.

Вращение от маховика 1 передаётся на коронную шестерню 2, которая приводит в движение сателлиты 5 и солнечную шестерню 6, передавая вращение на привод гидронасоса 7. Насос закачивает масло из масляного бака 8 по всасывающей магистрали 9 и подаёт в распределитель 7, который направляет поток масла в пневмогидравлический

упругий элемент 12, повышая давление в газовой полости, способной заблокировать солнечную шестерню 6. Тогда сателлиты 5 начинают обегать вокруг солнечной шестерни 6, приводя в движение водило 3, соединённое с валом силовой передачи 4. Транспортное средство начинает поступательное движение вперёд.

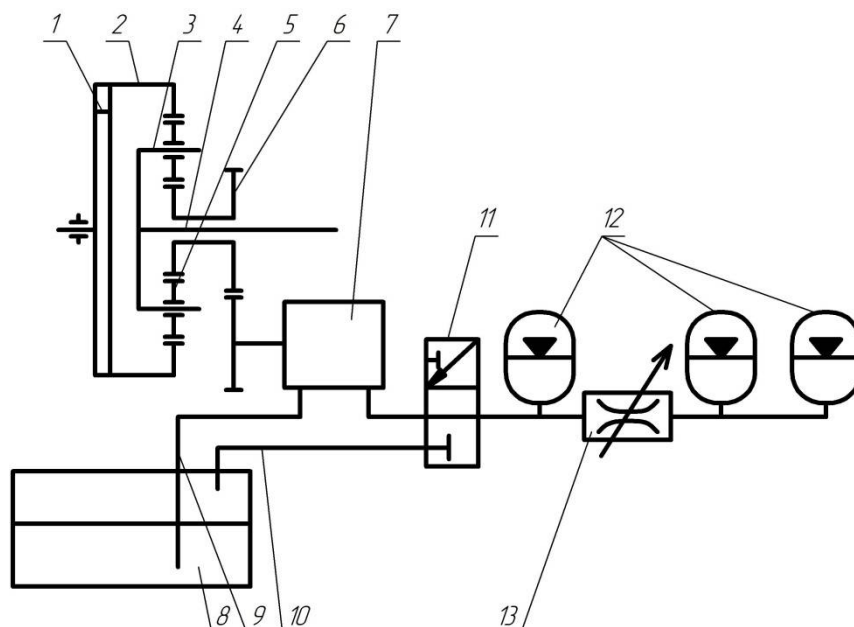


Рисунок 2 – Муфта сцепления с упругим пневмогидравлическим элементом:

1 – маховик; 2 – коронная шестерня; 3 - водило; 4 – вал силовой передачи; 5 – сателлиты; 6 – солнечная шестерня; 7 – гидравлический насос; 8 – масляный бак; 9 – всасывающая магистраль; 10 – сливная магистраль; 11 – распределитель; 12 – пневмогидравлический упругий элемент; 13 – дроссель

Основанием для внедрения такого типа трансмиссии может служить то обстоятельство, что при выполнении трактором какого-либо конкретного вида работ: вспашка, боронование, посев или внесение удобрений – будет отсутствовать необходимость в переключении передач с высшей на низшую. Если работа трактора находится в режиме установившегося движения МТА и двигатель работает в рассматриваемой области нагружения, то переключения передачи не требуется. При увеличении крюковой нагрузки вступает в работу регулируемый дроссель 13, который подаёт поток масла в магистраль, соединяющую пневмогидравлические упругие элементы 12 в единую демпфирующую систему. Даже при определённых колебаниях силы тяги они могут быть локализованы.

Дефорсирование серийного двигателя колёсного трактора класса 14 кН в комбинации с упругим элементом в трансмиссии (планетарная муфта сцепления) приводит к новой возможности: использование трактора с уменьшенным числом передач.

При дефорсировании двигателя до ДПМ с коэффициентом приспособляемости $k=1,5$ для колёсного трактора класса 14 кН число передач в КПП снижается до 2 [2].

Данная конструкция была воплощена на реальном объекте, тракторе МТЗ-80 с планетарным механизмом с внутренним передаточным числом 2,39 и передаточным числом от двигателя к водилу 1,4.

Двигатель и планетарная трансмиссия обеспечивают при этом непрерывно-дискретное регулирование тяговых и скоростных параметров трактора. При этом непрерывное и, как правило, автоматическое регулирование этих параметров осуществ-

ляется двигателем, а дискретное и в основном принудительное – трансмиссией. Причем при включении планетарной муфты трактор работает на тяжелых работах, а при выключении её работа трактора осуществляется в транспортном режиме.

Полученные в полевых условиях экспериментальные данные изменения силовых и скоростных параметров, характеризующих исследуемый процесс, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры, характеризующие работу
экспериментального МТА на культивации

№ п/п	P, МПа	P _{кр} , кгс	V _{раб} , км/ч	N _{кр} , кВт	M _к , кН·м	ω _к , с ⁻¹	N _к , кВт	η _{усл}	G _т , кг/ч	W, га/ч
1	0,14	806	6,98	15,32	9,64	2,48	47,81	0,32	10,48	2,79
2	0,15	800	7,00	15,25	9,61	2,48	47,85	0,31	10,6	2,80
3	0,19	828	6,94	15,64	9,71	2,46	47,77	0,32	10,00	2,77
4	0,23	819	6,98	15,56	9,64	2,48	47,81	0,32	10,22	2,79
5	0,25	810	6,97	15,38	9,68	2,48	47,81	0,32	10,34	2,78

Анализ данных по часовому расходу топлива, представленных в таблице 2, позволяет определить оптимальную зону исследуемых давлений ПГА: она находится в пределах 0,19 МПа. Часовой расход топлива исследуемого агрегата уменьшился на 22,4 %, а производительность возросла на 21,7 % относительно серийного МТА.

Основной причиной, приведшей к улучшению показателей работы экспериментального МТА, стала возможность приближения режимов работы двигателя к режимам стационарного нагружения.

Заключение. При использовании ДПМ на тракторах с механической трансмиссией, оснащённых планетарной муфтой сцепления увеличивается диапазон непрерывного регулирования тягового усилия и скорости движения в интервале высоких КПД трансмиссионной установки и создаётся возможность уменьшения числа ступеней КПП при существенном улучшении топливной экономичности трактора. Согласование параметров двигателя, упругой муфты сцепления и трансмиссии достигается переходом на режимы работы, при которых рабочий процесс в основном протекает на корректорном участке характеристики ДПМ. При этом высокие демпфирующие качества упругой муфты и преобразующие свойства ДПМ способствуют повышению эксплуатационных показателей МТА. Следует отметить, что динамические качества МТУ с упругой муфтой и ДПМ зависят от правильного согласования параметров двигателя и трансмиссии в соответствии с особенностями режимов работы и условиями эксплуатации МТА.

Библиографический список

1. Гапич, Д.С. Динамика движения упруго закреплённого рабочего органа культиваторного МТА [Текст] / Д.С. Гапич, С.Д. Фомин, Е.В. Ширяева // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 10. – С. 28-32.
2. Кравченко, В.А., Результаты исследований пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 с УДМ в трансмиссии [Текст] / В.А. Кравченко // Вестн ВИАХСХ – 2017. – № 2(27). – С. 87 – 91.
3. Кузнецов, Н.Г. Автоматизация расчета технических характеристик горизонтальных стабилизаторов нагрузки МТА [Текст] / Н.Г. Кузнецов, Д.С. Гапич // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 4. – С. 36-38.
4. Особенности улучшения работы машинно-тракторного агрегата за счет снижения колебания нагрузки [Текст] / Д.Д. Нехорошев, Д.А. Нехорошев, П.В. Коновалов, А.Ю. Попов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1. – С. 259-263.
5. Поливаев, О.И. Снижение динамической нагруженности мобильных энергетических средств от внешних воздействий и повышение их тягово – динамических показателей [Текст] / О.И. Поливаев, В.И. Астанин, Н.В. Бабкин // Лесотехнический журнал. – 2013. - №3(11). – С. 50 – 56.

6. Славущий, В.М. Формирование закона подачи топлива в дизеле путём управления нагнетательным клапаном [Текст] / В.М. Славущий, А.А. Карпов, А.С. Аксёнов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 319-326.

7. Фомин, С.Д. Стабилизация курсовой устойчивости управляемого движения машинно – тракторного агрегата [Текст] / С.Д. Фомин, В.И. Пындак, Д.С. Гапич // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 10. – С. 13-17.

8. Энергоэффективность машинно-тракторного агрегата на переходных режимах [Текст] / С.Д. Фомин, В.И. Аврамов, Д.С. Гапич и др. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2017. – № 1 (31). – С. 2-78.

9. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler / A. S. Ovchinnikov, A. S. Mezheva, A. E. Novikov et al. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – №12(24). – P. 7150-7160.

10. Influence of elements dynamic cohesiveness in power shafting on torsional vibrations spreading and dynamic equality of reducible model /V. Shekhovtsov, N. Sokolov-Dobrev, M. Lyashenko et al. // Mechanika. – 2014. – Vol. 20(2). – P. 190-196.

11. Shekhovtsov, V.V. Decreasing of the Dynamic Loading of Tractor Transmission by means of Change of the Reactive Element Torsional Stiffness/V.V. Shekhovtsov, N.S. Sokolov-Dobrev, P.V. Potapov //International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016 Procedia Engineering. – 2016. №150. –P. 1239-1244.

12. Some ways to reduce the dynamic loads of agricultural machine-tractor aggregates / A.S. Ovchinnikov, N.G. Kuznetsov, D.D. Nekhoroshev et al. //ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – №13(22). – P. 8776-8779.

References

1. Gapich, D. S. Dinamika dvizheniya uprugogo zakreplennogo rabocheho organa kul'tivatornogo MTA [Tekst] / D. S. Gapich, S. D. Fomin, E. V. Shiryaeva // Traktory i sel'hozmashiny. - 2017. - № 10. - P. 28-32.

2. Kravchenko, V. A., Rezul'taty issledovaniy pahotnogo agregata na baze traktora klassa 1,4 s UDM v transmissii [Tekst] / V. A. Kravchenko // Vesti VI}SX - 2017. -№ 2(27). - P. 87 - 91.

3. Kuznecov, N. G. Avtomatizatsiya rascheta tehnikeskikh harakteristik gorizonta'nykh stabilizatorov nagruzki MTA [Tekst] / N. G. Kuznecov, D. S. Gapich // Traktory i sel'hozmashiny. - 2014. - № 4. - P. 36-38.

4. Osobennosti uluchsheniya raboty mashinno-traktornogo agregata za schet snizheniya kolebaniya nagruzki [Tekst] /D. D. Nekhoroshev, D. A. Nekhoroshev, P. V. Kononov, A. Yu. Popov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2019. - № 1. - P. 259-263.

5. Polivaev, O. I. Snizhenie dinamicheskoy nagruzhennosti mobil'nykh jnergeticheskikh sredstv ot vneshnih vozdeystvij i povyshenie ih tyagovo - dinamicheskikh pokazatelej [Tekst] / O. I. Polivaev, V. I. Astanin, N. V. Babkin // Lesotekhnicheskij zhurnal. - 2013. - №3(11). - P. 50 - 56.

6. Slavuckij, V. M. Formirovanie zakona podachi topliva v dizele putjom upravleniya nagnatatel'nym klapanom [Tekst] / V. M. Slavuckij, A. A. Karpov, A. S. Aksjonov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 1 (49). - P. 319-326.

7. Fomin, S. D. Stabilizatsiya kursovoj ustojchivosti upravlyaemogo dvizheniya mashinno - traktornogo agregata [Tekst] / S. D. Fomin, V. I. Pyndak, D. S. Gapich // Traktory i sel'hozmashiny. - 2015. - № 10. - P. 13-17.

8. Jenergojeffektivnost' mashinno-traktornogo agregata na perehodnykh rezhimakh [Tekst] / S. D. Fomin, V. I. Avramov, D. S. Gapich i dr. // Izvestiya Moskovskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta MAMI. - 2017. - № 1 (31). - P. 2-78.

9. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler / A. S. Ovchinnikov, A. S. Mezheva, A. E. Novikov et al. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – №12(24). – P. 7150-7160.

10. Influence of elements dynamic cohesiveness in power shafting on torsional vibrations spreading and dynamic equality of reducible model /V. Shekhovtsov, N. Sokolov-Dobrev, M. Lyashenko et al. // *Mechanika*. – 2014. – Vol. 20(2). – P. 190-196.

11. Shekhovtsov, V.V. Decreasing of the Dynamic Loading of Tractor Transmission by means of Change of the Reactive Element Torsional Stiffness/V.V. Shekhovtsov, N.S. Sokolov-Dobrev, P.V. Potapov // *International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016 Procedia Engineering*. – 2016. №150. –P. 1239-1244.

12. Some ways to reduce the dynamic loads of agricultural machine-tractor aggregates / A.S. Ovchinnikov, N.G. Kuznetsov, D.D. Nekhoroshevet al. // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2018. – №13(22). – P. 8776-8779.

Информация об авторах

Нехорошев Дмитрий Дмитриевич, доцент кафедры «Энергетические системы и электростанции». Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), кандидат технических наук, доцент. **E-mail:** ndd.volgau.@yandex.ru.

Попов Александр Юрьевич, доцент кафедры «Технические системы в АПК». Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), кандидат технических наук, доцент. **E-mail:** popova8007@mail.ru.

Коновалов Павел Владимирович, доцент кафедры «Технические системы в АПК». Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), кандидат технических наук, доцент. **E-mail:** Konovalov.1977@mail.ru.

Нехорошев Дмитрий Артёмович, профессор кафедры «Технические системы в АПК». Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5064-2974>. **E-mail:** dmitr-nech@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

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

УДК 621. 869

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-46

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАНИПУЛЯТОРА МОБИЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА СЕТОК С ОВОЩАМИ

JUSTIFICATION OF THE MANIPULATOR STRUCTURE OF THE MOBILE LOADER OF CONTAINERS WITH VEGETABLES

М.Е. Николаев, аспирант

И.А. Несмиянов, доктор технических наук, доцент

С.Д. Фомин, доктор технических наук, доцент

M.E. Nikolaev, I.A. Nesmiyanov, S.D. Fomin

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 14.03.2019

Received 14.03.2019

Дата принятия к печати 21.06.2019

Submitted 21.06.2019

Механизация погрузочно-разгрузочных работ в сельском хозяйстве всегда остается актуальной задачей. При уборке таких овощей, как лук-репка и морковь, их, как правило, на поле затаривают в сетки, грузят вручную на транспортные средства и доставляют в таком виде к потребителю. Для механизации погрузочно-транспортных работ при уборке овощей, упакованных в сетки, предложена конструкция погрузочного манипулятора на мобильном шасси. Особенность конструкции в том, что составной частью погрузочного манипулятора является механизм параллельной структуры – трипод. Обосновано необходимое количество степеней свободы захвата для качественного обеспечения технологического процесса. Структурное строение мани-

пулятора и обоснование подвижностей его шарнирных узлов проведено оптимизационными методами структурного синтеза. Определены параметры, основные геометрические размеры звеньев, позволяющие обеспечить требуемую зону обслуживания и, соответственно, ширину захвата погрузочного агрегата не менее ширины его кузова. Предварительные силовые расчеты показывают, что в качестве исполнительных приводов могут быть использованы электроцилиндры, которые вполне могут заменить гидропривод. Использование электромеханического привода позволит автоматизировать процесс управления захватом манипулятора и использовать погрузчик как роботизированное погрузочно-транспортное средство. С целью использования погрузочного манипулятора в качестве автономного робота определены особенности управления захватом предлагаемого манипулятора на мобильном самоходном шасси. Например, кинематическая избыточность манипулятора, необходимая для обеспечения маневренности его захвата, в свою очередь обуславливает необходимость решения оптимизационной задачи позиционирования. Учитывая особенности работы погрузочного манипулятора в автоматическом режиме, определили новые задачи дальнейших исследований: решение траекторных задач, задач синтеза программных управляющих движений исполнительных звеньев для получения необходимых траекторий и законов перемещения грузов по ним.

The mechanization of loading and unloading operations in agriculture is always an urgent task. When harvesting vegetables such as onions and carrots, they are usually packed in nets on the field, loaded manually on vehicles and delivered to the consumer in this form. For the mechanization of loading and transport work when harvesting vegetables packed in nets, the design of the loading manipulator on the mobile chassis is proposed. The design feature is that the component of the loading manipulator is a mechanism of parallel structure - a tripod. The required number of degrees of freedom of capture for the quality assurance of the process is substantiated. The structure of the manipulator and the substantiation of the mobility of its articulated catch are carried out by optimization methods of structural synthesis. The parameters of the main geometrical dimensions of the links are determined, which make it possible to provide the required service area and, correspondingly, the width of the loading unit at least its body width. Preliminary power calculations show that electric cylinders can be used as executive drives, which can easily replace the hydraulic actuator. The use of an electromechanical drive will allow to automate the process of controlling the capture of the manipulator and use the loader as a robotic loading vehicle. In order to use the loading manipulator as an autonomous robot, the features of controlling the capture of the proposed manipulator on a mobile self-propelled chassis are defined. For example, the kinematic redundancy of the manipulator, necessary to ensure the maneuverability of its capture, in turn necessitates the solution of the optimization positioning problem. Taking into account the features of the loading manipulator in the automatic mode, new tasks for further research are defined, and this is the solution of the trajectory problems, the synthesis problems of the program control movements of the executive units to obtain the necessary trajectories and the laws of movement of loads along them.

Ключевые слова: погрузочный манипулятор, упаковка с овощами, структурный синтез, степень подвижности; зона обслуживания, электроцилиндр, погрузочный робот.

Key words: loading manipulator, packaging with vegetables, structural synthesis, degree of mobility; service area, electric cylinder, loading robot.

Цитирование. Николаев М.Е., Несмиянов И.А., Фомин С.Д. Обоснование структуры манипулятора мобильного погрузчика сеток с овощами. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 389-397. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-46.

Citation. Nikolaev M.E., Nesmiyanov I.A., Fomin S.D. Justification of the structure of the manipulator mobile loader nets with vegetables. . *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 389-397. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-46.

Введение. На долю грузопереработки штучных грузов в сельском хозяйстве приходится значительная доля ручного труда: по некоторым источникам, в овощеводстве этот показатель достигает 45 %.

В Волгоградской области, как и в других регионах, уборка лука-репки в подавляющем большинстве производится по раздельной технологии: выкапывание – сушка – подбор. Для сбора лука используются чаще всего сетки, в такой таре он и реализуется. Погрузка сеток на транспортные средства осуществляется вручную, затаривают в сетки также и морковь.

В современном мире на данный момент большое применение находят мобильные роботы, исполнительным органом большинства которых является манипулятор. В агропромышленном комплексе манипуляционные роботизированные системы применяются для сбора, обработки, сортировки, упаковки различной сельскохозяйственной продукции. В связи с этим исследования по разработке и внедрению роботов-манипуляторов в сельском хозяйстве являются весьма актуальными, особенно на современном этапе перехода к интеллектуальным технологиям и цифровому сельскому хозяйству, высвобождению человека от монотонного физически тяжелого труда [10, 8, 6, 5].

Целью исследования является разработка роботизированного погрузчика сеток с овощами, обоснование его структуры с точки зрения управляемых движений захвата. При этом решаются задачи, направленные на создание погрузочного манипулятора для применения в технологических процессах при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции, позволяющего заменить или облегчить труд человека, в частности, для автоматизированного подбора сеток с овощами с поля.

Материалы и методы. Погрузка сеток с овощами на грузовую платформу или в кузов подразумевает позиционирование захвата, т.е. перевод его из начального положения в конечное, затем происходит ориентирование захвата относительно сетки с овощами, захват её и перемещение в точку выгрузки. Таким образом, захват погрузочного манипулятора должен иметь возможность перемещаться относительно шасси по трем координатам x , y , z . В свою очередь, захват должен иметь дополнительную подвижность, ориентирующую его в пространстве. Для обеспечения маневренности в базовой плоскости манипулятор должен быть кинематически избыточен, т.е. количество его обобщенных координат должно превышать количество ориентирующих координат захвата.

Все эти движения подразумеваются с некой заданной степенью точности и при постоянной технологической скорости шасси мобильного роботизированного средства.

Для решения поставленных задач автоматизации погрузочных работ на уборке упакованных в сетки овощей (лук, морковь) предлагается конструкция роботизированного погрузчика, устанавливаемого на самоходное шасси (рисунок 1).

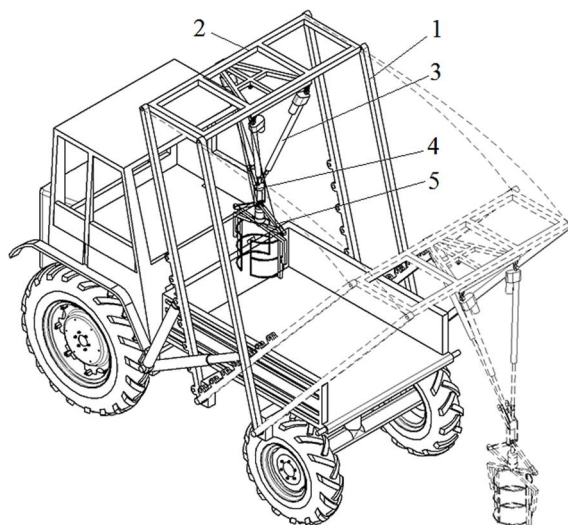


Рисунок 2 – Роботизированный манипулятор на самоходном шасси

На раму шасси крепится пространственный параллелограммный механизм 1, который обеспечивает горизонтальное положение платформы 2 при различных углах наклона. К платформе 2 крепится манипулятор-трипод 3 в виде треугольной пирамиды, а к его выходному звену 4 (многоподвижному шарнирному узлу) подвешивается управляемый клещевой захват 5. Захват выполнен самоустанавливающимся и под действием силы тяжести всегда занимает вертикальное положение, что позволяет захватывать упаковки с овощами в виде сеток, установленные в поле вертикально. Манипулятор-трипод обеспечивает перемещение захвата сеток по ширине кузова самоходного шасси по трем декартовым координатам x, y, z .

Заданная степень подвижности захвата обеспечивается обобщенными координатами манипулятора, являющимися звеньями переменной длины. В данном случае это три цилиндра манипулятора-трипода и цилиндр поворота коромысел параллелограммного механизма. Таким образом, степень подвижности точки крепления захвата $W=4$.

К наиболее важным задачам при разработке манипуляторов параллельно-последовательной структуры относится структурный и параметрический синтез рациональных кинематических схем таких манипуляторов. Одним из основных требований, определяющих работоспособность манипуляторов, является обеспечение подхода рабочего органа манипулятора к требуемым точкам объекта обслуживания с заданной ориентацией рабочего органа. Избыточные связи или излишние подвижности приводят к потере устойчивости механической системы, вероятности заклинивания, повышенному износу вследствие больших углов давления в шарнирах, поэтому одна из важнейших задач, которые необходимо решить, – это рациональное обоснование подвижности шарниров манипулятора и выбор их класса [1].

Используя известные зависимости Сомова-Малышева-Чебышева по определению степеней подвижности механизмов W , а также зависимости для манипуляционных систем, подобных рассматриваемой и полученные в работах [9], сформулировали задачу условной оптимизации в следующем виде:

$$\begin{aligned} 6n-5p_5-4p_4-3p_3 &= W(n, p_i), \\ p_5+p_4+p_3 &\geq W+n_{\min}, \\ p_5+2p_4+3p_3 &\geq W+6k, \\ k &= \sum p_i - n, \end{aligned} \quad (1)$$

где $W(n, p_i)$ – целевая функция; n – число подвижных звеньев механизма; p_i – количество кинематических пар i -й подвижности; k – количество независимых контуров Гохмана.

Исходя из общей постановки задачи условной оптимизации, задавшись конкретным значением целевой функции $W=4$, система становится вполне определима и примет вид

$$\begin{cases} 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 = 4, \\ p_5 + p_4 + p_3 \geq 7, \\ p_5 + 2p_4 + 3p_3 \geq 22, \\ 3 + n \geq 12, \end{cases} \quad (2)$$

При выбранном критерии – минимизации подвижных звеньев $n \rightarrow \min$ с ограничениями $n > 0, p_5 \geq 0, p_4 \geq 0, p_3 \geq 0$ – система преобразуется к виду оптимизационной задачи:

$$^{2/3+5/6}p_5+^{2/3}p_4+^{1/2}p_3 \rightarrow \min,$$

$$p_5+p_4+p_3 \geq 7, \quad (3)$$

$$p_5+2p_4+3p_3 \geq 22.$$

Для решения системы (3) применимы методы линейного программирования, при этом ее удобнее привести к матричному виду:

$$X=A^{-1} \cdot B \quad (4)$$

где $A = \begin{pmatrix} 5/6 & 2/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} n-2/3 \\ 7 \\ 22 \end{pmatrix}.$

Тогда:

$$\begin{pmatrix} p_5 \\ p_4 \\ p_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5/6 & 2/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} n-2/3 \\ 7 \\ 22 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

В связи с тем, что решений (5) может быть несколько, необходимо сузить круг получаемых результатов введением ограничений, например задав ограничения на кинематические пары IV класса - $p_4=0$ и ограничив кинематические пары III класса до одной - $p_3 \leq 1$ (сферический шарнир в узле 4, рисунок 1).

Тогда решение становится единственным: $p_5=19, p_4=0, p_3=1$.

Таким образом, в механизме манипулятора необходим один сферический шарнир в месте крепления захвата, а все остальные кинематические пары будут одноподвижными (V класса).

Результаты и обсуждение. Геометрические параметры механизма определены из условия обеспечения необходимых кинематических характеристик и обоснованы таким образом, чтобы обеспечивать ширину зоны обслуживания захвата больше ширины кузова самоходного шасси (рисунок 2). Расчетная вместимость кузова составляет 24 сетки, установленные в вертикальном положении (800-860 кг) [4, 3].

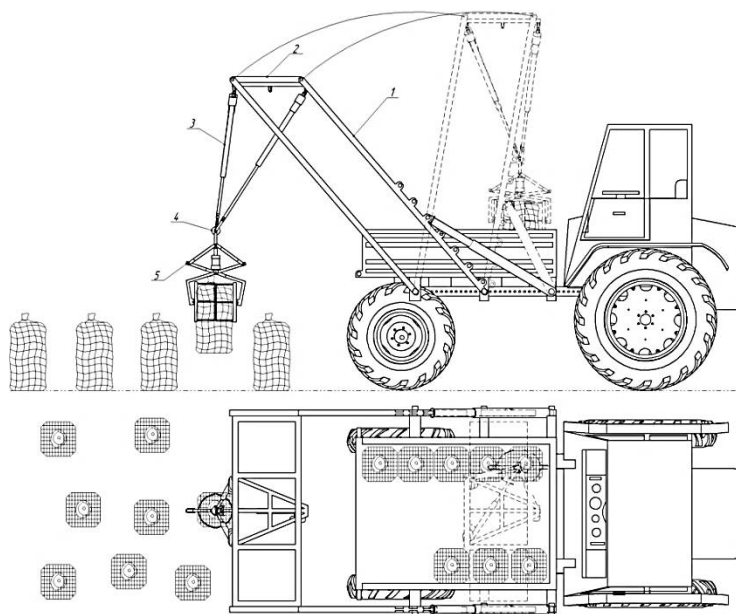


Рисунок 2 – Схема технологического процесса подбора сеток с овощами

Степень подвижности захвата манипулятора составляет $W=6$, из них пять управляемых степеней подвижности и одна неуправляемая (самоустанавливающаяся). Управляемыми степенями подвижности являются электроцилиндры поворота параллелограммного механизма 1, механизма манипулятора-трипода 2 и клещевого захвата. При номинальной рабочей скорости движения штоков электроцилиндров до $V_{штм}=0,25$ м/с потребная мощность электродвигателя каждого исполнительного привода составляет $N_{пот}=0,82$ кВт.

Базовая маневренность (маневренность в продольной плоскости агрегата) плоскости согласно формуле Озола [6]:

$$m_6 = \sum f_{кп} - 3 = 4 - 3 = 1, \quad (6)$$

где $f_{кп}$ – сумма степеней свободы кинематических пар, обеспечивающих движение в базовой плоскости.

Вследствие ненулевой маневренности в базовой плоскости, а соответственно, кинематической избыточности манипулятора, задача позиционирования его захвата принимает бесконечное множество решений и механизм может принимать множество возможных конфигураций. Задача позиционирования решалась методами нелинейного программирования, в частности, методом множителей Лагранжа [2].

Синтез ориентирующих программных перемещений исполнительных звеньев манипулятора (траекторная задача) с избыточными координатами предполагается осуществить совместным решением прямой задачи манипулятора-трипода параллельной структуры, конфигурация которого описывается методом I-координат, и обратной задачи определения обобщенных координат манипуляционного захватного устройства по задаваемым абсолютным координатам рабочего органа. Задачу синтеза оптимальных законов перемещением рабочего органа манипулятора предполагается решать из условия комплексного критерия качества с учетом динамических свойств исполнительных механизмов и электроприводов.

Не во всех случаях прямолинейная траектория применима для перемещения объектов манипулирования, часто возникают задачи обхода препятствий. Такими препятствиями в нашем случае (рисунок 2) являются борта кузова и сетки с овощами в кузове. Препятствиями изначально принимаются сетки, лежащие на боку на поле, т.к. данный вид захвата не позволяет надежно захватывать сетки с овощами, расположенными не вертикально. Применение в случаях обхода препятствий кусочно-линейных участков траектории чаще всего даже удлинит суммарную длину перемещения груза, резкое изменение направления перемещения выходного звена вызывает возникновение инерционных нагрузок на перемещаемый груз и манипулятор в целом. Таким образом, движение выходного звена манипулятора-трипода может быть реализовано по различным траекториям. Однако при планировании траекторий предпочтительны те законы, при реализации которых как можно меньше исполнительных звеньев манипулятора совершает возвратно-поступательные движения. Все это реализуется бортовой системой управления мобильного погрузочного робота [7, 11-15].

Заключение. Обоснована структура механизма манипулятора погрузочного робота, решена задача условной оптимизации. На основании проведенного кинематического анализа обоснована зона обслуживания, полностью перекрывающая кузов самоходного колесного шасси. Предварительные расчеты показывают, что создание погрузочного робота-манипулятора возможно с использованием электроцилиндров с мощностью приводных электродвигателей до 1 кВт и напряжением питания 24 В, таким условиям удовлетворяют электроцилиндры САНВ-21 SKF, обеспечивающих скорости перемещения штоков до 45 мм/с при номинальном развиваемом усилии 2300 Н.

Основными преимуществами манипулятора с электроцилиндрами являются: высокий, по сравнению с традиционными манипуляторами, показатель грузоподъемности; низкая металлоемкость; отсутствие вредного воздействия на окружающую среду за счет использования экологичного электромеханического привода.

Предлагаемый сельскохозяйственный погрузочный робот с манипулятором параллельно-последовательной структуры позволит ускорить технологические процессы производства, такие как сбор урожая, погрузочно-разгрузочные и транспортные работы, обеспечив сохранный и качество выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Глазунов, В.А. Пространственные механизмы параллельной структуры [Текст] / В.А. Глазунов, А.Ш. Колисков, А.Ф. Крайнев. – М.: Наука, 1991. – 95 с.
2. Задача позиционирования манипулятора параллельно-последовательной структуры с управляемым захватным устройством [Текст] / В.В. Жога, В.В. Дяшкин-Титов, И.А. Несмиянов, Н.С. Воробьева // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17. – № 8. – С. 525-530.
3. К определению зоны обслуживания мобильного манипулятора-трипода [Текст] / В.М. Герасун, В.В. Жога, И.А. Несмиянов, Н.С. Воробьева, В.В. Дяшкин-Титов // Машиностроение и инженерное образование. – 2013. – №3. – С. 2-8.
4. Кинематический анализ механизма параллельной структуры для работы в агрессивных средах [Текст] / А.В. Антонов, В.А. Глазунов, А.К. Алешин, Г.В. Рашоян, М.М. Лактионова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2018. – № 2. – С. 3-10.
5. Манипуляторы для мобильных роботов. Концепции и принципы проектирования [Текст] / 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.
6. Обоснование параметров механизмов перемещения контейнеров на погрузочно-транспортном агрегате [Текст] / 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.
7. Разработка базы моделей манипулятора параллельно-последовательной структуры [Текст] / Н.С. Воробьева, В.В. Жога, В.В. Дяшкин-Титов, А.В. Дяшкин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2017. – № 9 (194). – С. 143-152.
8. Развитие работ по созданию робототехники сельхозназначения [Текст] / 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.
9. Семенов, Ю.А. Структурный анализ механизмов [Текст] / Ю.А. Семенов, Н.С. Семенова // Теория механизмов и машин. – 2003. – Т. 1. – № 2 (2). – С. 3-14.
10. Тенденции развития средств мехатроники, автоматизации и роботизации для синтеза новых высокопроизводительных технологий, и машин в сельском хозяйстве [Текст] / 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.
11. Glazunov, V.A. The control complex robotic system on parallel mechanism [Текст] / V.A. Glazunov, S.V. Kheylo, A.V. Tsarkov // Studies in Systems, Decision and Control. – 2019. – Vol. 174. – P. 137-146.
12. Programmable movement synthesis for the mobile robot with the orthogonal walking drivers [Текст] / V. Zhoga, V. Skakunov, I. Shamanov, A. Gavrilov // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2016. – P. 135-147.
13. Processing of data from the camera of structured light for algorithms of image analysis in control systems of mobile robots [Текст] / V. Skakunov, V. Belikov, V. Zhoga, I. Nesmiyanov // [Lecture Notes in Mechanical Engineering](#). – 2016. – P. 149-158.
14. Synthesis of control algorithm and computer simulation of robotic manipulator-tripod [Текст] / I. Nesmiyanov, N. Vorob'eva, V. Dyashkin-Titov, V. Zhoga, V. Skakunov, S. Terekhov, V. Egunov, F.A.H. Al-Hadsha // Communications in Computer and Information Science. – 2015. – Т. 535. – С. 391-403.

15. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers [Tekst] / V.V. Zhoga, V.N. Skakunov, S.E. Terekhov, V.A. Belikov // International Review of Mechanical Engineering. – 2017. – T. 11. – № 5. – P. 337-342.

Reference

1. Glazunov, V. A. Prostranstvennye mehanizmy parallel'noj struktury [Tekst] / V. A. Glazunov, A. Sh. Koliskor, A. F. Krajnev. - M.: Nauka, 1991. - 95 p.
2. Zadacha pozicionirovaniya manipulyatora parallel'no-posledovatel'noj struktury s upravlyaemym zahvatnym ustroystvom [Tekst] / V. V. Zhoga, V. V. Dyashkin-Titov, I. A. Nesmiyanov, N. S. Vorob'eva // Mehatronika, avtomatizaciya, upravlenie. - 2016. - T. 17. - № 8. - P. 525-530.
3. K opredeleniyu zony obsluzhivaniya mobil'nogo manipulyatora-tripoda [Tekst] / V. M. Gerasun, V. V. Zhoga, I. A. Nesmiyanov, N. S. Vorob'eva, V. V. Dyashkin-Titov // Mashinostroenie i inzhenernoe obrazovanie. - 2013. - №3. - P. 2-8.
4. Kinematcheskij analiz mehanizma parallel'noj struktury dlya raboty v agressivnyh sredah [Tekst] / A. V. Antonov, V. A. Glazunov, A. K. Aleshin, G. V. Rashoyan, M. M. Laktionova // Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin. - 2018. - № 2. - P. 3-10.
5. Manipulyatory dlya mobil'nyh robotov. Konceptii i principy proektirovaniya [Tekst] / V. M. Gerasun, V. I. Pyndak, I. A. Nesmiyanov, V. V. Dyashkin-Titov, V. E. Pavlovskij // Preprint IPM im. M. V. Keldysha. - 2012. - №44. - 24 p.
6. Obosnovanie parametrov mehanizmov peremescheniya kontejnerov na pogruzochno-transportnom agregate [Tekst] / M. N. Shaprov, I. S. Martynov, M. A. Sadovnikov, A. V. Sedov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2019. - № 1 (53). - P. 299-306.
7. Razrabotka bazy modelej manipulyatora parallel'no-posledovatel'noj struktury [Tekst] / N. S. Vorob'eva, V. V. Zhoga, V. V. Dyashkin-Titov, A. V. Dyashkin // Izvestiya YuFU. Tehnicheskie nauki. - 2017. - № 9 (194). - P. 143-152.
8. Razvitie rabot po sozdaniyu robototekhniki sel'hoznaznacheniya [Tekst] / Z. A. Godzhaev, A. P. Grishin, I. A. Pehal'skij, A. A. Grishin, V. A. Grishin // Politematcheskij setevoy jlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. -2016. - № 119. - P. 488-502.
9. Semenov, Yu. A. Strukturnyj analiz mehanizmov [Tekst] / Yu. A. Semenov, N. S. Semenova // Teoriya mehanizmov i mashin. - 2003. - T. 1. - № 2 (2). - P. 3-14.
10. Tendencii razvitiya sredstv mehanotroniki, avtomatizacii i robotizacii dlya sinteza novyh vysokoproizvoditel'nyh tehnologij, i mashin v sel'skom hozyajstve [Tekst] / Z. A. Godzhaev, V. K. Horoshenkov, N. T. Goncharov, E. N. Il'chenko // Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tehnologii. - 2018. -- № 3 (329). - P. 4-16.
11. Glazunov, V.A. The control complex robotic system on parallel mechanism [Tekst]/ V.A. Glazunov, S.V. Kheylo, A.V. Tsarkov // Studies in Systems, Decision and Control. – 2019. – Vol. 174. – P. 137-146.
12. Programmable movement synthesis for the mobile robot with the orthogonal walking drivers [Tekst] / V. Zhoga, V. Skakunov, I. Shamanov, A. Gavrilov // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2016. – P. 135-147.
13. Processing of data from the camera of structured light for algorithms of image analysis in control systems of mobile robots [Tekst] / V. Skakunov, V. Belikov, V. Zhoga, I. Nesmiyanov // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2016. – P. 149-158.
14. Synthesis of control algorithm and computer simulation of robotic manipulator-tripod [Tekst] / I. Nesmiyanov, N. Vorob'eva, V. Dyashkin-Titov, V. Zhoga, V. Skakunov, S. Terekhov, V. Egunov, F.A.H. Al-Hadsha // Communications in Computer and Information Science. – 2015. – T. 535. – C. 391-403.
15. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers [Tekst] / V.V. Zhoga, V.N. Skakunov, S.E. Terekhov, V.A. Belikov // International Review of Mechanical Engineering. – 2017. – T. 11. – № 5. – P. 337-342.

Информация об авторах

Николаев Максим Евгеньевич, аспирант кафедры «Механика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26).
E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru.

Несмиянов Иван Алексеевич, декан инженерно-технологического факультета, профессор кафедры «Механика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор технических наук, доцент.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2107-1441>. **E-mail:** ivan_nesmiyanov@mail.ru.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК: 635.21:633.491:631.671.1:631.559.2

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-47

**МОНИТОРИНГ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА
КАРТОФЕЛЬНОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ СУБАРИДНОЙ ЗОНЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

**MONITORING OF THE HYDROTHERMAL MODE OF THE POTATO FIELD
IN THE CONDITIONS OF THE SUBARID ZONE WITH THE USE
OF THE IMITATION MODEL**

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

А.А. Бубер², аспирант

Ю.П. Добрачев², доктор технических наук

V.V. Borodychev¹, A.A. Buber², Yu.P. Dobrachev²

¹ Волгоградский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», Волгоград

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова», Москва

¹ Volgograd branch of the Federal State Budget Scientific Institution

«All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation» named after A. N. Kostyakov, Volgograd

² Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation» named after. A. N. Kostyakov, Moscow

Дата поступления в редакцию 14.03.2019
Received 14.03.2019

Дата принятия к печати 17.06.2019
Submitted 17.06.2019

Приведено описание динамической модели формирования урожая «ПОТАТО» для климатических условий сухостепной зоны Нижнего Поволжья. Имитационная модель, созданная в среде Microsoft Office – Excel, состоит из 3 основных блоков: блок «Начальные условия и входные данные», «Экологический блок», «Биологический блок». Расчет сроков созревания и ожидаемой урожайности выполняется в биологическом блоке по фактическим и прогнозным метеорологическим данным и планируемым ирригационным мероприятиям. Верификация и адаптация имитационной модели к почвенно-климатическим условиям проводились по результатам многофакторных полевых опытов с применением капельного орошения и мелкодисперсного дождевания на суглинистых светло-каштановых почвах юга Волгоградской области. Модель позволяет контролировать условия произрастания картофеля и управлять микроклиматом, водным и пищевым режимами с целью по-

лучения высоких и стабильных урожаев. Имитационная модель имеет возможность калибровки под другие почвенно-климатические условия и сельскохозяйственные культуры и является доступной для потребителя. Представлена расчетная по модели урожайность, полученная в результате прогонок модели по метеорологическим и агротехническим данным 2015-2017 годов в сравнении с фактическими сборами с опытных делянок. Погрешность расчетов составила до 6 %. Сравнение результатов показало высокую корреляцию между фактическими и расчетными значениями продуктивности посадок картофеля как на выборке 2015 г. ($R_{cor} = 0,87$, средняя относительная точность $e = 2,9 \%$), используемой для валидации модели, так и на независимых выборках данных 2016-2017 гг. ($R_{cor} = 0,89$, $e = 1,9 \%$ и $R_{cor} = 0,86$, $e = 2,8 \%$ соответственно). Разработанная имитационная модель формирования урожая раннего картофеля «POTATO» дает возможность управления гидротермическим режимом посева и дозой внесения минерального питания с целью получения высоких и стабильных урожаев. В аридной зоне, характеризующейся засушливым климатом, имитационное моделирование позволит решить ряд агромелиоративных задач по выращиванию раннего картофеля при снижении ресурсных затрат на производство продукции.

The description of the dynamic crop formation model «POTATO» for the climatic conditions of the dry steppe zone of the Lower Volga region is given. The simulation model created in the Microsoft Office - Excel environment consists of 3 main blocks: the block «Initial conditions and input data», «Ecological block», «Biological block». The timing of ripening and expected yield is calculated in the biological unit using actual and forecast meteorological data and planned irrigation measures. Verification and adaptation of the simulation model to the soil and climatic conditions were carried out according to the results of multivariate field experiments using drip irrigation and fine sprinkling on loamy light chestnut soils in the south of the Volgograd region. The model allows you to control the growing conditions of potatoes and control the microclimate, water and food regimes in order to obtain high and stable yields. The simulation model has the ability to calibrate for other soil and climatic conditions and crops, and is available to the consumer. The model yields calculated by the model are presented, obtained as a result of model runs from meteorological and agrotechnical data for 2015–2017 in comparison with the actual collections from experimental plots. The calculation error was up to 6%. Comparison of the results showed a high correlation between the actual and calculated values of potato planting productivity, both on the 2015 sample ($R_{cor} = 0,87$, average relative accuracy $e = 2,9\%$) used for the model validation, and on independent data samples 2016 -17 years. ($R_{cor} = 0,89$, $e = 1,9\%$ and $R_{cor} = 0,86$, $e = 2,8\%$, respectively). The developed simulation model of the formation of early potato harvest «POTATO» makes it possible to control the hydrothermal regime of sowing and the dose of mineral nutrition in order to obtain high and stable yields. In an arid zone characterized by a dry climate, simulation modeling will allow solving a number of agromeliorative problems of growing early potatoes while reducing resource costs for production.

Ключевые слова: динамическое моделирование, гидротермический режим, урожай, эвапотранспирация, имитационная модель, прогнозирование урожайности, ранний картофель «Импала».

Key words: dynamic modeling, hydrothermal regime, yield, evapotranspiration, simulation model, yield prediction, early potatoes «Impala».

***Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ № 19-416-343004 р_мол_а при финансовой поддержке Волгоградской области.**

Цитирование. Бородычев В.В., Бубер А.А., Добрачев Ю.П. Мониторинг гидротермического режима картофельного поля в условиях субаридной зоны с применением имитационной модели. *Известия НВ АУК*. 2019. 2(54). 397-409. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-47.

Citation. Borodychev V.V., Buber A.A., Dobrachev Yu.P. Monitoring of the hydrothermal mode of the potato field in the conditions of the subarid zone with the use of the imitation model. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 2(54). 397-409. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-47.

Введение. В настоящее время в Российской Федерации на крупные агропромышленные предприятия приходится до 15 % общего валового производства пищевого картофеля и свыше 85 % продукции выращивается мелкими частными фирмами и подсобными хозяйствами, в которых в основном преобладает малая сельскохозяйственная техника и ручной труд. Конкурентоспособность сельхозпредприятий и эффективность производства напрямую связаны с использованием высокоурожайных сортов, современных технических средств, с необходимостью модернизации агротехники и поиском путей снижения затрат на получение единицы продукции.

Техническая возможность создания гидромелиоративных систем нового поколения с применением капельного орошения (КП), мелкодисперсного дождевания (МДД) и фертигации обусловили актуальность разработки цифровой агротехнологии регулирования гидротермического и пищевого режимов посева с применением математических моделей на основе фундаментальных знаний и практического опыта реализации высокоэффективного и экологически чистого земледелия. Возможность контролировать максимальное количество сельскохозяйственных процессов за счет использования цифровой модели агротехнического цикла и взаимосвязанных звеньев формирования затрат и объемов производства позволяет планировать график полевых работ, принимать экстренные меры для предотвращения потерь в случае аномальных погодных условий, оценивать возможную урожайность, себестоимость и прибыль.

В целях модернизации агротехники выращивания картофеля при орошении в условиях субаридной зоны юга Волгоградской области был заложен трехфакторный многоуровневый полевой опыт с использованием двух способов полива - капельного и комбинированного орошения, включающего мелкодисперсное дождевание, различные варианты динамики поддержания влажности почвы и гидротермического режима микроклимата внутри растительного покрова, а также минерального питания. Полевые исследования продолжались в течение 2015-2017 гг.

Материалы и методы. По результатам трехлетнего полевого опыта на раннем картофеле сорта «Импала» были сформированы массивы экспериментальных данных, включающих динамику нарастания биомассы органов растений, площади листовой поверхности, продолжительность межфазных периодов, на основе которых определялись биологические и агроклиматические зависимости влияния факторов на продукционный процесс и урожайность картофеля [10].

Детальный анализ экспериментальных данных и выявление причинно-следственных связей, позволяющих объяснить итоговые результаты полевого опыта, вынудили авторов привлечь литературные данные по физиологии и агротехнике изучаемой культуры, имитировать ход формирования урожая, представить посуточную и почасовую картину движения влаги в почве и испарение с надземной части растительного покрова. Накопленный мировой и отечественной наукой опыт создания динамических имитационных моделей сельскохозяйственных культур позволил сконструировать простую модель, обеспечившую отображение всех вариантов постановки полевого опыта и обоснование роли каждого фактора в продукционном процессе с учетом эколого-физиологических особенностей культуры [1, 2]. Общая блок-схема динамической модели роста и продуктивности картофеля представлена на рисунке 1.

Блок «Начальные условия и входные данные». Для функционирования модели и формирования отдельных производных параметров из массивов исходных данных в блоке входной информации требуются почасовые и посуточные значения метеорологических элементов состояния среды и агромелиоративных мероприятий рассматриваемого орошаемого участка. Так, на основе почасовых температурных данных в модели

производится расчет влияния температурной функции ($F_{\text{био}}$) на ростовые процессы картофеля (рисунок 2). Используемая температурная функция идентифицирована по результатам многолетних экспериментальных исследований А.И. Коровина [6].

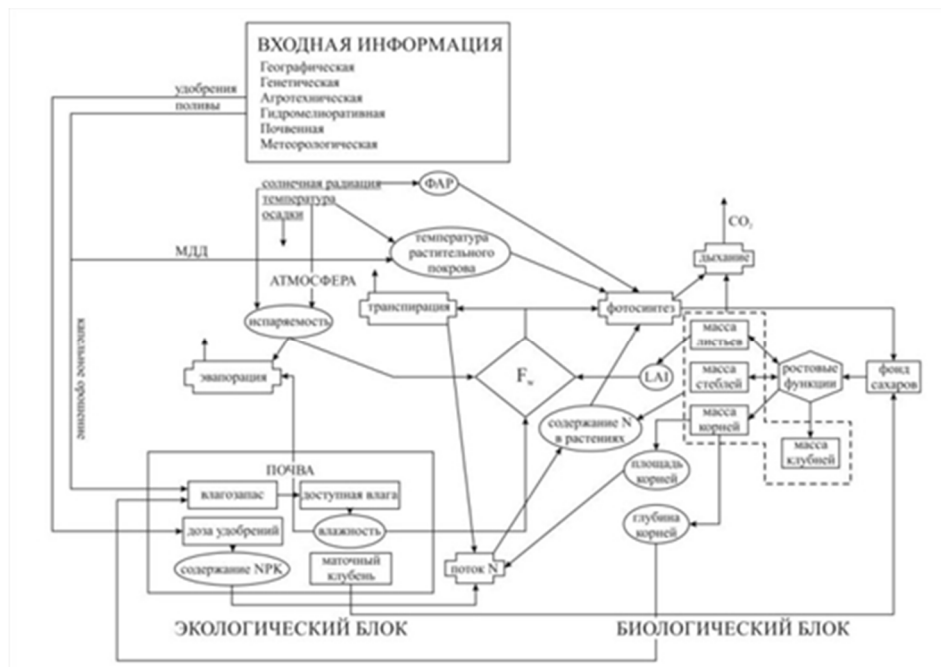


Рисунок 1 – Блок-схема имитационной модели формирования урожая «ПОТАТО»

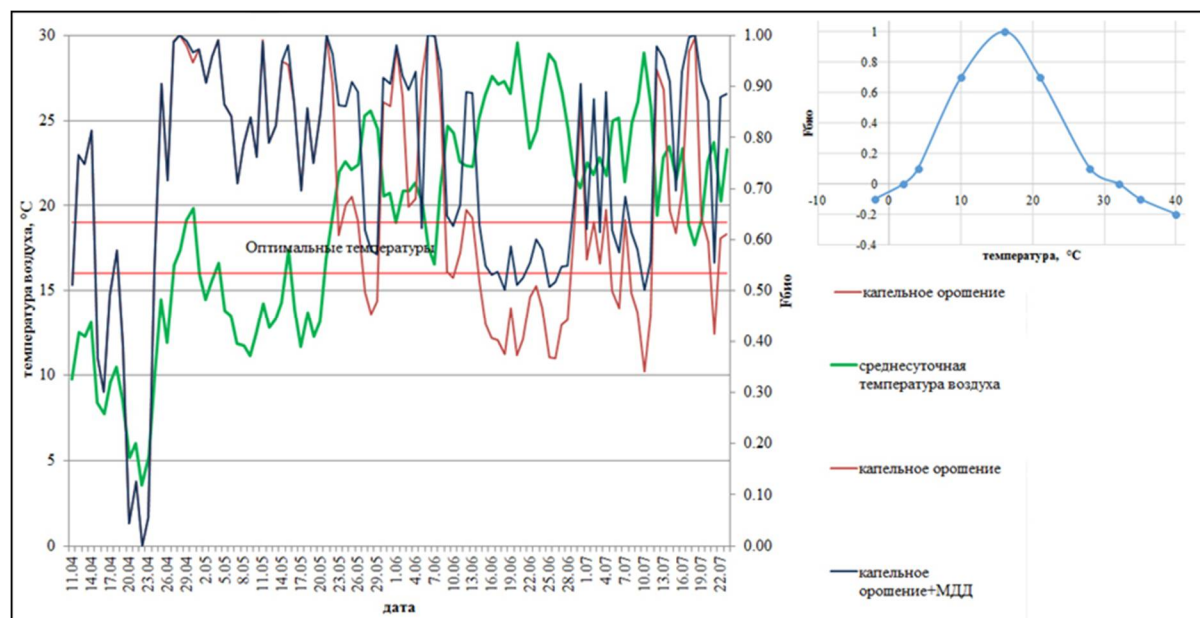


Рисунок 2 – Динамика индекса биологически активных температур, определяющего скорость онтогенеза и ростовых процессов картофеля при капельном и комбинированном орошении, за период вегетации 2015 года

По географическим координатам расположения производственного участка, а также по данным наблюдений за облачностью, проводимых с 3-х часовым интервалом, с использованием астрономических формул рассчитывался поток приходящей солнечной радиации, продолжительность световой части суток, фотосинтетически активная

радиация [9]. Эти энергетические параметры и другие суточные значения метеозлементов (температура и влажность воздуха, осадки, скорость ветра) использовались для расчета радиационного баланса и потенциального испарения.

На основе почвенных характеристик (водно-физические свойства, механический состав, данные агрохимического анализа) и данных стартовых условий о запасе влаги в корнеобитаемом слое в модели с временным шагом в одни сутки выполняется расчет актуальной влаги, доступной для роста и формирования урожая, с учетом выпадения осадков и поливов. В модели учитывается агротехническая информация: сроки посадки и поливов, продолжительность полива, дозы внесения минерального питания, сроки сбора урожая.

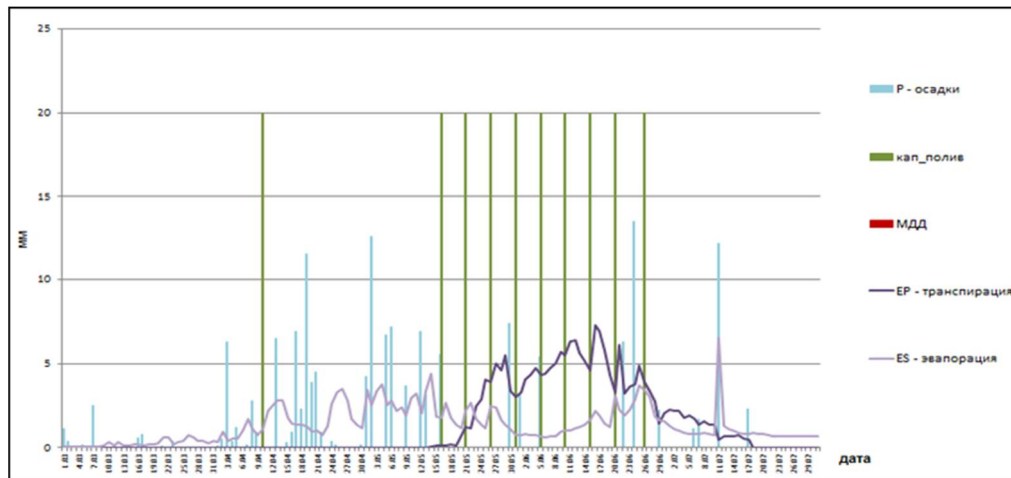
«Экологический блок». В экологическом блоке по данным входной агрометеорологической информации, описаниям начальных условий и водно-физических свойств почвы формируются схемы расчета значений факторов внешней среды, необходимых для функционирования биологической составляющей модели, воздействующих на растения и определяющих ход продукционного процесса и формирования урожая. Расчет потенциального испарения выполняется по модифицированным схемам, реализующим формулу Пеннмана-Монтейса, водный баланс почвы рассчитывается по схеме послойного заполнения и с учетом поверхностного и вертикального инфильтрационного стока; доступный растениям влагозапас определяется по разности актуальной влажности и влажности завядания в слое почвы, занятом корнями на каждый расчетный шаг.

Для расчетов эвапотранспирации картофельного поля при капельном орошении авторы избрали алгоритм, предложенный J. Ritchie [14], в основу которого положен расчет двух взаимосвязанных процессов: испарения с поверхности почвы и транспирации – испарения с надземной части растений. Этот алгоритм для моделирования изучаемых технологических приемов – капельного и мелкодисперсного орошения – имеет ряд преимуществ. Первое, это возможность сохранять в расчетах сухим верхний слой почвы (3-5 см) при исполнении полива капельным способом, насыщая влагой нижние горизонты; и второе – учитывать разовое применение мелкодисперсного орошения аналогично учету дождевых осадков, выпавших в малых количествах. При этом корректируются значения эвапорации и транспирации вследствие снижения потенциального испарения на величину распыленной над растениями воды. Изложенный прием позволяет определить воздействие на посев различных способов полива, поскольку диспергированные капли при мелкодисперсном дождевании оседают на листьях и не попадают непосредственно в почву [7]. В расчетах эвапорации учитывается гребневой способ выращивания картофеля: площадь испаряющей поверхности и объем верхнего горизонта почвы приведены в соответствие с геометрическими характеристиками гряды.

В расчетном блоке транспирации учитывается площадь листовой поверхности и водный статус растений. Определение доступности влаги растениям оценивается по показателям развития корневой системы (глубина проникновения корней) и влажности почвы, представленной в модели послойно. Послойная модель водного баланса почвы предполагает выполнение расчетов заполнения профиля почвы влагой до полного насыщения.

Поверхностный и инфильтрационный сток рассчитывался при выполнении условий: а) полного заполнения влагой корнеобитаемого слоя до наименьшей влагоемкости (НВ), б) при единовременном выпадении осадков или полива, превышающих скорость впитывания. В модели учитывали 4 слоя почвы, общая глубина составляет 0,8 м, уровень грунтовых вод – более 10 м.

А



В

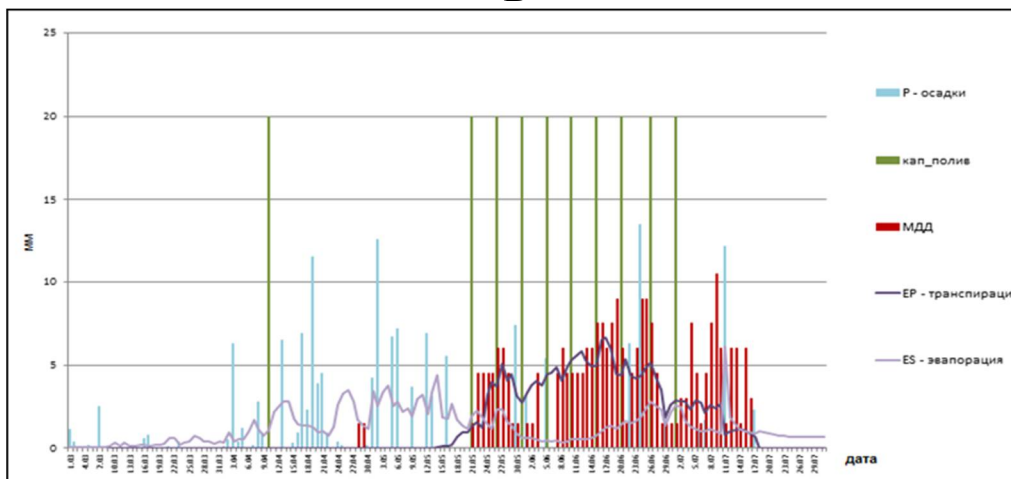


Рисунок 3 – Динамика расчетных суточных значений эвапорации и транспирации по данным за 2015 год при капельном орошении (А) и комбинированном (капельное орошение + мелкодисперсное дождевание) (В)

Одним из параметров водного обмена растительного покрова является «критическая влажность» (W_k) почвы картофельного агроценоза, которая пропорциональна испаряемости и листовому индексу, связана с возрастом растительного покрова и доступностью влаги почвы [3, 8]:

$$W_k^i = W_0 + k_w \cdot \frac{(L^i)^\alpha}{(A_r^i)^\beta} \cdot (T_\Sigma^i)^\zeta \cdot E_0^i, \quad (1)$$

где k_w – коэффициент пропорциональности (бар/мм); L^i , A_r^i – площадь листьев и корней соответственно, m^2/m^2 ; T_Σ^i – сумма биологически активных температур, накопленная посевом на i -е сутки (град.сут.); E_0^i – суточная величина испаряемости (мм/сут); W_0 – влажность завядания данной культуры на данной почве; α, ζ, β – эмпирические безразмерные коэффициенты; i – текущий номер шага расчета.

Этот параметр, наряду с актуальной влажностью почвы, является основным, управляющим транспирацией, фотосинтезом и скоростью роста органов растений с помощью функции «водный фактор» (F_w), принимающей значение от 0,2 до 1 [12]:

$$F_W^i = \begin{cases} \left(\frac{W^i}{W_k^i} \right) \cdot \exp \left[2 \left(1 - \frac{W^i}{W_k^i} \right) \right]; & W^i < W_k^i; \\ 1; & \text{при } W_k^i \leq W^i \leq W^{\max}; \\ 1 - k \cdot t(W^i - W^{\max}), & W^i > W^{\max}, \end{cases} \quad (2)$$

где W^i – актуальная влажность корневой зоны; W_k^i – критическая влажность t – количество суток переувлажненного состояния почвы; $W^{\max}$ – наибольшее значение благоприятного диапазона влажности почвы (в интервале 60...95 % НВ) для данной культуры.

Влияние продолжительности периодов переувлажнения почвы, уровень которого задается по фазам вегетационного развития в долях от НВ ($W^{\max}$) и учитывается в расчетах продуктивности с помощью функции F_W .

Динамика значений водного фактора, влияющего на фотосинтез, транспирацию, рост и развитие раннего картофеля, представлена на рисунке 4.

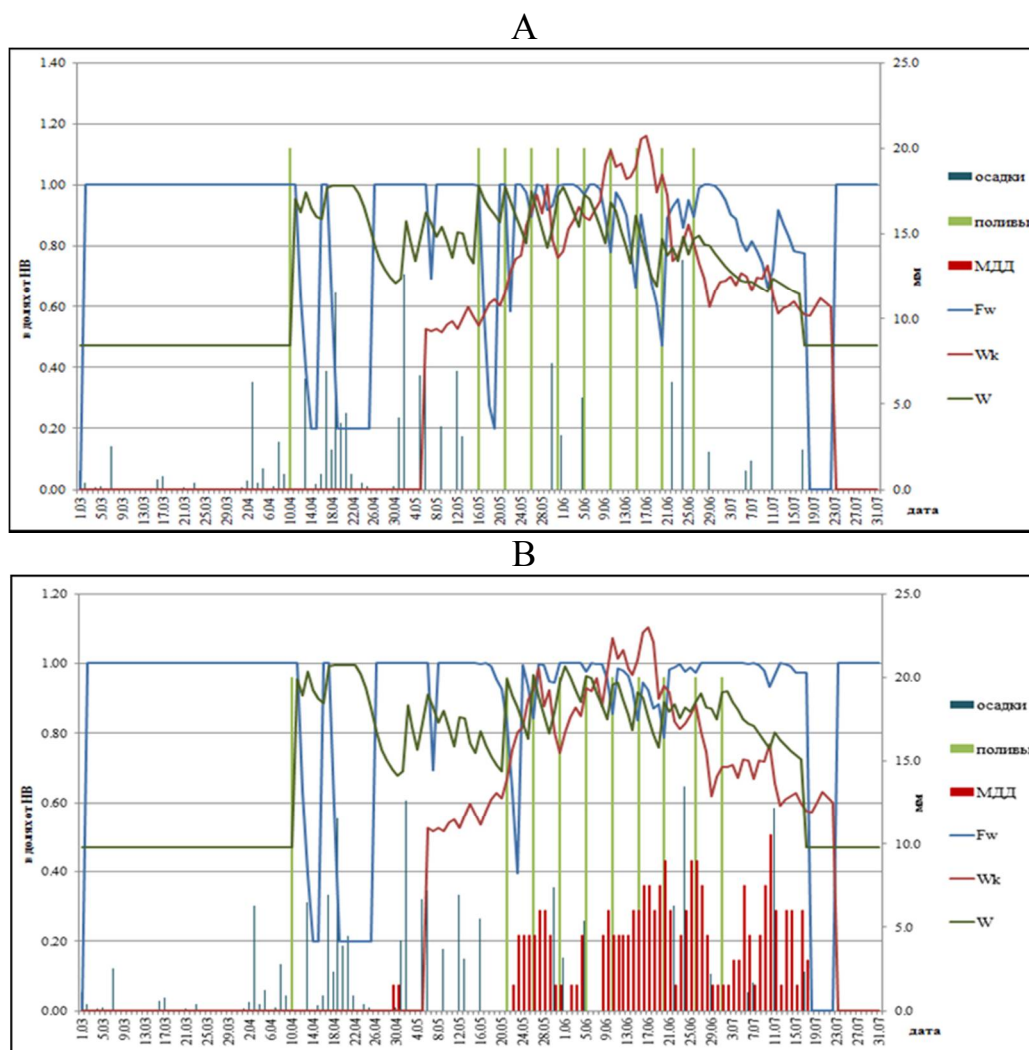


Рисунок 4 – Динамика водных факторов, влияющих на развитие посадок раннего картофеля в 2015 году при капельном орошении (А) и мелкодисперсном дождевании (В)

«Биологический блок» модели обеспечивает имитацию основных функций продукционного процесса картофеля: фотосинтеза, дыхания, накопления биомассы по органам растения (листьев, стеблей, корней и клубней), развития культуры по фазам, поглощения и накопления элементов минерального питания. Расчет интенсивности фотосинтеза (z/m^2) производится в зависимости от площади листьев, поглощенной посадкой ФАР, температуры приземного слоя воздуха, водного фактора и накопленных в растениях веществ минерального питания [13]:

$$\begin{cases} Ph^i = k * R_{sun}^i * (1 - \exp(-0,4 * L_{ai}^i)) * F_w^i * F(T^i) * f^i(NPK) & \text{при } L_{ai} > 1 \\ Ph^i = k * R_{sun}^i * (1 - \exp(-1,2 * L_{ai}^i)) * F_w^i * F(T^i) * f^i(NPK) & \text{при } L_{ai} \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

где k - коэффициент пропорциональности, г/Дж сут; $R_{sun}(I)$ - суточная ФАР, Дж/м² в сут; L_{ai} - листовой индекс посева, м²/м²; F_w - водный фактор; $F(T)$ - температурная функция; $f(NPK)$ - функция влияния минеральных удобрений на фотосинтез.

Динамика фотосинтеза за вегетационный период только при капельном орошении и при дополнительном применении МДД представлена на Рисунке 5. Наблюдающийся в конце вегетации сдвиг кривой фотосинтеза картофеля вправо объясняется увеличением продолжительности фенологических фаз при применении МДД.

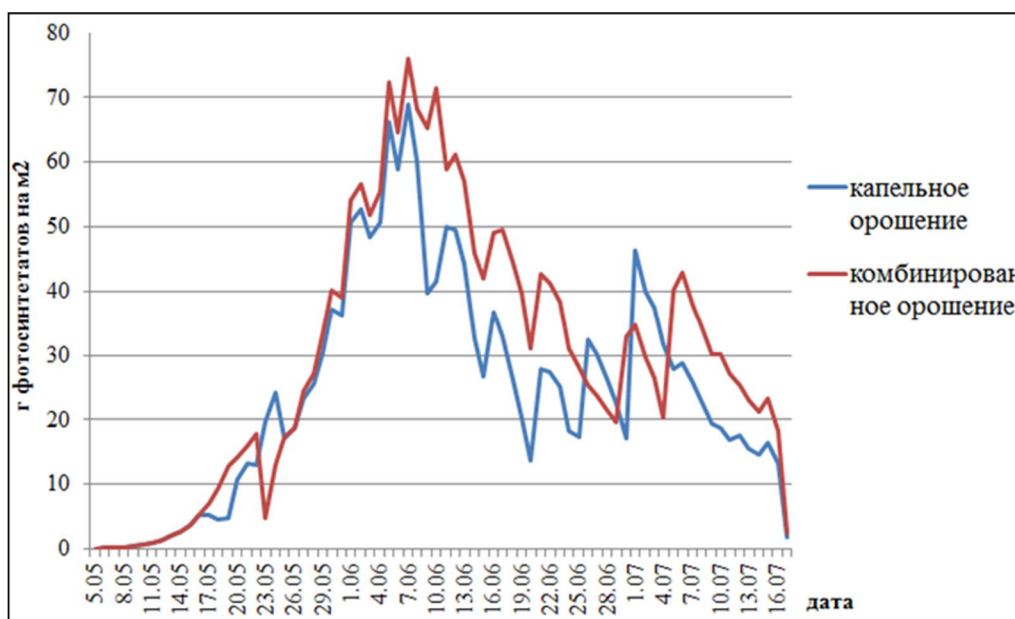


Рисунок 5 – Динамика фотосинтеза при капельном и комбинированном орошении, рассчитанная по данным 2015 года

Развитие и формирование агроценоза в модели рассматривается по пяти фазам вегетации растения. Скорость прохождения фаз зависит от температурного режима надземной и подземной частей растения. В качестве функции, описывающей влияние температуры на процессы онтогенеза и органогенеза, взята функция, построенная по данным экспериментальных исследований по изучению влияния температурного режима на адаптационные и ростовые свойства картофеля [6] (рисунок 2).

Распределение продуктов фотосинтеза, сахаров и других органических веществ, идущих на рост органов картофеля и накопление органического вещества в клубнях, выполняется простым и надежным способом, предложенным Де Витом с помощью ро-

стовых функций. Этот прием представляется достаточным для построения имитационной модели агроценоза с целью анализа результатов многофакторных полевых опытов по регулированию гидротермического режима посадок картофеля в сухостепной зоне.

Ростовые функции для посадок раннего картофеля были построены нами по материалам публикаций Грушка (рисунок 6). Коррекция итоговых параметров формирования посадок картофеля (биомассы сухого вещества листьев, стеблей, корней, клубней), полученных с помощью ростовых функций, обеспечивается учетом влияния температурных и водных факторов на геометрические параметры органов (толщина листовой пластинки, рост корня в глубину, площадь корней по слоям почвы, расходы биомассы на дыхание роста и поддержание).

Поток веществ, расходуемый на дыхание роста и дыхание поддержания, определялся по экспериментальным данным, приведенным в работе [11]. Накопление биомассы в органах раннего картофеля представлено на рисунке 6.

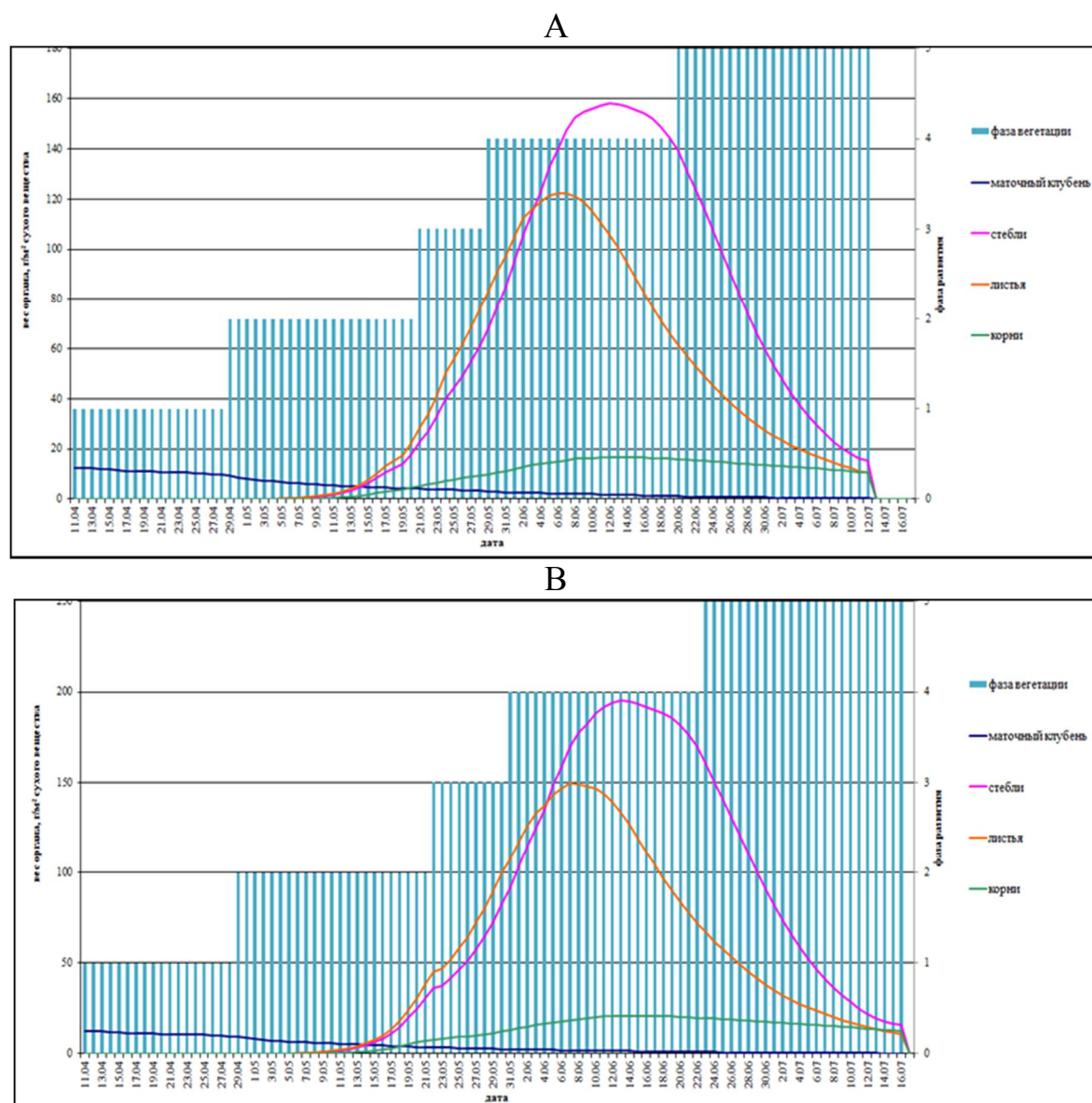


Рисунок 6 – Динамика накопления и перетока сухого вещества в органах раннего картофеля в 2015 году при капельном орошении (А) и мелкодисперсном дождевании (В)

Скорость прохождения фаз развития растения зависит от температурного режима надземной и подземной частей и взяты согласно многолетним экспериментальным исследованиям [6].

В расчетах принимается, что суточное поглощение растениями минерального питания пропорционально дозе вносимых удобрений, показателю естественного плодородия почвы и интенсивности транспирации.

Таким образом, в динамической модели «ПОТАТО» имитируется развивающийся посев от фазы «посадка» до фазы «техническая спелость клубней», его орошение с помощью капельной линии и мелкодисперсного дождевания в зависимости от влажности почвы в прикорневой зоне и напряженности метеорологических условий, оцениваемых по температуре воздуха и испаряемости. Модель позволяет анализировать развитие посева и управлять формированием урожая в ситуациях, когда продукционный процесс может лимитироваться почвенным запасом влаги и питательных веществ, структурными компонентами куста картофеля (площадь листьев, глубина корней и др.) и метеорологическими факторами.

В расчетах урожайности сухое вещество, накопившееся в клубнях, переводится в бункерный вес как 1 : 5. Предусмотрена возможность введения поправок на урожайность путем раздельного учета продуктивности в различные фазы вегетации как способ адаптации модели к иным почвенно-климатическим условиям.

На рисунках 7, 8 и 9 представлена расчетная по модели урожайность, полученная в результате прогонок модели по метеорологическим и агротехническим данным 2015-2017 годов в сравнении фактическими сборами с опытных делянок. Погрешность расчетов составила до 6 %.

Сравнение результатов показало высокую корреляцию между фактическими и расчетными значениями продуктивности посадок картофеля, как на выборке 2015 г. ($R_{\text{cor}} = 0,87$, средняя относительная точность $\epsilon = 2,9 \%$), используемой для валидации модели, так и на независимых выборках данных 2016-2017 гг. ($R_{\text{cor}} = 0,89$, $\epsilon = 1,9 \%$ и $R_{\text{cor}} = 0,86$, $\epsilon = 2,8 \%$ соответственно) по итогам полевого эксперимента, продолжавшегося на том же производственном участке, т.е. с сохранением агротехнических и почвенных условий.

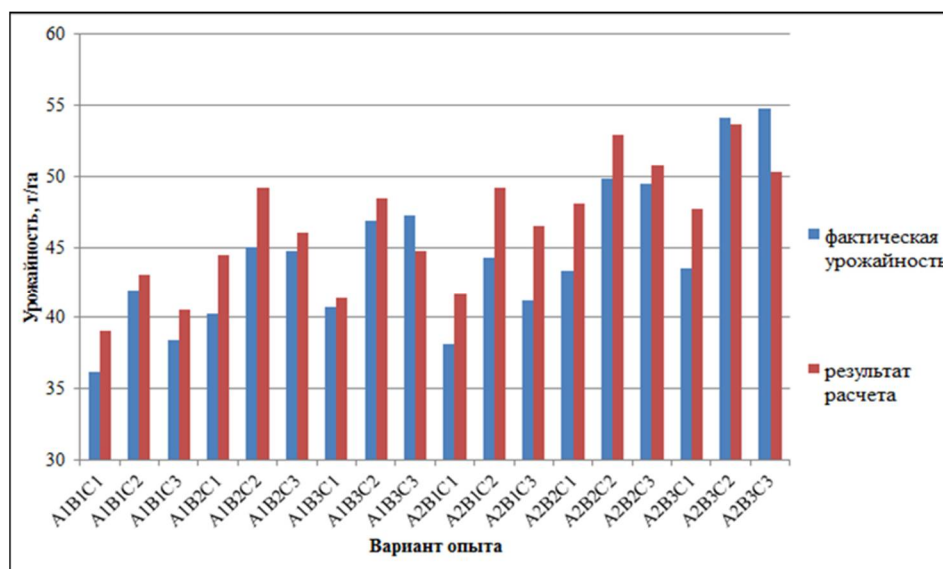


Рисунок 7 – Сравнение результатов моделирования с данными полевых опытов по 2015 году

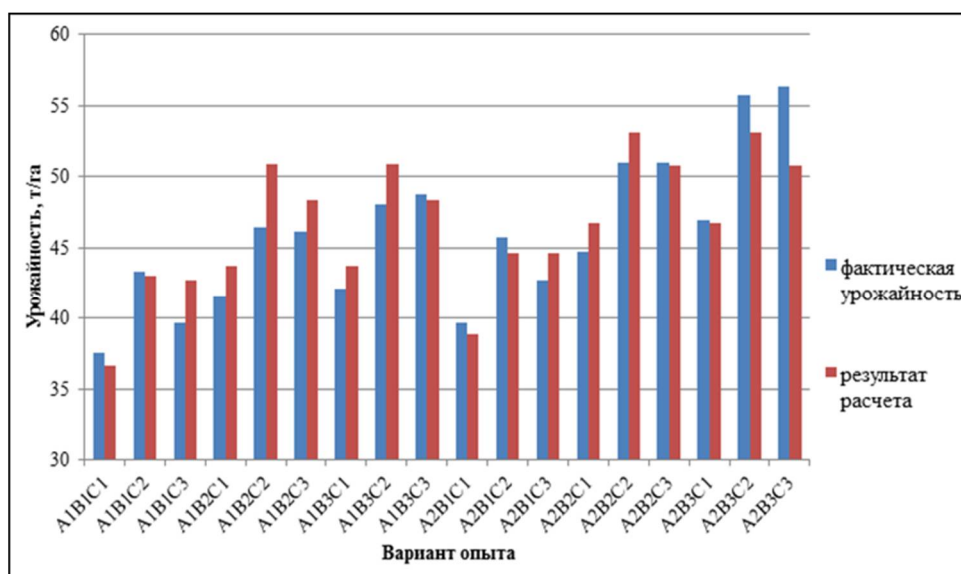


Рисунок 8 – Сравнение результатов моделирования с данными полевых опытов по 2016 году

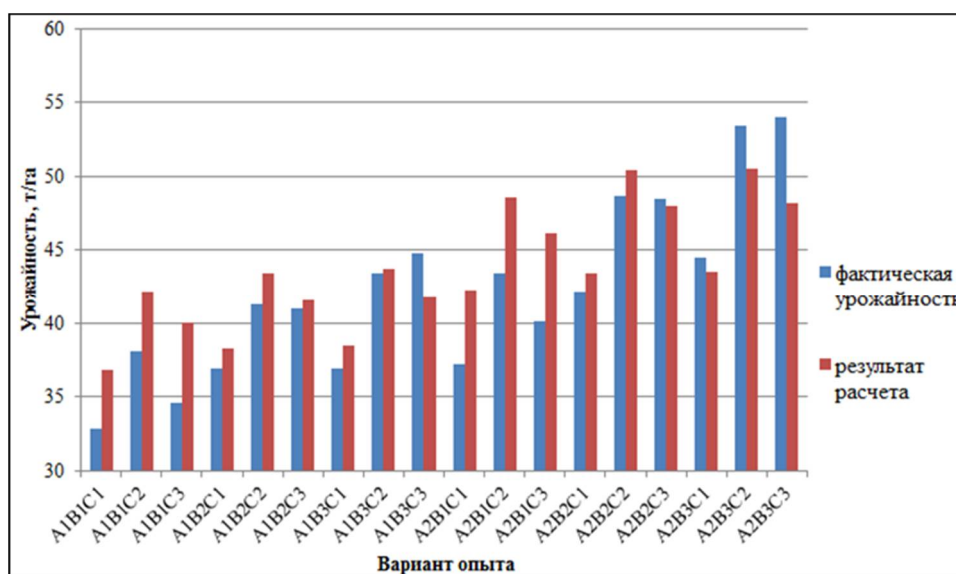


Рисунок 9 – Сравнение результатов моделирования с данными полевых опытов по 2017 году

Заключение. Выполненные исследования показали, что изученность и состояние имитационного моделирования системы «почва – растение – атмосфера» позволяет путем компиляций и интеграции формул и расчетных блоков из общеизвестных моделей [13, 14], опубликованных в научной литературе, создавать простые и надежные расчетные схемы для понимания процессов влияния агротехнических и метеорологических факторов и почвенных условий на формирование агроценоза и его продуктивность. Такого типа простые модели могут быть применены для оптимизации товарной технологии производства при решении задач в схожих условиях внешней среды.

Разработанная имитационная модель формирования урожая раннего картофеля «РОТАТО» дает возможность управления гидротермическим режимом посева и дозой внесения минерального питания с целью получения высоких и стабильных урожаев. В

аридной зоне, характеризующейся засушливым климатом, имитационное моделирование позволит решить ряд агромелиоративных задач по выращиванию раннего картофеля при снижении ресурсных затрат на производство продукции.

Детальный анализ динамики ростовых процессов на этапе идентификации коэффициентов формул и численных соотношений в процессе приближения результатов расчета к фактическим значениям переменных состояния показал, что при капельном орошении на средних суглинистых почвах целесообразно учитывать время добегания фронта влаги от капельницы до корневой системы, от начала полива до реакции растений особенно на ранних фазах вегетации. В этой связи представления об эпюре распределения влаги в гребне, вблизи корневой системы, и скорости продвижения влаги в почве могут быть полезными в случаях использования в модели высокочувствительных и безынерционных расчетных схем.

Библиографический список

1. Бубер, А.А. Моделирование гидротермического режима раннего картофеля в сухостепной зоне Нижнего Поволжья [Текст] / А.А. Бубер // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение / материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2018. – С. 451-456.
2. Бубер, А.А. Имитационная модель формирования урожая раннего картофеля Potato для климатических условий Нижнего Поволжья [Текст] / А.А. Бубер // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – №3 (71). – С. 64-71.
3. Будаговский, А.И. Основы количественной теории фотосинтетической деятельности посевов. Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности [Текст] / А.И. Будаговский, Ю.К. Росс. – М., Изд-во «Наука», 1966. – С. 51-58.
4. Гусев, Е.М. Оценка радиационного, теплового и водного обмена степных экосистем с атмосферой на основе модели SWAP [Текст] / Е.М. Гусев, О.Н. Насонова, Б.П. Моханти // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2004. – Т. 40. – № 3. – С. 330-346.
5. Имитационная модель роста сельскохозяйственных растений WOFOST 7.1 [Текст] / Х. Боогаард, К. ванн Диепен, Р. Реттер, Дж. Кабрера, Х. Ван Лаар, И. Савин / Центр исследования земельных, почвенных и водных ресурсов Винанда Старинга, РУДН Аграрный факультет. – М.: Издательство РУДН, 2000. – С. 3-34.
6. Коровин, А. И. Растения и экстремальные температуры [Текст] / А.И. Коровин. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 271 с.
7. Майер, А.В. Регулирование фитолимата системой комбинированного орошения при возделывании овощных культур [Текст] / А.В. Майер, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 1 (25). – С. 53-58.
8. Саноян, М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посева [Текст] / М.Г. Саноян. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 296 с.
9. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая [Текст] / Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
10. Тютюма, Н.В. Агробиологическое изучение сортов картофеля на светлосахарных почвах Астраханской области при поливе дождеванием [Текст] / Н.В. Тютюма, Н.А. Щербакова // Овощи России. – 2016. – № 1 (30). – С. 44-47.
11. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур [Текст] / Пер. с чеш. З. К. Благовещенской. – М., Колос, 1984. – С. 296-327.
12. Feddes, R.A. Simulation of water use and production of potatoes as affected by soil compaction [Текст] / R.A. Feddes, M. de Graaf, J. Bouma // Potatoe Res. – 1988. – № 31. – P. 225 – 239.
13. McCree K.J. An equation for the rate of respiration of the white clover plants grown under controlled conditions [Текст] / K.J. McCree // Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity. – Wageningen, Pudoc, 1970. – P. 221-230.
14. Ritchie, J. T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies [Текст] / J. T. Ritchie, E. J. Burnett // Agron. – 1968. – № 60. – P. 545-549.

References

1. Buber, A. A. Modelirovanie gidrotermicheskogo rezhima rannego kartofelya v suhostepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ A. A. Buber // Agrojekologiya, melioraciya i zaschitnoe lesorazvedenie/ materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd, 2018. - P. 451-456.
2. Buber, A. A. Imitacionnaya model' formirovaniya urozhaya rannego kartofelya Potato dlya klimaticheskikh uslovij Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ A. A. Buber // Puti povysheniya [ffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2018. - №3 (71). - P. 64-71.
3. Budagovskij, A. I. Osnovy kolichestvennoj teorii fotosinteticheskoy deyatel'nosti posevov. Fotosinteziruyushchie sistemy vysokoj produktivnosti [Tekst] /A. I. Budagovskij, Yu. K. Ross. - M., Izd-vo "Nauka", 1966. - S. 51-58.
4. Gusev, E. M. Ocenka radiacionnogo, teplovogo i vodnogo obmena stepnykh jekosistem s atmosferoj na osnove modeli SWAP [Tekst]/ E. M. Gusev, O. N. Nasonova, B. P. Mohanti // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Fizika atmosfery i okeana. - 2004. - T. 40. - № 3. - P. 330-346.
5. Imitacionnaya model' rosta sel'skohozyajstvennykh rastenij WOFOST 7.1 [Tekst] / H. Boogaard, K. vann Diepen, R. Retter, Dzh. Kabrera, H. Van Laar, I. Savin / Centr issledovaniya zemel'nyh, pochvennyh i vodnyh resursov Vinanda Staringa, RUDN Agrarnyj fakul'tet. - M.: Izdatel'stvo RUDN, 2000. - P. 3-34.
6. Korovin, A. I. Rasteniya i jekstremal'nye temperatury [Tekst] / A. I. Korovin. - L.: Gidrometeoizdat, 1984. - 271 p.
7. Majer, A. V. Regulirovanie fitoklimata sistemoy kombinirovannogo orosheniya pri vozde-lyvanii ovoschnykh kul'tur [Tekst]/ A. V. Majer, V. S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - № 1 (25). - P. 53-58.
8. Sanoyan, M. G. Agrometeorologicheskie i agrofizicheskie principy i metody upravleniya vlagoobespechennost'yu poseva [Tekst] / M. G. Sanoyan. - JL: Gidrometeoizdat, 1982. - 296 p.
9. Tooming, H. G. Solnechnaya radiaciya i formirovanie urozhaya [Tekst] / H. G. Tooming. - L.: Gidrometeoizdat, 1977. - 200 p.
10. Tyutyuma, N. V. Agrobiologicheskoe izuchenie sortov kartofelya na svetlo-kashtanovykh pochvah Astrahanskoj oblasti pri polive dozhdevaniem [Tekst]/ N. V. Tyutyuma, N. A. Scherbakova // Ovoschi Rossii. - 2016. - № 1 (30). - P. 44-47.
11. Formirovanie urozhaya osnovnykh sel'skohozyajstvennykh kul'tur [Tekst] /Per. s chesh. Z. K. Blagoveschenskoj. - M., Kolos, 1984. - P. 296-327.
12. Feddes, R.A. Simulation of water use and production of potatoes as affected by soil compaction [Tekst] / R.A. Feddes, M. de Graaf, J. Bouma// Potatoe Res. - 1988. - № 31. -P. 225 - 239.
13. McCree K.J. An equation for the rate of respiration of the white clover plants grown under controlled conditions [Tekst] / K.J. McCree // Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity. - Wageningen, Pudoc, 1970. - P. 221-230.
14. Ritchie, J. T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies [Tekst] / J. T. Ritchie, E. J. Burnett // Agron. - 1968. - № 60. - P. 545-549.

Информация об авторах

Бородычев Виктор Владимирович - директор Волгоградского филиала ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>.

Бубер Алина Александровна – научный сотрудник ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (РФ, 127550, Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, корпус 2), аспирант очного отделения.

Добрачев Юрий Павлович – главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (РФ, 127550, Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, корпус 2, доктор технических наук т. 89064048042.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY**

Иванов В.В., Овчинников А.С., Кочеткова О.В. Концептуальные основы цифровой трансформации АПК Волгоградской области Ivanov V.V., Ovchinnikov A.S., Kochetkova O.V. Conceptual basis of digital transformation of the agro-industrial complex of the Volgograd region	18
Овчинников А.С., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Шевченко В.А., Бочарникова О.В. Концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением Ovchinnikov A.S., Borodychev V.V., Lytov M.N., Shevchenko V. A., Bocharnikova O.V. Conceptual approaches to the creation of monitoring systems and irrigation management	26
Бородычев В.В., Лытов М.Н. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения Borodychev V.V., Lytov M.N. Problems of optimal water supply of soy in terms of irrigation	39
Кружилин И.П., Ганиев М.А., Родин К.А., Кузнецова Н.В. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами Kruzhilin I.P., Ganiyev M.A., Rodin K.A., Kuznetsova N. V. Less fotostrana and environmentally prefertional technology for irrigation of ris peridoncal waterings ...	49
Рулев А.С., Анопин В.Н., Рулев Г.А., Матвеева А.А. Ландшафтное планирование как инструмент управления придорожными ландшафтами Rulev A.S., Anopin V.N., Rulev G.A., Matveeva A.A. Landscape planning as a tool of control of suspension complexes	55
Байрамбеков Ш.Б., Анишко М.Ю., Гуляева Г.В., Гарьянова Е.Д. Действие некорневых подкормок на продуктивность томата в условиях дельты Волги Bairambekov Sh.B., Anishko M.Yu., Gulyaeva G.V., Garyanova E.D. Influence of foliar application on tomato productivity in the Volga delta conditions	63
Балашов А.В., Балашов В.В., Малахова А.А., Мартынов Д.А. Волжанин 50 – новый перспективный сорт нута Balashov A.V., Balashov V.V., Malakhova A.A., Martynov D.A. Volzhanin 50 – a new promising chickpea variety	69
Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологический процесс как фактор рельефообразования Barabanov A.T. Erosion and hydrological process as a factor of morphogenesis	76
Зеленев А.В., Смутнев П.А., Маркова И.Н. Создание перспективных сортов яровой полбы в Нижнем Поволжье Zelenev A.V., Smutnev P.A., Markova I.N. The creation of promising varieties of spring spelt wheat in the lower Volga region	82

Киричкова И.В., Мелихов А.В., Васильев А.М. К вопросу повышения продуктивности сафлора красильного в условиях Волго-Донского междуречья Kirichkova I.V., Melikhov A.V., Vasiliev A.M. To the question of increasing the productivity of safflower dye in the conditions of the Volga-Don interfluve	90
Медведев Г.А., Екатериничева Н.Г., Чижигов С.А. Влияние основной обработки почвы на урожайность гибридов подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области Medvedev G.A., Ekaterinicheva N. G., Chizhikov S. A. Influence of the main tillage on the yield of sunflower hybrids in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region	98
Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении Mushinskiy A.A., Aminova E.V., Saudabayeva A. Z. Selection of potato varieties for soil-climatic conditions in Orenburg region on irrigation	105
Чурзин В.Н., Кубраков Е.В. Влияние способов основной обработки на изменение агрофизических показателей, формирование запасов влаги в почве и урожайность озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья Churzin V.N., Kubrakov E.V. The influence of methods of main treatment for the change of agro-physical indicators and yield of winter wheat on light-chestnut soils of the Volga-Don interfluve	112
Барабанов, А.Т., Петелько А.И., Кулик А.В., Выпова А.В. Новая технология размещения стокорегулирующих лесных полос на склоновых землях Barabanov A.T., Petel'ko A.I., Kulik A.V., Vypova A.V. New technology of arrangement of runoff-regulation shelterbelts on sloping lands	119
Кулик А.К., Власенко, М.В., Бородычев В.В., Балкушкин Р.Н. Оценка качества поверхностных вод бассейна реки Дон для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Kulik, A.K., Vlasenko, M.V., Borodichev B. B., Bulkushkin R.N. Quality assessment of surface waters of the Don river basin for ensuring sustainable functioning of the water industry complex	126
Матвеева Н.И., Зволинский В.П., Зволинский В.В., Петров Н.Ю. Агротехника возделывания сортов и гибридов лука на каштановых почвах Нижнего Поволжья Matveeva N.I., Zvolinsky V.P., Zvolinsky V.V., Petrov N.Yu. Farming cultivation of varieties and hybrids of onion on chestnut soils of the Lower Volga region	136
Новиков А.А. Влияние способов полива и окучивания на режим орошения картофеля Novikov A.A. Influence of irrigation methods and hilling on potatoes irrigation mode ...	145

Рулев Г.А., Рулев А.С., Рулева О.В. Термодинамическая оценка лесомелиорации черноземов. Rulev G.A., Rulev A.S., Ruleva O.V. Thermodynamic assessment of chernozem forest reclamation	153
Рыбашлыкова Л.П., Сивцева С.Н., Маховикова Т.Ф. Состояние и динамика продуктивности лесопастбищных угодий на песках Восточного Предкавказья Rybashlykova L.P., Sivceva S.N., Maschovikova T.F. Condition and dynamics of productivity of forest-pasting eye on sands of eastern Ciscaucasia	161
Гасанов Г.Н., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р. Водный режим и динамика водно-физических свойств почвы при реградации солончака коркового в Северо-Западном Прикаспии Gasanov G.N., Asvarova T.A., Gadzhiev K.M., Bashirov R.R. Water regime and the dynamics of water-physical properties of the soil during the regradation of cortical saline in the North-West Caspian	168
Сапаев Б., Подковыров И.Ю., Шайманов Ч.М. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий в Оренбургской области на орошении Sapaev B., Podkovyrov I.Yu., Shaymanov Ch.M. Selection of potato varieties for soil-climatic conditions in Orenburg region on irrigation	177
Адилов М.М., Аманова М.Э., Гиченкова О.А., Рустамов Б.А. Подбор сортов краснокочанной капусты, пригодных для весенней и повторной культуры в Узбекистане Adilov M.M., Amanova M.E., Gichenkova O.G., Rustamov B.A. Selection varieties of red cabbage suitable to spring and repeated culture in Uzbekistan	182
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS	
Горлов И.Ф., Федотова Г.В., Мосолова Н.И., Сергеев В.Н., Глущенко А.В., Воронцова Е.С. Оценка современного состояния молочного производства в России Gorlov I.F., Fedotova G.V., Mosolova N.I., Sergeev V.N., Glushchenko A.V., Vorontsova E.S. Assessment and the current state of the dairy production in Russia	189
Абонеев В.В., Чамурлиев Н.Г., Марченко В.В., Абонеева Е.В. Продуктивность тонкорунного молодняка овец при разной продолжительности эмбрионального периода Aboneev V.V., Chamurliiev N.G., Marchenko V.V., Aboneeva E.V. Productivity of fine-wool young sheep with different duration of the embryonic period	198
Николаев С.И., Муртазаева Р.Н., Корнилова В.А., Зотеев В.С., Баймишев Х.Б., Хакимов И.Н. Консеквенция использования рыжикового жмыха в кормлении цыплят-бройлеров Nikolaev S.I., Murtazaeva R.N., Kornilova V.A., Zoteev V.S., Baimishev Kh.B., Khakimov I.N. Consequence of using the «camelina cake» during the process of feeding the broiler chickens	203

Кочарян В.Д., Баканова К.А., Перерядкина С.П., Ушаков М.А., Букаева Ю.Г. Совершенствование способа терапии и профилактики цервицита у коров с применением адресной доставки лекарственных средств Kocharyan V.D., Bakanova K. A., Pereryadkina S.P., Ushakov M.A., Bukaeva Y.G. Improving the method of treatment and prevention of cervicitis in cows using targeted drug delivery	214
Митрофанова О.В., Дементьева Н.В., Ларкина Т.А. Динамика экстерьерных показателей у кур при отборе по полиморфным вариантам в гене миостатина Mitrofanova O.V., Dementeva N.V., Larkina T.A. Dynamics of exterior indicators in chickens when selecting polymorphic options in the myostatin gene	222
Николаев С.И., Карапетян А.К., Корнеева О.В., Струк М.В., Рудников В.Н. Влияние премиксов и БВМК на гематологические показатели сельскохозяйственной птицы Nikolayev S.I., Karapetyan A.K., Korneeva O.V., Struk M.V., Rudnikov V.N. The effect of premixes and BVMK on hematological indicators of poultry	229
Приходько С.А., Кочарян В.Д., Авдеенко В.С., Родин П.В., Ушаков М.А. Морфологические взаимоотношения в плацентах крупного рогатого скота при осложненной беременности эклампсией Prihodko S.A., Kocharyan V.D., Avdeenko V.S., Rodin P.V., Ushakov M.A. Morphological interaction in the placenta of cattle during complicated pregnancy with eclampsia	238
Будлянский М.А., Синилов А.М. К вопросу о динамике численности и совершенствовании механизма правового регулирования популяции волка в Иркутской области Budlyansky M.A., Sinilov A.M. Dynamics of number and improvement of the mechanism of legal regulation of wolf population in the Irkutsk region	245
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/ TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING	
Дубенок Н.Н., Майер А.В., Гуренко В.М., Бородычев С.В. Система комбинированного орошения и эффективность производства овощной продукции Dybenok N. N., Mayer A.V., Gurenko V. M., Borodichev S.V. Combined irrigation system and efficiency of production of vegetable production	253
Бышов, Н.В., Полищук, С.Д., Фадеев, И.В., Садетдинов, Ш.В. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники Byshov, N.V., Polishchuk, S.D., Fadeev, I.V., Sadatdinov, Sh.V. Corrosion inhibitor metals for use in the repair of automotive engineering	265
Джаббаров Н.И., Эвиев В.А., Сергеев А.В., Семенова Г.А. Оценка вероятностно-статистических характеристик тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата с динамичными рабочими органами Jabbarov N.I., Eviev V.A., Sergeev A.V., Semenova G.A. Evaluation of the probability-statistical characteristics of the traction resistance of the soil-processing aggregate with dynamic working parts	275

Клочков Ю.В., Николаев А.П., Фомин С.Д., Соболевская Т.А., Андреев А.С. Расчет прочности оболочечных конструкций АПК бункерного типа Klochkov J. V., Nikolaev A. P., Fomin S.D., Sobolevskaya T.A., Andreev A.S. Calculation of strength of shell structures of AIC bunker type	285
Кокорев Г.Д., Успенский И.А., Юхин И.А. Афиногенов И.А. Силовые и кинематические зависимости рулевого усилителя Kokorev G.D., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Afinogenov I.A. Power and kinematic dependences of the steering amplifier	297
Кочеткова О.В., Матвеев А.С., Ширяева Е.В., Арьков Д.П. Моделирование и анализ процесса «Выполнить научные исследования и проектные работы» с целью внедрения цифровых технологий в базовых хозяйствах аграрного вуза Kochetkova O.V., Matveev, A.S., Shirayeva, E.V., Arkov, D.P. Modeling and analysis of the process «Perform research and design works» for implementation of digital technologies in basic farms of agrarian university	303
Ряднов А.И., Ловчиков А.П., Шагин О.С., Шахов В.А. К разработке стационарного процесса обмолота хлебной массы комбайном с классическим молотильно-сепарирующим устройством Ryadnov A.I., Lovchikov A.P., Shahin O.S., Shakhov V.A. To development of stationary process of threshing of grain mass by combine with classical threshing-separating device	314
Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Определение параметров технологического процесса применения электролизованной воды при капельном орошении овощных культур Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Determination of the parameters of technological process of application of electrolymed water at dropped irrigation of vegetable crops	322
Славутский В.М., Курапин А.В., Харсов З.Х., Лукшин К.В. Регулирование режима постоянной мощности в тракторном дизеле Slavutsky V.M., Kurapin A.V., Kharsov Z.Kh., Lukshin K.V. Regulation of the mode of constant power in the tractor diesel	330
Цепляев А.Н., Габидулина А.Е., Харлашин А.В., Богданов С.И. Аналитическое определение абсолютной скорости семени мелкосемянных культур при разделении вороха на роторном сепараторе Tseplyaev A.N., Gabidulina A.E., Kharlashin A.V., Bogdanov S.I. Analytical determination of the absolute seed rate of small-seed crops in the separation of a pile on a rotary separator	338
Шапров М.Н., Мартынов И.С., Садовников М.А., Седов А.В. Кинематический анализ механизма подъема контейнеров на погрузочно-транспортном агрегате Shaprov M.N., Martinov I.S., Sadovnikov M.A., Sedov A.V. Kinematic analysis of the lifting mechanism of containers by the loading and transport unit	346

Юрченко И.Ф. Разработка и совершенствование технологий автоматизированного управления формированием мелиоративного режима агроэкосистем Yurchenko I.F. Development and improvement of technologies on automated control for the formation of amelioration mode of agro-ecosystems	354
Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Определение режимов работы узла электрохимической водоподготовки в составе системы капельного орошения Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Determination of the operation modes of the electrochemical water treatment unit as part of a drip irrigation system	364
Кузнецов Н.Н., Юнин В.А., Захаров А.М., Зыков А.В. Повышение эффективности консервации трав путем применения озонированного воздуха Kuznetsov N.N., Yunin V.A., Zakharov A.M., Zykov A.V. Increase of effectiveness of herbs preservation by the use of ozonized air	373
Нехорошев Д.Д., Попов А.Ю., Коновалов П.В., Нехорошев Д.А. Моторно-трансмиссионная установка с двигателем постоянной мощности и пневмогидравлической планетарной муфтой сцепления Nekhoroshev D.D., Popov A.J., Konovalov P.V., Nekhoroshev D.A. Motor-transmission installation with a constant power engine and pneumatic-hydraulic planetary clutch	382
Николаев М.Е., Несмиянов И.А., Фомин С.Д. Обоснование структуры манипулятора мобильного погрузчика сеток с овощами Nikolaev M.E., Nesmiyanov I.A., Fomin S.D. Justification of the structure of the manipulator mobile loader nets with vegetables	389
Бородычев В.В., Бубер А.А., Добрачев Ю.П. Мониторинг гидротермического режима картофельного поля в условиях субаридной зоны с применением имитационной модели Borodychhev V.V., Buber A.A., Dobrachev Yu.P. Monitoring of the hydrothermal mode of the potato field in the conditions of the subarid zone with the use of the imitation model	397
СОДЕРЖАНИЕ/ABSTRACTS	410

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности и беспристрастности.

Содержание статьи должно соответствовать одной из следующих отраслей науки и групп специальностей:

Технические науки

- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Сельскохозяйственные науки

- 06.01.00 Агрономия
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

1. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи (в электронной и печатной формах) и передается на проверку оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).

2. Проверка **оригинальности** авторского текста, ссылки на использованные источники, степени заимствования осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (некорректные заимствования не допускаются).

3. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней с момента получения полного пакета документов статьи. Осуществляется рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала в течение 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения.

4. В журнале используются следующие модели рецензирования:

а) одностороннее слепое рецензирование (singl-blind reviewing): рецензент знает имя автора, но автор не знает имени рецензента;

б) двухстороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

При этом в каждом конкретном случае (с учетом возможности возникновения конфликтных ситуаций) модель рецензирования и количество рецензентов могут варьироваться.

5. Повторное рецензирование осуществляется после предоставления варианта статьи с устраненными замечаниями в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

6. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представленных данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для перевода на английский язык, который осуществляется в течение двух дней.

8. Редакция издания направляет авторам предоставленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса. Рукописи возврату не подлежат.

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакционно-издательский центр в печатном виде (на листах формата А4) с приложением электронной версии (в формате Word Windows), полностью совпадающим с бумажным вариантом. Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стилль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 14. Межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Количество строк на одной странице – 29±3, знаков в строке – 65±3. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация (строго 200-250 слов); ключевые слова.

В статье следует четко выделять следующие составные части:

1. Введение.
2. Материалы и методы.
3. Результаты.
4. Обсуждение.
5. Заключение.
6. Библиографический список.

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее 12-15 источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать *недобросовестного цитирования* (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), *некорректного цитирования* (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов); приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра (отдел, научное подразделение), ученое звание, направление исследования, контактные телефоны, почтовый и электронный адреса.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12 стр.**

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц.

Список литературы составляется в алфавитном пронумерованном порядке, он должен быть оформлен согласно ГОСТ 7.1 – 2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Требования и правила», ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» с указанием обязательных сведений библиографического описания.

RULES OF SUBMITTING, REVIEWING AND PUBLICATION OF SCIENTIFIC ARTICLES

The journal editorial board relies on the principles of scientificity, objectivity and impartiality.

The article content should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Engineering sciences

- 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

Agricultural sciences

- 06.01.00 Agronomy
- 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. The technical analysis of the manuscript is performed by the journal's responsible secretary, according to the requirements for the authors within three days after the submitting of the manuscript (in electronic and printed form) and the text is directed to the Center for Scientific Metric Analysis of International Indexing Systems for authenticity verification.

2. The author's text **authenticity** verification references to the sources used, the degree of borrowing is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The allowed volume of citations (correct borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (incorrect borrowing is not allowed).

3. The direction for the review is carried out by the deputy editor-in-chief after the technical analysis and the authenticity verification within three days after the receiving of the article full package of documents. The journal reviews all materials coming to the editorial board that are relevant to its subject matter, with the aim of their expert evaluation. The journal independent experts review the article within no more than 30 days after the manuscript submission. All reviewers are recognized experts in the subject matter of the reviewed materials and have publications on the subject of the article under review during the last 3 years. The reviews are kept in the publishing house and in the journal editorial office during 5 years. If there are substantial comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of the remarks that require elimination.

4. The following review methods are used in the journal:

A) One-sided blind reviewing (single-blind reviewing): the reviewer knows the author's name, but the author does not know the name of the reviewer;

B) Double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.

At the same time, in each case (taking into account conflict situations), the review method and the number of reviewers can vary.

5. Re-review is carried out after the article submission with the comments eliminated, within no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the reviewer comments, the question of its acceptance or rejection is decided at the meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Charter of the editorial board by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and the editorial board members opinions. When deciding on publication the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the paper.

7. If a decision to publish is made, within three days the article manuscript is sent to the professional translator for translation into English, which is carried out during two days.

8. The journal editors send to submitted materials copies authors the reviews or a reasoned rejection, and undertake to send copies of the reviews to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation upon receipt of the corresponding request to the editorial office. Manuscripts are not returned.

Requirements to the articles layout the article must comply with the Interstate and national standards of the Russian Federation for publishing.

The article is submitted to the editorial and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version (in Word Windows format), completely identical to the paper version. The article should have UDC (it can be defined on the site <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in the Microsoft WORD editor with the following settings: page margins at the top, at the bottom - 2.4 cm; on the left, on the right – 2.8 cm. The style is normal. Font is Times New Roman, font size - 14. Line spacing for text - 1.5, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The number of lines on one page is 29 ± 3 , characters per font is 65 ± 3 . The indentation should be the same in the text - 1.27 cm.

Figures, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning of tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, the article title, initials and surname of the author (authors), academic degree, title of author (s), abstract (strictly 200-250 words); keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article:

1. Introduction.
2. Materials and Methods.
3. Results.
4. Discussion.
5. Conclusions.
6. References.

Particular attention should be paid to *the completeness of the bibliographic list* (at least **12-15** sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid **unfair quoting** (unreasonable «winding up» of quotations, as well as self-citation), **incorrect citation** (unjustified content of the cited articles). *Citation should be maximum, but justified. Insufficient or excessive quoting reduces the rating of the journal.*

At the end of the article the date and the author (authors) signature are put; information about the author (authors) is given: place of work, faculty, department, (branch, scientific unit), academic title, research direction, contact phone numbers, postal and email addresses.

The recommended volume of the article (together with the translation of the annotation and the bibliographic list) is **10-12 pp.**

Bibliographic references to the list of literature should be designed in the text in square brackets according to the numerical order. In the case of a reference to an exact quote it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages separated by commas, for example.

The list of literature is compiled in alphabetical order; it must be issued in accordance with All-Union state standard 7.1 – 2003 «Bibliographic Record. Bibliographic Description. Requirements and Rules», All-Union state standard R 7.0.5. - 2008 «Bibliographic reference. General requirements and rules of compilation» with indication of mandatory information of the bibliographic description.