

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

№ 4 (52), 2018

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2018

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

№ 4 (52), 2018

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2018

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

ISSN 2071-9485

Выпуск № 4 (52), 2018

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

Issue № 4 (52), 2018

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 № 4 (52), 2018

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 международной информационной системе **Agricultural Research Information System (AGRIS)**
Входит в **Web of Science (RSCI)**.

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, проректор по научно-исследовательской работе Волгоградского ГАУ;
Фомин С.Д., кандидат технических наук, доцент, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского ГАУ, научный редактор.

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

Issue № 4 (52), 2018

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 magazine is indexed in the International Information System **Agricultural Research Information System (AGRIS)**
Included in the **Web of Science (RSCI)**.

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, Vice-Rector for Scientific Research of Volgograd State Agrarian University

Fomin S.D., Candidate of technical Sciences, Professor, head department scientometric analysis and international indexing systems Volgograd state agricultural university, science editor.

**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., проректор по научно-исследовательской работе Волгоградского ГАУ
<http://www.volgau.com/университет/органы-управления/ректорат>

Заместитель главного редактора – *Фомин С.Д.*, к.т.н., доцент, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, научный редактор, 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://pniiar.ru/rukovodstvo>
https://ru.wikipedia.org/wiki/Зволинский,_Вячеслав_Петрович

Кулик К.Н., **академик РАН**, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.fncagro.ru>
<http://www.cnsnb.ru/AKDIL/akad/base/RK/000534.shtm>
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/iimost/archeolog/employees/emp.php?id=000000818>

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

**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, Vice-Rector for Scientific Research of Volgograd State Agrarian University

Deputy editor-in-chief - *Fomin S.D.*, Candidate of Technical Sciences, associate professor, head of Center for Science and Analytical Analysis and International Indexing Systems, Scientific Editor, 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**,
директор Всероссийского НИИ орошаемого
земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

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

Рулев А.С., **академик РАН**, Волгоградский
государственный университет
[http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/
geography-and-kartography/employees/
emp.php?id=000000157](http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/geography-and-kartography/employees/emp.php?id=000000157)

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

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Ка-
пошварского 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](http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf)

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономи-
ческих наук, профессор экономики сельского
хозяйства и кооперативов, заведующий ка-
федрой экономики сельского хозяйства и рын-
ка Белградского университета, председатель
Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)
[http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-
files/miladin-sevarlic-eng.pdf](http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/miladin-sevarlic-eng.pdf)

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

Щедрин В.Н., **академик РАН**, доктор техни-
ческих наук, профессор, Российский научно-
исследовательский институт проблем мелио-
рации

Ятусевич А.И., **академик РАН**, доктор ветер-
инарных наук, ректор Витебской государ-
ственной академии ветеринарной медицины
(Беларусь)
[http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich-
anton-ivanovich/](http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich-anton-ivanovich/)

Melikhov V.V., **Corresponding Member of
the Russian Academy of Sciences**, Director
of the All-Russian Institute of Irrigated Agri-
culture

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

Rulev A.S., **Academician of the Russian
Academy of Sciences**, Volgograd State Uni-
versity

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

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

Shagovnovich Dragan A., Director of the In-
stitute of Economics, Belgrade (Serbia)

Shevarlich Miladin M., Doctor of Agricultural
Economics, Professor of Agricultural Eco-
nomics and Cooperatives, Head of the De-
partment 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 Aca-
demic Senate of the Czech Agricultural Uni-
versity in Prague (Czech Republic)

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

Yatusevich A.I., **Academician of RAS**, Doc-
tor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk
State Academy of Veterinary Medicine (Bela-
rus)

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

Borodychev 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, проректор по научно-исследовательской работе, 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., кандидат технических наук, доцент, 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, Vice-Rector for Scientific Research of 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., Candidate of Technical Sciences, associate professor, Volgograd State Agrarian University

06.01.04 Agrochemistry

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

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

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

06.01.05 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

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

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

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

06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

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

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

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

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

06.01.07 Защита растений

06.01.07 Plant Protection

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

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

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

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

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

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)

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

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

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 ГВМиБ

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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

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

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, проректор по научно-исследовательской работе, 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, Vice-Rector for Research and Development, 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., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Fomin S.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, 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 *******

№ 4 (52), 2018

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

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 4 (52), 2018**

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 21.12.2018. Формат 60x84^{1/8}

Усл. печ. л. 45,1. Тираж 1000 (первый завод 200). Заказ 368.

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

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 4 (52), 2018**

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 21.12.2018. Printing format 60x84^{1/8}

Conventional printed sheets 45,1. Circulation 1000 (initial print run 200). Order 368.

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 631.67

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-1

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ВОДНЫМ РЕЖИМОМ ПОЧВЫ НА ЛИМАНАХ
НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****TECHNOLOGICAL METHODS OF MANAGEMENT
OF THE WATER REGIME OF THE SOIL AT THE ESTUARIES
OF THE LOWER VOLGA REGION**

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

В.С. Бочарников, доктор технических наук, доцент

М.П. Мещеряков, кандидат технических наук, доцент

О.В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Е.Г. Мещерякова, старший преподаватель

A.S. Ovchinnikov, V.S. Bocharnikov, M.P. Meshcheryakov,

O.V. Bocharnikova, E.G. Meshcheryakova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Изложены материалы по повышению продуктивности естественных кормовых угодий лиманов Нижнего Поволжья на фоне общей интенсификации сельскохозяйственного производства. Исследования проводились на лиманах шести районов Волгоградского Заволжья. Установлено, что из 54,6 тыс. га этих угодий в улучшении нуждается 25,9 тыс. га, в том числе в проведении культуртехнических мероприятий – 2 тыс. га, подлежат коренному улучшению – 12,7 тыс. га и поверхностному – 11,2 тыс. га. В некоторых административных районах лиманы, требующие различных видов улучшений, составляют 70...80 % общей площади. В рассматриваемой зоне не было выявлено ни одного лимана, где бы хозяйствами полностью использовалась высокая потенциальная продуктивность луга. В ходе работы установлено, что управление водным режимом почв на ирригационно-освоенных лиманах достигается рациональным распределением поливной воды по площади луга с учётом потребности преобладающих сообществ трав каждого растительного пояса. Водопользование в целом следует направлять на сохранение продуктивного долголетия луга при ежегодном получении высоких урожаев. Расходование поливной воды при этом должно быть экономным.

The article presents the materials of increasing the productivity of natural forage lands of the lower Volga estuaries against the background of the General intensification of agricultural production. Studies were conducted on estuaries in six districts of the Volgograd region. It is found that out of 54.6 thousand hectares of these lands improvement needs 25.9 thousand ha, including in the conduct of kulturtechnik events – 2 hectares, are subject to radical improvement – 12.7 thousand hectares and surface – 11.2 thousand hectares. In certain administrative areas, estuaries, requiring various types of improvements, make up 70-80% of the total area. No estuaries were found in the area under consideration, where farms would fully use the high potential productivity of the meadow. In the course of the work, it was established that the water management of the soil on irrigation-developed estuaries is achieved by rational distribution of irrigation water over the meadow area, taking into account the needs of the prevailing grass communities of each vegetation belt. Water use as a whole should be directed to the preservation of productive longevity of the meadows with the annual production of high yields. Irrigation water consumption should be economical.

Ключевые слова: лиманы, водный режим лиманов, естественные кормовые угодья.

Key words: estuaries, water regime of estuaries, natural forage lands.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области по научному проекту №18-416-342001 р_мк «Восстановление природно-ресурсного потенциала земель лиманного орошения в Нижнем Поволжье для создания и развития кормовой базы»

Введение. В степных районах Поволжья, Северного Кавказа, Западной и Восточной Сибири с давних пор используют земли замкнутых понижений рельефа как высокопродуктивные естественные сенокосные и пастбищные угодья, а в отдельных случаях и для выращивания полевых сельскохозяйственных культур. Обусловлено это тем, что стекающие с прилегающей территории к блюдцеобразным понижениям паводковые и ливневые воды накапливались в них и, впитываясь, пополняли запасы почвенной влаги. Благодаря этому создавались такие условия водообеспечения растений, которые способствовали формированию сравнительно высокой урожайности даже при недостаточном естественном увлажнении в период вегетации. Понижения, накапливающие сток талых вод, получили название лиманов, а процесс создания дополнительных запасов почвенной влаги с помощью специальных сооружений, чаще всего земляных валов, – лиманное орошение [1, 6].

Для сохранения и реализации потенциала продуктивности ирригационно освоенных и природных луговых лиманов особое значение имеет выбор правильного режима орошения с чередованием норм затопления по годам. При применении системы водооборота с подачей оросительной воды один раз в 3...4 года промывными нормами создаются наиболее рациональные условия для использования ее (экономия до 40 %) и поддержания благоприятного эколого-мелиоративного состояния угодья в целом [4, 10, 9].

Цель нашего исследования – рассмотрение вопроса использования технологических приемов управления водным режимом на лиманах Нижнего Поволжья. Для выполнения поставленной цели были проделаны работы по изучению современного состояния фактического агро-мелиоративного состояния земель лиманного орошения и разработаны мероприятия по управлению водным режимом почвы. Разработанный комплекс эксплуатационных агротехнических и водно-мелиоративных мероприятий направлен на поддержание устойчивой высокой урожайности лиманных лугов и получение наиболее высококачественных кормов. Ценные злаковые лиманные травы не переносят ни заболачивания, ни длительного иссушения, поэтому регулирование водного режима с использованием инженерных сооружений служит важнейшим условием эксплуатации лиманов.

Материалы и методы. Экспериментальная часть исследований была проведена путем инвентаризации с геоботаническим обследованием имеющихся систем лиманного орошения с определением реальных площадей, на которых можно без капитального ремонта выращивать луговые травы и сельскохозяйственные культуры. Для восстановления и расширения площади лиманного орошения нужна долговременная федеральная программа развития этого вида мелиораций с определением сроков и объемов работ по регионам, использованием на эти цели средств федерального и местного бюджетов, а также собственных средств землепользователей и землевладельцев.

При планировании работ по реконструкции лиманов в целях оптимизации затопления, снижения негативного влияния на почву, грунтовые воды и окружающую среду, где это возможно, рационально переходить от восстановления глубоководных к созданию на их базе многоярусных лиманов с мелким слоем затопления по методике академика Б.Б. Шумакова [5, 8].

Продолжительность стояния равного первоначального слоя воды может быть в одном случае недостаточной, в другом – избыточной, так как почвенные грунты лиманов обладают различной водопроницаемостью. Поэтому расчётные нормы подачи воды нами контролировались полевым методом конкретно для каждого лимана: по водомерной рейке, установленной на лимане (ярусе или крупном чеке), отсчётами через равные промежутки времени, с помощью которых мы определяли среднесуточную скорость сработки слоя воды:

$$V = H/n, \quad (1)$$

где V – среднесуточная скорость сработки, мм/сутки; H – высота начального слоя воды, мм; n – количество суток.

Зная среднесуточную скорость сработки слоя воды и оптимальную продолжительность стояния вод для преобладающих на лимане или его обвалованном участке видов растений, по формуле определили оросительную норму:

$$N_{\text{ор}} = n - V - 100, \quad (2)$$

где $N_{\text{ор}}$ – оросительная норма, м³/га; n – продолжительность стояния слоя воды, суток; V – скорость сработки слоя, мм/сутки.

Определив оросительную норму и площадь лимана (яруса, чека), установили объём подаваемой воды по формуле:

$$W = N - S, \quad (3)$$

где W – объём подачи воды, м³; N – средняя оросительная норма для лимана, м³/га; S – площадь лимана, га.

В ходе работы, учитывая расход воды на впитывание в процессе наполнения лимана, фактическая норма подачи воды была увеличена на 15 %. В результате реализации этой практики при эксплуатации лиманов Волгоградской области установлено, что этим методом можно назначать нормы затопления на замкнутых лиманах, лишенных возможности сброса застойных вод. Целесообразно применение этого метода в хозяйствах, где имеется ряд степных лиманов, подстилаемых различными по гранулометрическому составу грунтами: глинами, суглинками или супесями.

Результаты и обсуждение. В ходе натурного обследования нами более детально были изучены лиманы на надпойменной террасе реки Волги Волгоградской области.

В ходе работы было установлено, что управление водным режимом почв на ирригационно-освоенных лиманах достигается рациональным распределением поливной воды по площади луга с учётом потребности преобладающих сообществ трав каждого растительного пояса. Водопользование в целом следует направлять на сохранение продуктивного долголетия луга при ежегодном получении высоких урожаев. Расходование поливной воды при этом должно быть экономным.

Режим затопления определяется с учётом мелиоративного состояния лиманов. В таблицах 1 и 2 приведена классификация лиманов по типам водного режима и ориентировка по мелиоративным мотивам выбора средств стабилизации уровня почвенного плодородия на фоне оптимизации водного режима (по данным В.Ф. Мамина) [2, 7, 3].

На лугах с жизнеспособными продуктивными мятликовыми травостоями, сформированными на лиманах с лёгкими водопроницаемыми грунтами и при глубоком залегании грунтовых вод, можно проводить ежегодное весеннее затопление.

На лиманах заболоченных или легко подвергающихся заболачиванию (из-за низкой водопроницаемости подстилающих пород или близкого залегания грунтовых вод) чередуют затопление с введением восстановительного (осушительного) периода, назначение которого – предотвращение процессов дальнейшего заболачивания луга.

Таблица 1 – Классификация природных лиманов Нижнего Поволжья по характеру водного режима почвогрунтов (по Мамину В.Ф.)

Типы лиманов	Подтипы по характеру подстилающих пород	Влияние на гидрогеологическую обстановку	Мелиоративный режим почвогрунтов
Непромывной	1. Подстилаются мощными (10... 15 м) пластами водо-непроницаемых хвалыных шоколадных глин монолитного сложения.	Глубина залегания грунтовых вод более 10 м. Зона активного водообмена почвогрунтов не более 2 м. Прямая гидравлическая связь поверхностных и грунтовых вод отсутствует. Питание грунтовых вод не происходит.	Солевые массы мигрируют сезонно в слое почвы 2,0 м. Солевой режим устойчиво-безопасный.
	2. Подстилаются переслаивающимися глинами, суглинками и супесями.	Глубина залегания грунтовых вод более 10 м. Активный водообмен в зоне аэрации почвогрунтов до 5 м. Прямая гидравлическая связь поверхностных и грунтовых вод отсутствует.	Солевые массы мигрируют сезонно по профилю почво-грунтов 5 м. Солевой режим устойчиво-безопасный.
	3. Подстилаются пластами или локальными линзами шоколадных глин средней мощности (2...3 м) в условиях близкого залегания грунтовых вод.	Грунтовые воды залегают на глубине 2...3 м. Их прямая связь с поверхностными водами наблюдается в годы обильного стока (или водопада) в местах выклинивания пласта глин.	Ограниченный вынос солевых масс в зону насыщения. Солевой режим устойчиво-благоприятный в естественных условиях и неустойчиво-благоприятный в условиях орошения.
Периодически промывной (периодически инфильтрационный)	4. Подстилаются суглинками и супесями.	Глубина залегания грунтовых вод 4...6 м. Питание грунтовых вод происходит при значительном объеме стока или водопада в лиман.	Постоянная промывка почвогрунтов зоны аэрации. Солевой режим устойчиво-благоприятный.
	5. Подстилаются суглинками и супесями в условиях близкого залегания грунтовых вод.	а) Бессточные грунтовые воды (бассейн) залегают на глубине 3...5 м. Гидравлическая связь с поверхностными водами происходит в годы обильного и среднего стока (или водопада); б) Слабо отточные грунтовые воды (поток) залегают на глубине 3...5 м. Питание их осуществляется также в годы обильного или среднего стока (или водопада).	Выщелачивание водно-растворимых солей со всей зоны аэрации и накопление их в зоне насыщения. Солевой режим неустойчиво-благоприятный. Выщелачивание водно-растворимых солей со всей зоны аэрации с выносом солевых масс в грунтовой поток. Солевой режим устойчиво-благоприятный.
	6. Подстилаются малоомощными пластами монолитных или переложных шоколадных глин. Пласты часто переслаиваются легкими суглинками и могут выклиниваться в пределах контура лиманов.	Грунтовые воды залегают на глубине 2 м. Имеют слабую напорность (градиент напора до 1 м). Гравитационные (весной) и капиллярные (летом) токи воды свойственны местам выклинивания пластов шоколадных глин.	Сезонная миграция солевых масс в зоне аэрации: весной – рассоление, летом – засоление. Этим лиманам свойственно засоление периферийных зон. Солевой режим неблагоприятный. Интенсивное капиллярное поднятие солевых масс происходит при подъеме уровня грунтовых вод до 1,5...2,0 м.
Выпотной (испарительный)	7. Подстилаются суглинками.	Безнапорные грунтовые воды залегают на глубине 2...3 м.	Прогрессирующее засоление. Солевой режим устойчиво-неблагоприятный.
	8. Подстилаются шоколадными глинами в условиях близкого залегания грунтовых вод. 9. Подстилаются суглинками.	Грунтовые воды залегают на глубине 1,0...1,5 м. Им свойственна безотточность, напорность (градиент напора до 1,4 м) и высокая минерализация (до 50 г/л). Безоточные, высокоминерализованные грунтовые воды залегают на глубине до 1 м.	

Таблица 2 – Типы лиманов и средств обеспечения стабилизации их эколого-мелиоративного состояния (по Мамину В.Ф.)

Типы лиманов	Подтипы лиманов	Характер поёмности. Направление трансформации почв и растительного покрова при увеличении водной нагрузки	Инженерное обустройство лимана распорядок водопользования	Агромелиоративные приёмы
Непромывной	1	Долгопоёмность. Гигрофитизация. Заболачивание «сверху». Развитие процессов оглеения почв.	Системы инженерного типа с автономной подачей воды на все участки лимана (чеки, секции). При освоении заболоченного лимана - чередование норм затопления по годам.	Систематическая аэрация корнеобитаемого слоя почв его разуплотнением. Органические и минеральные удобрения.
	2	Средне- и краткопоёмность. Мезофитизация, мезогигрофитизация. Формирование луговых болотных почв.	Системы инженерного и полунинженерного типа водораспределения. Ежегодные затопления расчётными нормами.	
	3	Долгопоёмность. Гигрофитизация. Заболачивание «снизу».	Аналогично первому подтипу непромывных лиманов.	Скарификация дернины, удаление мохового покрова.
Периодически промывной	4	Средне- и краткопоёмность. Инерционность трансформаций растительности.	Аналогично второму подтипу непромывных лиманов.	Минеральные удобрения по данным диагностики почвенного богатства.
Промывной	5	Среднепоёмность или краткопоёмность. Рассоление, осолонение почв.	Системы инженерного типа для глубоководных и полунинженерного типа для мелководных лиманов.	Регулярное внесение минеральных удобрений в расчётных дозах.
Периодически выпотной	6	Долгопоёмность. Галоигро-фитизация на фоне осолончакования почв	Системы инженерного типа. Целесообразен дренаж. Чередование норм затопления по годам в зависимости от уровня грунтовых вод.	Культуртехнические работы. Уничтожение растительных кочек. Внесение полного минерального удобрения под фрезерную обработку.
	7	Среднепоёмность с переходом к долгопоёмности при повышении уровня грунтовых вод. Перманентный процесс засоления – рассоления.	Системы инженерного типа. Дренаж. Сокращение объёмов инфильтрационных вод на сопредельных орошаемых землях. Ежегодное затопление в целях промывки почвогрунтов, создания пресных линз грунтовых вод.	
Выпотной	8	Долгопоёмность. Галофитизация. Засоление «сверху» за счёт смыва солей с периферийных поясов интенсивного выпота (солончаки).	Эксплуатация возможна только на фоне глубокой рассолительной мелиорации. Ежегодное затопление в целях промывки и создания противодавления восходящим токам насыщенных солями грунтовых вод	Агромелиоративные приёмы, направленные на повышение плодородия почв не могут быть эффективными без инженерного дренажа.
	9	Отсутствие фактора поёмности (без затопления). Ксерогалофитизация. Засоление почвы «снизу», развитие солончаков.	Хозяйственного значения не имеют. Затопление не целесообразно. Использование в качестве сборников (резервуаров) сбросных и дренажных вод.	

При расчётах норм затопления следует учитывать, что основной корнеобитаемый слой на луговых лиманах находится в пределах 0,5...0,6 м. Запасы влаги из него быстро расходуются, поэтому важно рассчитать продолжительность стояния слоя воды (длительность затопления).

Этот показатель в период роста трав играет важную роль в формировании будущего урожая.

При расчёте норм затопления следует также в обязательном порядке учитывать биологические особенности основных видов мятликовых трав, особенно пырея ползучего и лисохвоста лугового. Необходимая продолжительность стояния воды после наполнения лимана исчисляется с начала отрастания трав. Промежуток времени в сутках от начала отрастания мятликовых до полного схода (сработки слоя) воды с поверхности следует считать продолжительностью стояния слоя воды (вегетационного периода затопления).

При определении сроков затопления (наполнения лимана оросительной водой) ориентируются как на организационные моменты возможности подачи воды, так и на запасы продуктивной влаги в почве. Слишком раннее затопление (первая половина марта) приводит к непроизводительным затратам воды, так как до начала роста растения в воде не нуждаются. Кроме того, в засушливые весенние годы при раннем затоплении сработка слоя воды может произойти в период активной вегетации трав (в фазе трубкования). При этом запасы продуктивной влаги исчерпываются до фазы колошения злаков, что приводит к недобору урожая на 30...40 %.

Календарные сроки подачи воды на лиманах могут в значительной степени меняться в зависимости от погодных условий весны, от сроков снеготаяния. Исключая раннее затопление, его не следует проводить позже второй декады апреля (в фазу отрастания мятликовых).

На лиманах, где проводятся процессы заболачивания, а в травостое преобладают водолюбивые растения, следует использовать заниженные нормы затопления в ближайшие 2...3 года. Следует учитывать, что объем воды при этом должен обеспечивать полный ее сход с поверхности до конца 2 декады апреля. На заболоченных инженерных ярусах и чеках для угнетения осок и водолюбивого разнотравья вводят восстановительный период, поэтому затопление проводить не следует.

Многолетними исследованиями установлено, что урожайность трав на лиманах определяют не сроки их наполнения (затопления), а сроки сработки слоя воды с поверхности луга.

На ярусированных лиманах при выборе площадей под полив следует отдавать предпочтение верхним ярусам, из которых в случае необходимости воду можно сбросить в нижние.

При планировании весеннего полива проводят ряд подготовительных работ, которые включают три группы операций:

Первая группа – расчистка лугов, подвергаемых затоплению;

Вторая – приведение в порядок гидротехнических сооружений на оросительной системе лимана;

Третья – планирование объема производства корма на лугах.

Заключение. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что настала острая необходимость в проведении инвентаризации лиманов с определением их продуктивного бонитета, степени деградации и реалий восстановления.

Считаем, что при сверххранних затоплениях (февраль – март) даже завышенными нормами (4,0...4,5 тыс. м³/га на ярусах глубокого затопления) созданный слой воды может срабатываться уже в апреле, то есть к маю лиман будет «сухим». А активная вегетация трав, накопление их массы происходят именно в мае, и на этот отрезок времени они не

должны испытывать дефицита влаги. То есть раннее затопление, при котором вода расходуется только на инфильтрацию и испарение, неэффективно. Применение данного метода для интенсивного роста и развития трав, влажность почвы в мае и июне, до фазы цветения пырея и бекмании, должна быть на уровне 100...80 % от НВ. Это достигается только в том случае, если слой воды срабатывается в середине мая, в фазу колошения этих видов трав. Оптимальная длительность затопления лиманных злаковников 30...40 дней, отсюда и должен вестись расчёт сроков и норм полива, основой которого служит показатель среднесуточной интенсивности сработки слоя воды. В осреднённом значении она составляет 5...7 мм/сутки. Из этого следует, что слой воды в 0,3 м (необходимая для злаковников норма затопления в 3000 м³/га) необходимо создавать в начале апреля.

Библиографический список

1. Бочарников, В.С. Водосберегающие технологии полива томатов и сладкого перца в условиях Волго-Ахтубинской поймы [Текст]/ В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова //Роль мелиорации и водного хозяйства в инновационном развитии АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения основоположника высшего гидротехнического и мелиоративного образования в России В.В. Подарева /ФГОУ ВПО МГУП. – М., 2012. – С. 103-108.
2. Бочарников, В.С. Задачи повышения технической надежности систем капельного и внутрипочвенного орошения [Текст]/ В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков //Проблемы и перспективы аграрной науки в России (посвящается 135-летию А.И. Стебута): сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции / НИИ сельского хозяйства Юго-Востока РАСХН. – Саратов, 2012. – С. 308-311.
3. Интенсивные технологии полива овощей [Текст] / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков и др. //Сельский механизатор. – 2014. – №9. – С. 18-19.
4. Кружилин, И. П. Эффективность подпитывания лиманов и крупночекового орошения в Нижнем Поволжье [Текст]/ И.П. Кружилин, В. М. Иванов //Лиманное орошение: сб. науч. тр. /ВАСХНИЛ. – М., 1984. – С. 33.
5. Мелиорация природных луговых лиманов Прикаспийской низменности [Текст]: рекомендации / В.Ф. Мамин [и др.]. – М., Россельхозиздат, 1985. – 26 с.
6. Методические рекомендации по организации и ведению мониторинга луговых лиманов [Текст] / В.Ф. Мамин [и др.]. – М., 2001. – 30 с.
7. Мещеряков, М.П. Оценка технической эксплуатации оросительной системы [Текст]/ М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников // Научно-производственное обеспечение инновационных процессов в орошаемом земледелии Северного Прикаспия: межрегиональная научно-практическая конференция. – М., 2013. – С. 135-137.
8. Мещеряков, М.П. Инновационные решения в системах капельного орошения [Текст]/М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей. В 3 кн.:VIII Международная научно-практическая конференция, посвящённая 70-летию Алтайского ГАУ / АГАУ. – Барнаул, 2013. – Кн. 2. – С. 142-144.
9. Мещеряков, М.П. Эксплуатация передовых систем орошения при возделывании овощных культур [Текст]/М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников //Пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях аридного земледелия: материалы Международной научно-практической конференции / Прикаспийский НИИ аридного земледелия. – М.: Изд-во Вестник РАСХН, 2012. – С. 84-87.
10. Практические указания по мелиорации естественных лиманов Нижнего Поволжья [Текст] / В. Ф. Мамин [и др.]. – Волгоград, 1978. – 19 с.

Reference

1. Bocharnikov, V. S. Vodosberegayuschie tehnologii poliva tomatov i sladkogo perca v usloviyah Volgo-Ahtubinskoj pojmy [Tekst]/ V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov, O. V. Bocharnikova //Rol' melioracii i vodnogo hozyajstva v innovacionnom razvitii APK: materialy Mezhduнародной nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika vysshego gidrotehnicheskogo i meliorativnogo obrazovaniya v Rossii V. V. Podareva /FGOU VPO MGUP. - M., 2012. - P. 103-108.

2. Bocharnikov, V. S. Zadachi povysheniya tehnikeskoy nadezhnosti sistem kapel'nogo i vnutripochvennogo orosheniya [Tekst]/ V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov //Problemy i perspektivy agrarnoy nauki v Rossii (posvyaschaetsya 135-letiyu A. I. Stebuta): sbornik dokladov Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii / NII sel'skogo hozyajstva Yugo-Vostoka RASXN. - Saratov, 2012. - P. 308-311.

3. Intensivnye tehnologii poliva ovoschej [Tekst] / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov i dr. //Sel'skij mehanizator. - 2014. - №9. - P. 18-19.

4. Kruzhilin, I. P. Jefferktivnost' podpityvaniya limanov i krupnochekovogo orosheniya v Nizhnem Povolzh'e [Tekst]/ I. P. Kruzhilin, V. M. Ivanov //Limannoe oroshenie: sb. nauch. tr. /VASXNIL. - M., 1984. - P. 33.

5. Melioraciya prirodnyh lugovyh limanov Prikaspijskoj nizmennosti [Tekst]: rekomendacii / V. F. Mamin [i dr.]. - M., Rossel'hozizdat, 1985. - 26 p.

6. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i vedeniyu monitoringa lugovyh limanov [Tekst] / V. F. Mamin [i dr.]. - M., 2001. - 30 p.

7. Mescheryakov, M. P. Ocenka tehnikeskoy jekspluatcii orositel'noj sistemy [Tekst]/ M. P. Mescheryakov, V. S. Bocharnikov // Nauchno-proizvodstvennoe obespechenie innovacionnyh processov v oroshaemom zemledelii Severnogo Prikaspiya: mezhregional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya. - M., 2013. - P. 135-137.

8. Mescheryakov, M. P. Innovacionnye resheniya v sistemah kapel'nogo orosheniya [Tekst]/M. P. Mescheryakov, V. S. Bocharnikov // Agrarnaya nauka - sel'skomu hozyajstvu: sbornik statej. V 3 kn.:VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyaschjonnaya 70-letiyu Altajskogo GAU / AGAU. - Barnaul, 2013. - Kn. 2. - P. 142-144.

9. Mescheryakov, M. P. Jekspluatciya peredovyh sistem orosheniya pri vzdelyvanii ovoschnyh kul'tur [Tekst]/M. P. Mescheryakov, V. S. Bocharnikov //Puti povysheniya produktivnosti oroshaemyh agrolandshaftov v usloviyah aridnogo zemledeliya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Prikaspijskij NII aridnogo zemledeliya. - M.: Izd-vo Vestnik RASXN, 2012. - P. 84-87.

10. Prakticheskie ukazaniya po melioracii estestvennyh limanov Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / V. F. Mamin [i dr.]. - Volgograd, 1978. - 19 p.

E-mail: makc-sln@yandex.ru

УДК 631.67:635.21

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-2

ОТЗЫВЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

THE RESPONSIVENESS OF DIFFERENT POTATO VARIETIES ON THE WATER REGIME OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE LOWER VOLGA REGION

Н.Н. Дубенок¹, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Д.А. Болотин^{1,2}, аспирант

С.Д. Фомин³, кандидат технических наук, доцент

А.Г. Болотин², кандидат сельскохозяйственных наук

N.N. Dubenok¹, D.A. Bolotin^{1,2}, S.D. Fomin³, A.G. Bolotin²

¹ Российский ГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

² ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград

³ Волгоградский государственный аграрный университет

¹ Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow

² All-Russian scientific-research institute of irrigated agriculture, Volgograd

³ Volgograd State Agrarian University

Представлены результаты комплексных экспериментальных исследований водного режима светло-каштановых почв при выращивании семенного картофеля в засушливых условиях Нижнего Поволжья, которое осуществлялось за счет оптимизации различных режимов капельного орошения

и адаптации новых перспективных сортов отечественной селекции в сравнении с зарубежной. Приводятся закономерности режимов орошения, обеспечивающих оптимальную влажность почвы в различные по увлажненности годы. Количество поливов, обеспечивающих необходимый водный режим почвы в посадках картофеля, в среднеувлажненные годы изменялось в пределах 9...16, а в сухие – 12...21. Оросительная норма картофеля в сухие годы составляла 2620...3040 м³/га, а в средне-многолетние – 1990...2340 м³/га. Водопотребление картофеля в эти годы составляло 3001...3720 м³/га и изменялось в течение вегетации по зависимости, описываемой параболическим уравнением, а его взаимосвязь с урожайностью клубней картофеля – уравнением прямолинейной регрессии.

The results of complex experimental studies of the water regime of light chestnut soils in the cultivation of seed potatoes in arid conditions of the Lower Volga region, which was carried out by optimizing the various modes of drip irrigation and adaptation of new promising varieties of domestic selection in comparison with foreign. The regularities of irrigation regimes providing optimal soil moisture in different moisture years are given. The number of irrigation, providing the necessary water regime of the soil in potato planting, in the middle wet years, varied within 9 – 16, and in dry years- 12-21. Irrigation norm of potatoes in dry years was 2620-3040 m³/ha and mean annual – 1990-2340 m³/ha. Water consumption of potatoes in these years was 3001-3720 m³/ha and changed during the growing season according to the dependence described by the parabolic equation, and its relationship with the yield of potato tubers – the equation of rectilinear regression.

Ключевые слова: водный режим почвы, картофель, сорта картофеля, водопотребление картофеля, урожайность картофеля.

Key words: water regime of soil, potato, potato varieties, water consumption of potato, yield of potato.

Введение. В Российской Федерации картофель, наряду с хлебом, традиционно относится к основным продуктам питания. Выращивается он во всех Федеральных округах, в том числе и в Южном – на Нижней Волге. Основные площади под картофелем сосредоточены в средней и умеренной по климатическим условиям зонах, где за период вегетации атмосферные осадки изменяются в пределах 200...350 мм. Однако посевные площади картофеля с 1990 года по настоящее время сократились в 1,7 раза и составляют 1,9 млн га. Причем за последние пять лет они уменьшились на 332 тыс. га, в том числе в сельскохозяйственных предприятиях на 61 тыс. га или 35,7 %, крестьянско-фермерских хозяйствах – на 32 тыс. га или 24,8 % и хозяйствах населения – на 239 тыс. га или 14,9 %. Причиной столь значительного сокращения посевных площадей, вследствие низкого качества посадочного материала, послужила неконкурентоспособная урожайность, которая изменялась в эти годы от 14,5 до 15,9 т/га, что в 2,8...3,0 раза меньше, чем в развитых странах. И это при том, что около 80 % всех площадей было занято семенным материалом зарубежной селекции. Поэтому картофелеводство, которое является важнейшей отраслью сельскохозяйственного производства в России, признано в ФНТП развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. одним из приоритетных его направлений. Согласно этому документу, к 2026 году должно быть обеспечено импортозамещение сортов и семенного материала картофеля на российском рынке [2, 6].

Цель настоящих исследований – разработка водных режимов почвы, обеспечивающих высокое качество посадочного материала и максимальный выход клубней семенных фракций различных сортов картофеля.

Материалы и методы. Двухфакторные полевые опыты проводились на светлосланцевых почвах Волго-Донского стационара ФГБНУ ВНИИОЗ в течение 2015...2017 гг. Агрохимические свойства почвы характеризуются низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором (35 мг/кг) и обменным калием (277 мг/кг). Содержание гумуса в пахотном слое составляет 1,82 %.

Водный режим почвы (фактор А) включает четыре варианта: первый – складывается проведением вегетационных поливов при предполивной влажности 80 % НВ в слое 0,6 м; второй – при 80 % НВ в слое 0,4 м; третий – при 80 % НВ в слое 0,4 м от посадки по бутонизацию, а в остальной период вегетации 0,6 м; четвертый – без орошения (контроль). Фактор В (сортовой состав) включает пять сортов картофеля как отечественной, так и зарубежной селекции: Роко, Иван-да-Марья, Невский, Голубизна и Журавинка.

Полевые эксперименты проводились с использованием общепринятых методик на общем фоне минерального питания при внесении удобрений $N_{190}P_{80}K_{180}$, рассчитанных на получение 40 тонн клубней картофеля с гектара [3, 7, 8]. Поливы картофеля осуществлялись с использованием системы капельного орошения [1]. Агротехника в полевых опытах по картофелю базировалась на существующих в настоящее время элементах голландской и заворовской технологий, а также рекомендаций ФГБНУ ВНИИОЗ и других НИУ региона [4, 5, 9, 10].

Результаты и обсуждение. Территория проведения полевого эксперимента по условиям влаго-, теплообеспеченности вегетационного периода картофеля в годы проведения исследований относится к сухой зоне обязательного орошения, так как гидротермический коэффициент изменялся в пределах 0,17...0,49, а в среднем составил 0,28. По условиям увлажненности вегетационного периода атмосферными осадками, годы исследований характеризуются следующим образом: 2015 г. – среднесухой, 2016 г. – среднесухой, 2017 г. – сухой.

Таблица 1 – Показатели водного баланса летних посадок картофеля

Вариант водного режима почвы	Год	Приходные статьи водного баланса				Расход влаги на испарение и транспирацию, м³/га
		Оросительная вода		Атмосферные осадки, м³/га	Запасы почвенной влаги, м³/га	
		Кол-во поливов	Оросительная норма, м³/га			
80 % НВ, h=0,6 м	2015	11	2410	372	596	3378
	2016	9	1990	701	310	3001
	2017	12	2620	143	583	3346
	среднее	10,7	2340	405	497	3242
80 % НВ, h=0,4 м	2015	19	2760	372	510	3642
	2016	16	2340	701	274	3315
	2017	21	3040	143	513	3720
	среднее	18,7	2713	405	410	3559
80 % НВ, h=0,4 – 0,6 м	2015	10/5	2550	372	518	3440
	2016	5/6	2060	701	348	3109
	2017	9/7	2830	143	554	3527
	среднее	8/6	2480	405	474	3359
Без орошения (контроль)	2015	-	-	222	1090	1312
	2016	-	-	414	1248	1662
	2017	-	-	41	1132	1173
	среднее	-	-	226	1156	1382

Расход влаги посадками картофеля в этих условиях на физическое испарение и транспирацию растениями в варианте без орошения по годам исследований изменялся от 1173 до 1662 м³/га. В вариантах с режимами орошения общий расход влаги увеличился до 3001...3720 м³/га, в том числе в варианте 80 % НВ в слое h=0,6 м – от 3001 до 3378 м³/га, в варианте 80 % НВ в слое 0,4 м – от 3315 до 3720 м³/га и в варианте 80 % НВ в слое h=0,4 и 0,6 м – от 3109 до 3527 м³/га (таблица 1).

При этом максимальный расход влаги во время посадки картофеля в варианте без орошения отмечен в средний по увлажнению атмосферными осадками год, а в вариантах с орошением – в сухой год.

Основным приходным элементом водного баланса посадок картофеля в засушливых условиях Нижнего Поволжья, на 66,3...81,7 % покрывающим общий расход влаги, является оросительная вода. Первый полив картофеля нормой 100 м³/га проводится вслед за посадкой, так как влажность почвы в слое 0,0...0,1 м, вследствие высокой среднесуточной температуры воздуха, 23,6...27,5 °С по годам исследований изменялась от 64,3 до 66,4 % НВ. В то же время сформированные за счет осенне-зимних и весенних атмосферных осадков запасы почвенной влаги в расчетных слоях почвы на дату посадки картофеля по годам исследований (20 июня и 18 июня) на 2,8...10,6 % НВ превышали показатель предполивного порога. В дальнейшем водный режим почвы в варианте 80 % НВ в слое 0,6 м по годам исследований поддерживался проведением 9...12 поливов нормой 210 м³/га каждый, а оросительная норма изменялась от 1990 до 2620 м³/га. При уменьшении увлажняемого слоя до 0,4 м влажность почвы на уровне 80...100 % НВ обеспечивалась проведением 16...21 поливов нормой 140 м³/га каждый. При этом оросительная норма изменялась от 2340 до 3040 м³/га. В варианте с дифференциацией расчетного слоя увлажнения почвы в течение вегетации 0,4 и 0,6 м водный режим поддерживался проведением 5...10 поливов нормой 140 м³/га и 5...7 – нормой 240 м³/га каждый, а оросительная норма картофеля по годам изменялась от 2060 до 2830 м³/га.

В варианте без орошения общий расход влаги посадками картофеля на 75,1...96,5 % покрывается за счет почвенных запасов, а в вариантах с орошением их доля составляет 8,2...17,7 %. Доля атмосферных осадков в общем расходе влаги картофелем как в вариантах с орошением, так и без орошения примерно одинаковая и изменяется от 4,0 до 23,4 % и от 3,5 до 24,9 % соответственно.

На величину потребления воды растениями в процессе формирования урожая картофеля определяющее влияние оказывают водный режим почвы и фенологические периоды роста и развития (таблица 2, рисунок 1).

Таблица 2 – Расход влаги посадками картофеля по периодам роста и развития, м³/га

Варианты водного режима почвы	Год	Периоды роста и развития картофеля				
		Прорастание	Рост листьев и стеблей	Бутонизация	Цветение	Созревание
80%НВ, h=0,6м	2015	313	840	478	1057	690
	2016	285	758	496	794	668
	2017	290	811	470	1008	767
	Среднее	296	803	481	953	708
80%НВ, h=0,4м	2015	313	852	502	1178	797
	2016	292	787	530	902	804
	2017	303	881	525	1128	883
	Среднее	303	840	519	1069	828
80%НВ, h=0,4 – 0,6м	2015	313	852	502	1078	695
	2016	292	787	530	816	684
	2017	303	881	525	1048	770
	Среднее	303	840	519	981	716

В варианте с предполивным порогом 80 % НВ в слое 0,4 м расходуется наибольшее количество воды как в целом за вегетацию, так и по периодам роста и развития растений картофеля, а наименьшее – в варианте с предполивным порогом 80 %

НВ в слое 0,6 м. В период цветения картофель потребляет максимальное количество воды, которое изменяется в пределах 794...1178 м³/га, а в среднем за три года – от 953,0 до 1069,3 м³/га или 29,3...30,0 % от суммарного водопотребления. В период «посадка – всходы» картофель расходует минимальное количество воды в пределах 285...313 м³/га, а в среднем 296...302,7 м³/га, что составляет 8,5...9,1 % общей потребности картофеля в воде. В период от посадки до бутонизации растений картофель расходует влагу в пределах 1099...1143 м³/га или 32,1...34,0 % суммарного расхода. С началом образования клубней и до созревания картофеля потребность во влаге увеличивается до 2142,6...2416,3 м³/га, что составляет 66,0...67,9 % общей потребности растений в воде.

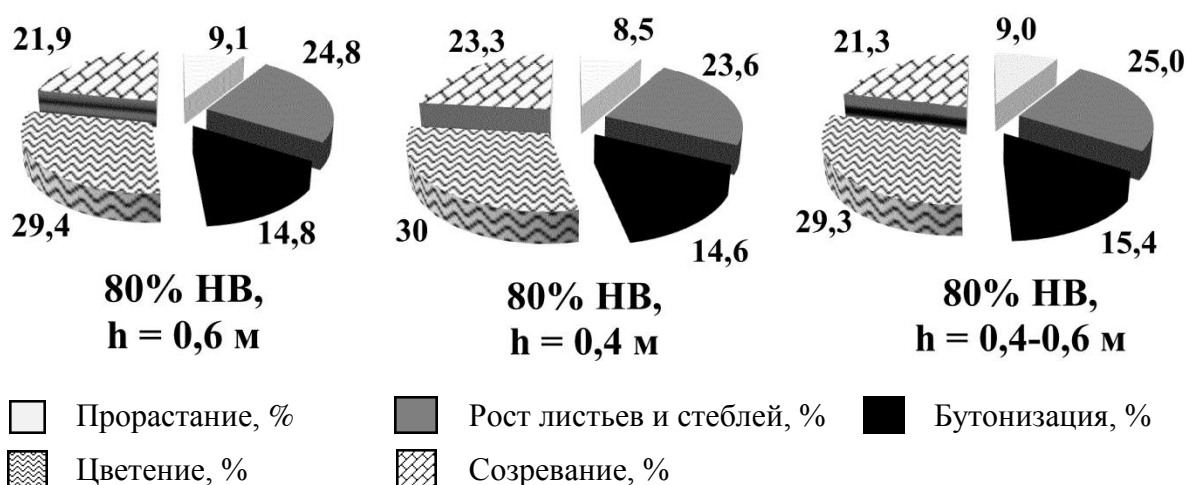


Рисунок 1 – Структура расхода влаги картофелем по периодам роста и развития (средняя за 2015-2017 гг.)

Максимальная урожайность картофеля в наших опытах получена в варианте 80 % НВ в слое почвы 0,4 м и по годам исследований в зависимости от изучаемых сортов изменялась от 34,88 до 46,03 т/га, составив в среднем за три года 36,23...43,10 т/га. Увеличение расчетного слоя увлажнения почвы до 0,6 м сопровождалось существенным снижением урожайности клубней картофеля до 28,62...37,92 т/га, а в среднем за три года – до 30,63...36,07 т/га. В варианте 80 % НВ в слое почвы 0,4 и 0,6 м урожайность клубней картофеля была выше, чем в варианте 80 % НВ в слое 0,6 м, но ниже, чем в варианте 80 % НВ в слое почвы 0,4 м, и в среднем за три года исследований изменялась от 33,05 до 40,39 т/га. Минимальная урожайность клубней картофеля получена в варианте без орошения, которая в зависимости от сортов изменялась по годам от 1,72 до 7,56 т/га.

Из изучаемых сортов картофеля наибольшей продуктивностью и существенной прибавкой характеризуется сорт Журавинка. Урожайность клубней данного сорта в зависимости от водных режимов почвы изменялась в исследованиях от 34,86 до 46,03 т/га, а в среднем – от 36,07 до 43,10 т/га. Прибавка урожайности клубней между сортами Голубизна и Роко незначительная, но по отношению к сортам Иван-да-Марья и Невский характеризуется достоверно. Так, урожайность клубней сорта Голубизна по годам изменялась от 31,33 до 42,26 т/га, а сорта Роко – от 31,68 до 43,63 т/га. Урожайность клубней картофеля по сортам Иван-да-Марья и Невский изменялась в пределах 29,46-37,44 и 28,62...38,68 т/га соответственно. В варианте без орошения прибавка урожайности клубней картофеля между всеми сортами незначительная, так как последние не проявили своих потенциальных возможностей.

Анализ полученных результатов свидетельствует о наличии взаимосвязи между суммарным расходом влаги и урожайностью картофеля. Так, с увеличением суммарного водопотребления картофеля от 1173 до 3720 м³/га урожайность клубней повышается от 1,72 до 46,03 т/га (рисунок 2).

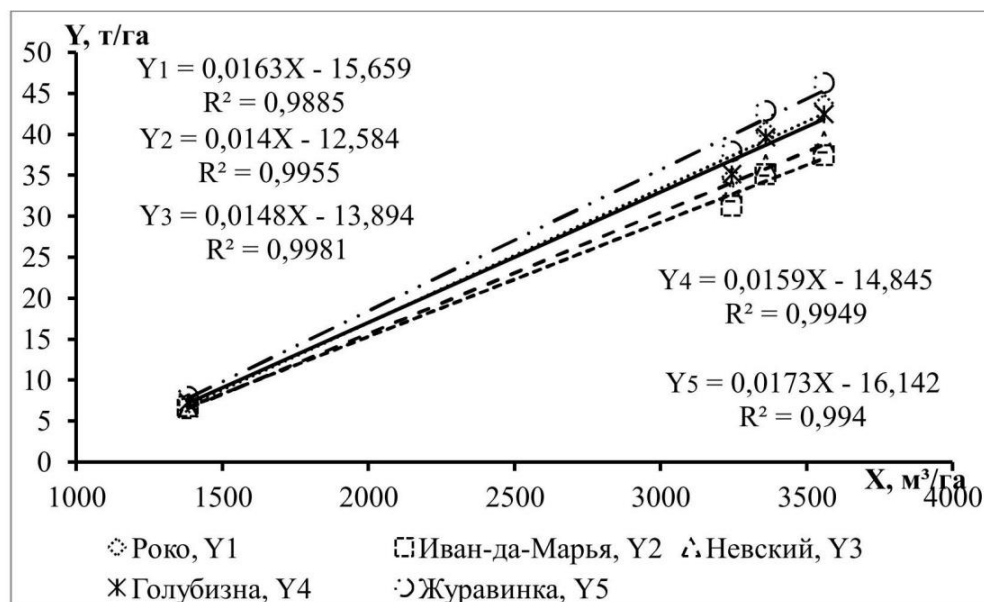


Рисунок 2 – Зависимости урожайности клубней картофеля различных сортов от эвапотранспирации

Данная зависимость описывается уравнением прямолинейной регрессии с коэффициентами детерминации в пределах 0,988 – 0,998:

$$Y = aX - b,$$

где Y – урожайность клубней картофеля, т/га; X – суммарное водопотребление картофеля, м³/га; а и b – постоянные для сорта картофеля коэффициенты.

Заключение. Картофель летнего срока посадки на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья необходимо выращивать только на орошаемых землях, так как данная территория относится к сухой зоне обязательного орошения с ГТК = 0,28, а урожайность клубней в условиях естественной увлажненности атмосферными осадками не превышает 4,54...5,20 т/га.

Наиболее эффективным способом полива при возделывании картофеля является капельное орошение. Режим капельного орошения летних посадок семенного картофеля складывается из проведения 14 – 19 поливов нормой 140...210 м³/га каждый. При этом оросительная норма изменяется от 2340 до 2713 м³/га, а суммарное водопотребление – от 3242 до 3559 м³/га. Оросительная вода в структуре суммарного водопотребления составляет 72,2...76,2 %, на долю атмосферных осадков приходится 11,4...12,5 %, а на запасы почвенной влаги – 12,4...15,3 %.

Наибольшей продуктивностью 36,07...43,10 тонн клубней с гектара и существенной прибавкой урожая по отношению к другим характеризуется сорт Журавинка белорусской селекции. Сорта картофеля Голубизна отечественной и Рогоз голландской селекций, близкие по продуктивности, так как прибавка урожайности клубней между ними незначительная, но по отношению к сортам Иван-да-марья голландской и Невский отечественной селекции характеризуется достоверной прибавкой. Урожайность клуб-

ней картофеля сорта Голубизна в среднем изменялась от 33,06 до 39,81 т/га, а сорта Рокко – от 32,86 до 41,13 т/га. По сортам Иван-да-Марья и Невский урожайность клубней изменялась в пределах 30,63...36,23 и 30,68...36,88 т/га соответственно.

Библиографический список

1. Болотин, Д.А. К методике расчета систем капельного орошения [Текст] / Д.А. Болотин // Орошаемое земледелие. – 2016. – №3. – С. 17-18.
2. Гатинский, А. Счетная палата указала на падение самообеспеченности России картофелем [Текст] / А. Гатинский // Картофель и овощи. – 2018. – № 5. – С. 6-9.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос. – 1985. – 351 с.
4. Дубенок, Н.Н. Продуктивность картофеля при спринклерном орошении [Текст] / Н.Н. Дубенок, Р.А. Чечко, А.Ф. Дружкин // Плодородие. – 2015. – №1. – С. 35-37.
5. Дубенок, Н.Н. Продуктивность различных сортов картофеля при капельном орошении в Нижнем Поволжье [Текст] / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, А.Г. Болотин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №2. – С. 28-37.
6. Журавлева, Е.В. Картофелеводство как одно из приоритетных направлений Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Текст] / Е.В. Журавлева, С.В. Фурсов // Картофель и овощи. – 2018. – №5. – С. 6-9.
7. Методика полевого опыта в овощеводстве [Текст]. – М.: ВНИИ овощеводства, 2011. – 648 с.
8. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст]. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 149 с.
9. Навитня, А.А. Особенности выращивания картофеля в Волгоградской области [Текст] / А.А. Навитня // Научные основы технологического обеспечения орошаемого земледелия в современных агроэкологических условиях: сборник научных трудов /ВНИИОЗ. – Волгоград, 2002. – С. 184-194.
10. Щербакова, Н.А. Формирование элементов продуктивности картофеля в зависимости от обработок различными препаратами в аридных условиях Нижнего Поволжья [Текст] / Н.А. Щербакова, Н.В. Тютюма, А.Ф. Туманян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 1(33). – С. 107-112.

Reference

1. Bolotin, D. A. K metodike rascheta sistem kapel'nogo orosheniya [Tekst] / D. A. Bolotin // Oroschaemoe zemledelie. - 2016. - №3. - P. 17-18.
2. Gatinskij, A. Schetnaya palata ukazala na padenie samoobespechennosti Rossii kartofelem [Tekst] / A. Gatinskij // Kartoffel' i ovoschi. - 2018. - № 5. - P. 6-9.
3. Dosphehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] / B. A. Dosphehov. - M.: Kolos. - 1985. - 351 p.
4. Dubenok, N. N. Produktivnost' kartofelya pri sprinklernom oroshenii [Tekst] / N. N. Dubenok, R. A. Chechko, A. F. Druzhkin // Plodorodie. - 2015. - №1. - P. 35-37.
5. Dubenok, N. N. Produktivnost' razlichnyh sortov kartofelya pri kapel'nom oroshenii v Nizhnem Povolzh'e [Tekst] / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin, A. G. Bolotin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - №2. - P. 28-37.
6. Zhuravleva, E. V. Kartofelevodstvo kak odno iz prioritetnyh napravlenij Federal'noj nauchno-tehnicheskoy programmy razvitiya sel'skogo hozyajstva na 2017-2025 gody [Tekst] / E. V. Zhuravleva, S. V. Fursov // Kartoffel' i ovoschi. - 2018. - №5. - P. 6-9.
7. Metodika polevogo opyta v ovoshevodstve [Tekst]. - M.: VNIi ovoshevodstva, 2011. - 648 p.
8. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Tekst]. - Volgograd: VNIIOZ, 1983. - 149 p.
9. Navitnyaya, A. A. Osobennosti vyraschivaniya kartofelya v Volgogradskoj oblasti [Tekst] / A. A. Navitnyaya // Nauchnye osnovy tehnologicheskogo obespecheniya oroshaemogo zemledeliya v sovremennyh agrojekologicheskikh usloviyah: sbornik nauchnyh trudov /VNIIOZ. - Volgograd, 2002. - P. 184-194.

10. Scherbakova, N. A. Formirovanie jelementov produktivnosti kartofelya v zavisimosti ot obrabotok razlichnymi preparatami v aridnyh usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ N. A. Scherbakova, N. V. Tyutyuma, A. F. Tumanyan // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 1(33). - P. 107-112.

E-mail: da.bolotin@yandex.ru

УДК 631.587

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-3

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ
ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА НА ВОЛГО-ДОНСКОМ МЕЖДУРЕЧЬЕ**

**ENVIRONMENTAL CONDITION OF IRRIGATED AGROLANDSCAPES
OF LOCAL MONITORING AT THE VOLGA-DON INTERFLUVE**

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

А.А. Зибаров, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.П. Мелихова, кандидат сельскохозяйственных наук

Д.С. Тегесов, научный сотрудник

V.V. Melikhov, A.A. Zibarov, N.P. Melikhova, D.S. Tegesov

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

²All-Russian scientific-research institute of irrigated agriculture, Volgograd

В статье проанализированы результаты многолетних исследований, проводимых на базе эколого-мелиоративного мониторинга в составе орошаемого агроландшафта Волго-Донского междуречья на землях ФГБНУ ВНИИОЗ в зоне хозяйственной деятельности его экспериментальной базы ФГУП «Орошаемое» города-героя Волгограда. Экологическое состояние поливных светло-каштановых почв по содержанию тяжелых металлов и качеству полученной сельскохозяйственной продукции проверялось по ряду показателей. Содержание валовых форм тяжелых металлов не превышало фонового уровня и ПДК. Качество поливной воды определялось в Варваровском водохранилище, Береславском водохранилище, прудах «Верхний» и «Нижний», расположенных в балке Песчаная. Проведенный за период с 2011 по 2017 гг. анализ химического состава поливных поверхностных вод показал, что вода из Варваровского водохранилища обладает наилучшими качественными характеристиками, так как содержание солей в ней было менее 1 г/дм³. На основе полученных результатов дана экологическая характеристика участков в границах агроландшафта и установлен качественный состав выращенной растениеводческой продукции. Исследования в почвенном блоке мониторинга направлены на разработку технологий информационного обеспечения и формирования базы данных для проектирования адаптивно-ландшафтных систем орошаемого земледелия и эффективного использования природно-ресурсного потенциала.

The article analyzes the results of many years of research conducted on the basis of ecological and land reclamation monitoring as part of the irrigated agroland-shafta of the Volga-Don interfluve, on the lands of the FSBSI "The All-Russian scientific research in-stitute of the irrigated agriculture" in the area of economic activity of its experimental base of the Federal State Unitary Enterprise "Irrigated" of the city - hero of Volgograd. The ecological state of irrigated light-chestnut soils on the content of heavy metals and the quality of the agricultural products obtained was checked for a number of indicators. The content of gross forms of heavy metals did not exceed the background level and MAC. The quality of irrigation water was determined in the Varvarovsky reservoir, the Bereslavsky reservoir, the Upper and Lower ponds located in the Peschanaya gully. Conducted over the period from 2011 to 2017 analysis of the chemical composition of irrigated surface waters showed that from the Varvarovsky reservoir water has the best quality characteristics, since the salt content in it was less than 1 g / dm³. On the basis of the obtained results, the ecological characteristics of the areas within

the boundaries of the agrolandscape are given and the qualitative composition of the grown plant products is established. Research in the soil monitoring unit is aimed at de-veloping information support technologies and forming a database for the design of adap-tive-landscape irrigated farming systems and the effective use of natural resource poten-tial.

Ключевые слова: экологическая устойчивость, орошаемый агроландшафты, мониторинг орошаемых агроландшафтов, валовые формы тяжелых металлов, продукция растениеводства.

Key words: environmental sustainability, irrigated agrolandscapes, monitoring of irrigated agrolandscapes, gross forms of heavy metals, crop production.

Введение. Качество продукции растениеводства, полученной в условиях возрастающих техногенных и биогенных нагрузок, вызывает необходимость контроля ее экологической чистоты. Соответствие продуктов питания нормативам экологической безопасности – важнейшая составляющая решения проблемы национальной продовольственной независимости [7, 10].

Мониторинг изучения состояния факторов среды, определяющих жизненность и экологическую чистоту продукции растениеводства, проводится на орошаемых землях ФГБНУ ВНИИОЗ в зоне хозяйственной деятельности его экспериментальной базы ФГУП «Орошаемое» города-героя Волгограда, которые расположены на западном склоне Приволжской возвышенности (рисунок 1).

Участок, на котором проводится эколого-мелиоративный мониторинг, находится северо-западнее от посёлка Водный. С северо-запада он ограничен балкой Западная, с юго-запада балкой Песчаная, а с восточной стороны проходит дорога.

Общая площадь земельного участка составляет 804,4 га, из них под пашней находится 618,2 га (76,9 %), орошаемая пашня занимает 323,4 га (52,3 %). Под застройками занято 77,1 га (9,5 %), под залежью – 99,6 га (12,3 %) и под балкой – 10,1 га (1,3 %).

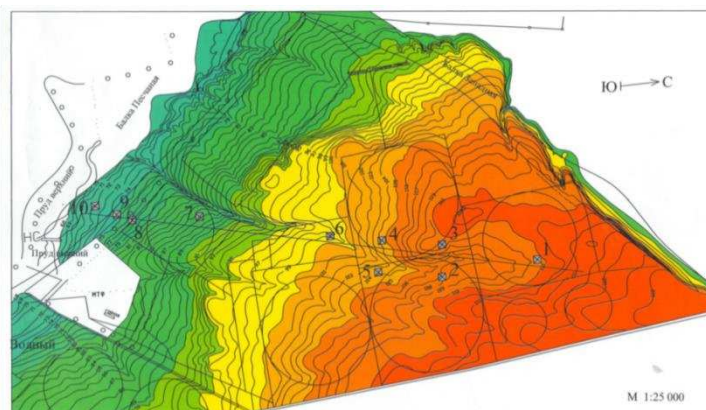


Рисунок 1 – Схема расположения динамических площадок на эколого-мелиоративном мониторинге в зоне хозяйственной деятельности ФГУП «Орошаемое»

Динамические площадки (ДП) расположены на подконтрольных участках вдоль катены, проложенной с северо-востока на юго-запад. От первой динамической площадки, расположенной на горизонтали 112 м (местный водораздел), до базиса эрозии (68 м, подошва) заложено десять постоянных динамических площадок, на которых проводится отслеживание процессов энергомассопереноса под воздействием поверхностных поливных вод, определение техногенных воздействий при интенсивных формах орошаемого земледелия на изменение природных составляющих агроландшафта.

Материалы и методы. При проведении исследований определялись объем поливных вод и атмосферных осадков применительно к орошаемому агроландшафту, динамика качества воды в источниках орошения, а также устанавливалась возможность осолонцевания, засоления и других негативных процессов в почве за счёт привноса поливными поверхностными водами. В результате проводимых научных исследований под воздействием различной техногенной нагрузки формируется база данных по качеству и объемам поступления поливной воды, позволяющая определить направленность протекаемых почвенных процессов, продуктивности агроландшафтов и выявить действенные способы их корректировки.

Качество поливной воды определялось в Варваровском водохранилище, Береславском водохранилище, прудах «Верхний» и «Нижний», расположенных в балке Песчаная. Поливы возделываемых культур на контролируемых динамических площадках производились водой только из Варваровского водохранилища.

За период с 2008 по 2017 годы проведенный анализ химического состава поливных поверхностных вод показал, что вода из Варваровского водохранилища обладает наилучшими качественными характеристиками для использования её в целях орошения: содержание солей в ней было менее 1 г/дм^3 [3, 4]. Наиболее высокая минерализация отмечалась в прудах балки Песчаная. В водах пруда «Нижний» в 2017 году в мае она составляла 3,777, а в августе повысилась до $4,810 \text{ г/дм}^3$, а в пруду «Верхний» изменялась от 1,099 до $1,578 \text{ г/дм}^3$ соответственно.

Для предотвращения загрязнения почвы и воды, используемой для орошения, необходимо соблюдать высокую агротехнику и, в особенности, режимы орошения под возделываемыми культурами. Количество воды должно планироваться в соответствии с научно обоснованным режимом влажности почвы, биологической потребностью сельскохозяйственных растений в воде и поливными нормами, позволяющими предотвращать ирригационно-эрозионные процессы, засоление, слитизацию почвы и другие негативные последствия [1, 2, 8].

Результаты и обсуждение. На опытном участке по динамическим площадкам проводится отбор почвенных образцов в слоях почвы 0,0...0,3 и 0,3...0,5 м для определения содержания в почве валовых форм тяжелых металлов и экологической оценки антропогенного воздействия на агроландшафт. Отбор образцов осуществляется в два срока: осенью после уборки возделываемых культур и весной перед посевом сельскохозяйственных культур (сентябрь и май). Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве и растениях отражает только потенциальную опасность загрязнения растительной продукции, инфильтрационных и поверхностных вод, но не показывает степени доступности элементов для растения. В проводимых исследованиях степень загрязнения почвы под возделываемыми культурами валовыми формами тяжелых металлов выявлялась нами путем сравнения её с ПДК соответствующего элемента или с его фоновым содержанием (рисунок 2). За оптимальные значения принимались показатели фонового содержания элементов для светло-каштановых почв, никогда не подвергающиеся никаким техногенным нагрузкам. Пределы, в которых происходят изменения по содержанию валовых форм тяжёлых металлов, зависят от различий в антропогенной нагрузке – поливные нормы, внесение минеральных и органических удобрений, набор возделываемых культур и т.д. [9, 5, 6].

В наших исследованиях на орошаемых участках содержание наиболее токсичных элементов, относящихся к первому классу опасности, было ниже ПДК – свинца в 6...11 и кадмия – в 6...14 раз соответственно (таблица 1).

Содержание валовых форм цинка (I кл. опасности) на всех орошаемых динамических площадках ниже фонового и в 2...2,5 раза ниже ПДК. Существенной разницы в содержании элемента в слое 0,0...0,3 м и 0,3...0,5 м не отмечено (максимум составляет

± 5 единиц). За период наблюдений (2011-2017 гг.) в пахотном слое почвы (0,0...0,3 м) орошаемых участков (ДП-1, 2, 4, 6, 7) происходят незначительные колебания по изменению содержания валовых запасов цинка весной и осенью.

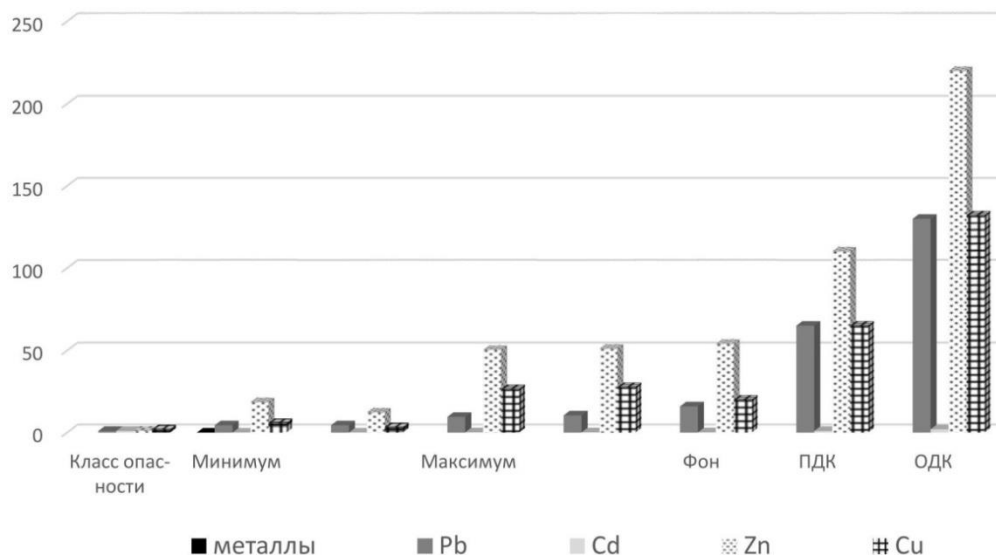


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика показателей валовых форм токсичных элементов в почве орошаемого агроландшафта

Таблица 1 – Содержание валовых форм тяжёлых металлов на орошаемых динамических площадках эколого-мелиоративного мониторинга (мг/кг воздушно-сухой почвы)

Динамическая площадка, №	Слой почвы, м	Весна (май)				Осень (сентябрь)			
		Цинк	Медь	Кадмий	Свинец	Цинк	Медь	Кадмий	Свинец
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2011 год									
ДП-1	0,0-0,3	51,54	18,40	0,17	8,14	39,35	10,98	0,14	7,58
	0,3-0,5	51,08	21,28	0,18	8,05	43,37	12,40	0,13	8,89
ДП-2	0,0-0,3	48,40	18,80	0,17	8,37	41,23	12,06	0,15	8,76
	0,3-0,5	47,83	21,09	0,14	7,62	42,72	11,62	0,14	7,19
ДП-4	0,0-0,3	32,75	13,80	0,12	6,36	38,28	12,60	0,13	6,73
	0,3-0,5	37,57	15,29	0,12	6,95	43,29	10,90	0,14	7,09
ДП №6	0,0-0,3	41,70	16,20	0,17	6,71	43,73	12,35	0,13	7,13
	0,3-0,5	38,48	14,11	0,11	6,36	38,21	11,43	0,09	5,94
ДП №7	0,0-0,3	35,08	14,50	0,13	6,64	39,85	10,89	0,12	6,87
	0,3-0,5	37,98	15,21	0,12	6,28	35,91	9,46	0,13	6,20
2017 год									
ДП №1	0,0-0,3	45,51	23,71	0,12	8,64	50,95	21,02	0,15	8,69
	0,3-0,5	45,84	23,85	0,10	9,18	55,66	23,31	0,14	9,31
ДП №2	0,0-0,3	34,47	21,84	0,12	9,24	46,11	18,98	0,15	8,30
	0,3-0,5	35,58	21,99	0,10	8,77	46,27	18,43	0,14	7,97
ДП №4	0,0-0,3	25,21	15,14	0,08	6,72	34,57	14,99	0,10	7,38
	0,3-0,5	24,78	16,41	0,08	6,15	34,42	14,96	0,10	7,34
ДП №6	0,0-0,3	38,81	19,96	0,10	8,12	42,26	18,82	0,15	8,96
	0,3-0,5	39,80	20,67	0,11	7,57	42,07	18,87	0,13	9,43

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ДП №7	0,0-0,3	30,99	15,35	0,07	6,11	41,16	17,64	0,12	7,68
	0,3-0,5	30,95	14,97	0,07	7,36	40,39	17,93	0,12	7,65
Фон	0,0-0,3	54	20	0,16	16	54	20	0,16	16
	0,3-0,5	54	20	0,16	16	54	20	0,16	16
ПДК	0,0-0,3	110	132	1,0	65	110	132	1,0	65
	0,3-0,5	110	132	1,0	65	110	132	1,0	65

Содержание валовых форм меди (II кл. опасности) в исследуемой почве в 4...7 раз ниже ПДК и преимущественно ниже фонового показателя. Снижение содержания меди обусловлено, скорее всего, превращением части валовых форм в подвижные формы и доступные растениям в качестве микроэлемента. Мониторинговыми исследованиями установлено, что содержание валовых форм тяжелых металлов в почве сопоставимо с содержанием их в почвообразующей породе и нетоксично для почвенной микрофлоры.

На неорошаемых участках (таблица 2) содержание валовых форм тяжёлых металлов имело близкую к орошаемым участкам закономерность, оно также не превышало как фоновые значения, так и ПДК для светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья.

Таблица 2 – Содержание валовых форм тяжёлых металлов на неорошаемых и фоновых динамических площадках эколого-мелиоративного мониторинга (мг/кг воздушно сухой почвы)

Динамическая площадка, №	Слой почвы, м	Весна (май)				Осень (сентябрь)			
		Цинк	Медь	Кадмий	Свинец	Цинк	Медь	Кадмий	Свинец
2011 год									
ДП №3*	0,0-0,3	28,60	11,40	0,11	6,14	20,69	5,89	0,06	5,84
	0,3-0,5	34,08	25,77	0,09	6,36	12,24	3,26	0,05	5,11
ДП №5*	0,0-0,3	40,28	14,90	0,17	7,08	43,13	13,38	0,15	8,73
	0,3-0,5	40,41	16,90	0,14	5,52	44,98	12,58	0,15	8,70
ДП №8	0,0-0,3	35,20	14,50	0,13	7,31	40,95	10,68	0,14	8,67
	0,3-0,5	37,98	14,88	0,12	6,43	39,87	10,42	0,14	7,42
ДП №9	0,0-0,3	37,10	14,20	0,13	6,06	43,75	11,17	0,15	8,08
	0,3-0,5	35,75	17,63	0,11	7,91	43,45	11,49	0,11	7,60
ДП №10	0,0-0,3	35,63	14,30	0,12	8,00	44,68	12,40	0,16	8,27
	0,3-0,5	41,51	27,01	0,15	6,43	48,33	12,56	0,15	7,60
2017 год									
ДП №3*	0,0-0,3	23,09	12,40	0,07	6,76	28,69	10,22	0,11	6,54
	0,3-0,5	23,24	12,91	0,07	5,55	26,41	8,93	0,10	4,93
ДП №5*	0,0-0,3	38,40	21,37	0,11	8,67	44,31	19,31	0,16	9,20
	0,3-0,5	42,68	23,09	0,11	8,07	44,90	20,58	0,17	9,85
ДП №8	0,0-0,3	38,62	15,17	0,11	7,94	40,50	15,95	0,14	8,28
	0,3-0,5	38,35	15,59	0,09	7,36	39,58	16,64	0,11	7,75
ДП №9	0,0-0,3	35,38	15,05	0,11	7,39	40,40	16,21	0,14	8,40
	0,3-0,5	32,31	14,43	0,11	7,98	39,62	16,56	0,12	8,68
ДП №10	0,0-0,3	45,48	16,84	0,13	7,88	48,27	16,10	0,14	9,49
	0,3-0,5	40,75	15,86	0,11	7,46	44,86	16,56	0,13	9,09
Фон	0,0-0,3	54	20	0,16	16	54	20	0,16	16
	0,3-0,5	54	20	0,16	16	54	20	0,16	16
ПДК	0,0-0,3	110	132	1,0	65	110	132	1,0	65
	0,3-0,5	110	132	1,0	65	110	132	1,0	65

* - неорошаемые участки.

Химический состав растений обычно отражает элементный состав почвы. Поэтому избыточное накопление ТМ растениями обусловлено, прежде всего, их высокими концентрациями в почвах. Другой путь поступления ТМ в растения – некорневое поглощение из воздушных потоков. Оно имеет место при значительном выпадении металлов из атмосферы на листовой аппарат растений, чаще всего вблизи крупных промышленных предприятий. По мере роста растений элементы перераспределяются по их органам. При этом для меди и цинка устанавливается следующая закономерность в их содержании: корни > зерно > солома. Наблюдения за содержанием тяжёлых металлов в культурных видах растений на динамических площадках за последние (2016-2017 гг.) годы показали, что количество данных элементов в вегетационный период 2016-2017 гг. находилось в пределах допустимых значений МДУ (таблица 3).

Таблица 3 – Валовое содержание тяжелых металлов в растениях на орошаемых и фоновых динамических площадках мониторинга

Культура	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг
2016 год				
ДП-1 оз. пшеница (солома, солома)	2,42	0,53	0,00	0,02
ДП-1 оз. пшеница (зерно)	13,68	4,20	0,00	0,06
ДП-1 оз. пшеница (стерня)	1,95	0,74	0,00	0,03
ДП-2- кукуруза (з/масса)	16,81	5,47	0,00	0,03
ДП-2- кукуруза (стерня)	6,28	3,44	0,00	0,03
ДП-4 суданская трава (з/масса, 1-й укос)	17,12	3,80	0,00	0,03
ДП-4 суданская трава (з/масса, 2-й укос)	15,02	5,13	0,00	0,02
ДП-4 суданская трава (стерня)	10,85	2,56	0,00	0,06
ДП-7 суданская трава (з/масса, 1-й укос)	10,52	4,63	0,00	0,01
ДП-4 суданская трава (з/масса, 2-й укос)	12,08	4,42	0,00	0,04
Корни:				
ДП-1 – оз. пшеница	20,50	6,93	2,91	0,18
ДП-2- кукуруза	19,35	19,87	1,28	0,17
2017 год				
ДП №1 суданская трава (з/масса, 1-й укос)	13,66	5,81	0,90	0,03
ДП №1 суданская трава (2-й укос + стерня)	9,30	3,58	0,81	0,03
ДП №2 кукуруза (з/масса)	13,10	3,98	0,40	0,06
ДП №2 кукуруза (стерня)	5,22	3,58	0,43	0,06
ДП №4 кукуруза (з/масса)	15,38	3,50	0,59	0,04
ДП №4 кукуруза (стерня)	3,86	2,33	0,15	0,04
ДП №6 оз. пшеница (зерно)	10,67	4,27	0,00	0,06
ДП №6 оз. пшеница (солома, солома)	2,65	1,73	0,22	0,03
ДП №6 оз. пшеница (стерня)	4,09	1,65	0,20	0,09
ДП №8 травостой у лесополосы	13,73	1,41	0,56	0,02
ДП №9 травостой в лесополосе	13,77	3,53	2,01	0,05
ДП №10 травостой естественной степи	10,54	1,67	0,32	0,02
МДУ				
Зерно	50	10	0,1	0,5
Сочные корма	50	30	0,3	5,0
Грубые корма	50	30	0,3	5,0
Продукция овощная	10	5	0,03	0,5

Заключение. В целом, как показывают наши исследования, с растительными остатками и водой в почву привносится определённая часть тяжёлых металлов. Вопросы о размерах накопления, транслокации и использования их в условиях новой природ-

но-антропогенной системы Волго-Донского междуречья изучены пока недостаточно. Полный научно обоснованный ответ на этот вопрос сможет дать лишь проводимый на территории ФГБНУ ВНИИОЗ эколого-мелиоративный мониторинг.

Библиографический список

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст]: монография / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 365 с.
2. ГН 2.1.7. 2041 – 06. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве [Текст]. – Гигиенические нормативы.
3. Кружилин, И.П. Методические указания и нормативы разработки систем управления экологической устойчивостью орошаемых агроландшафтов [Текст] / И.П. Кружилин, В.Ф. Мамин. – М., 2007. – 105 с.
4. Мелихов, В.В. Экологическая устойчивость орошаемых ландшафтов [Текст] / В.В. Мелихов, А.А. Зибаров, А.Г. Болотин // Доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области. – М.: Глобус, 2010. – С. 193-197.
5. Мелихов, В.В. Влияние орошения на современный процесс почвообразования в условиях Нижнего Поволжья [Текст] / В.В. Мелихов, А.А. Зибаров и др. // Научные основы эффективного использования орошаемых земель аридных территорий России: сб. науч. тр. / ГНУ ВНИИОЗ. – Волгоград, 2007. – С. 161-173.
6. Модели состояния плодородия орошаемых почв и продуктивности орошаемых земель [Текст] / Сост. В.Ф. Мамин, А.А. Зибаров, Т.И. Панова и др. – Волгоград, 2010. – 58 с.
7. Орлов, Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении [Текст] / Д.С. Орлов. – М.: Высшая школа, 2002. – 334 с.
8. Орлов Д.С. Химия почв [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.
9. Оценка содержания тяжёлых металлов в почве и растениях агроландшафта на уровне водосборных бассейнов [Текст] / В.В. Мелихов, А.А. Зибаров, Т.И. Панова и др. // Материалы Международной научно-практической конференции / Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2017. – Том 2. – С. 111-118.
10. Тяжелые металлы в окружающей среде [Текст]. – М.: МГУ, 1980. – 167 с.

Reference

1. Alekseev, Yu. V. Tyazhelye metally v pochvah i rasteniyah [Tekst]: monografiya / Yu. V. Alekseev. - L.: Agropromizdat, 1987. - 365 p.
2. GN 2.1.7. 2041 - 06. Predel'no dopustimye koncentracii himicheskikh veschestv v pochve [Tekst]. - Gigenicheskie normativy.
3. Kruzhilin, I. P. Metodicheskie ukazaniya i normativy razrabotki sistem upravleniya jko-logicheskoy ustojchivost'yu oroshaemyh agrolandshaftov [Tekst] / I. P. Kruzhilin, V. F. Mamin. - M., 2007. - 105 p.
4. Melihov, V. V. Jekologicheskaya ustojchivost' oroshaemyh landshaftov [Tekst] / V. V. Melihov, A. A. Zibarov, A. G. Bolotin // Doklad o sostoyanii okružhayuschej sredy Volgogradskoj oblasti. - M.: Globus, 2010. - P. 193-197.
5. Melihov, V. V. Vliyanie orosheniya na sovremennyy process pochvoobrazovaniya v uslovi-yah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / V. V. Melihov, A. A. Zibarov i dr. // Nauchnye osnovy jffektivnogo ispol'zovaniya oroshaemyh zemel' aridnyh territorij Rossii: sb. nauch. tr. / GNU VNIIOZ. - Volgo-grad, 2007. - P. 161-173.
6. Modeli sostoyaniya plodorodiya oroshaemyh pochv i produktivnosti oroshaemyh zemel' [Tekst] / Sost. V. F. Mamin, A. A. Zibarov, T. I. Panova i dr. - Volgograd, 2010. - 58 p.
7. Orlov, D. S. Jekologiya i ohrana biosfery pri himicheskom zagryaznenii [Tekst] / D. S. Or-lov. - M.: Vysshaya shkola, 2002. - 334 p.
8. Orlov D. S. Himiya pochv [Tekst] / D. S. Orlov, L. K. Sadovnikova, N. I. Suhanova. - M.: Vysshaya shkola, 2005. - 558 p.

9. Ocenka sodержaniya tyazhjolih metallov v pochve i rasteniyah agrolandschafta na urovne vodosbornyh bassejnov [Tekst] / V. V. Melihov, A. A. Zibarov, T. I. Panova i dr. // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii /Volgogradskij GAU. - Volgograd, 2017. - Tom 2. - P. 111-118.

10. Tyazhelye metally v okruzhayuschej srede [Tekst]. - M.: MGU, 1980. - 167 p.

E-mail: vnioz@yandex.ru

УДК 631.674.5:635.432(470.45)

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-4

**КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР
В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**
**DRIP IRRIGATION OF VEGETABLE CROPS IN CONDITIONS
OF VOLGA-DON INTERFLUVE**

А.Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор

A.D. Akhmedov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Эффективность любой сельскохозяйственной культуры при поливе различными способами определяется не только величиной и качеством получаемого урожая, но и затратами воды на формирование единицы товарной продукции, то есть коэффициентом водопотребления и динамикой затрат оросительной воды. В связи с этим в данной статье проанализированы режимы орошения и нормы внесения минеральных удобрений для получения запланированной урожайности овощных культур в условиях светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья. Установлено, что предлагаемые в нашем полевом исследовании режимы орошения и нормы минеральных удобрений при выращивании корнеплодов (столовой свеклы и моркови) позволяют получать урожайность на уровне 60...80 т/га. Так, например, наиболее высокая урожайность столовой свеклы 84,1 т/га была получена на варианте с предполивной влажностью 80 % НВ в сочетании с внесением удобрений нормой $N_{230}P_{180}K_{100}$ при переменной глубине увлажнения почвы (0,3-0,5 м). Поэтому максимально продуктивное использование влаги при выращивании столовой свеклы происходило именно на данном варианте. Следовательно, на этом варианте коэффициент водопотребления уменьшился до 59,82-78,98 м³/т и затраты оросительной воды снизились до 45,04-59,47 м³/т по сравнению с другими вариантами. Изменение дозы удобрений от $N_{130}P_{80}K_{20}$, до $N_{230}P_{180}K_{100}$ способствовало повышению урожая в пределах 63,7...84,1 т/га, что на 10...20 % выше по сравнению с другими вариантами опыта. При возделывании моркови изменение влажности почвы от 70-80-70 до 80-80-80 % НВ в сочетании с внесением дозы удобрений от $N_{150}P_{70}K_{180}$ до $N_{210}P_{100}K_{260}$ способствовало повышению урожайности корнеплодов в среднем с 57,9 до 81,6 т/га. Максимальная урожайность моркови 81,6 т/га получена на варианте, где предполивной порог влажности почвы поддерживался на уровне 80-80-80 % НВ и при норме минерального питания $N_{210}P_{100}K_{260}$. При этом на данном варианте в среднем за три года исследований затраты оросительной воды и коэффициент водопотребления достигали своих минимальных значений и составили соответственно 55,15...62,94 и 72,18...72,18 м³/т. При подведении итогов можно отметить, что на светло-каштановых почвах выращивание столовой свеклы и моркови с применением капельного полива является наиболее эффективным производством.

The effectiveness of any agricultural crop during the irrigation by different ways is determined not only by the size and quality of the crop produced, but also by the cost of water used to form a unit of marketable products, that is, the coefficient of water consumption and the dynamics of irrigation water costs. In this regard, this article analyzes the irrigation regimes and the rate of application of mineral fertilizers to obtain the planned yield of vegetable crops in the conditions of light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium. It has been established that the irrigation regimes and the norms of mineral fertilizers offered for cultivation of root crops (garden beets and carrots) proposed in our field research allow us to obtain a yield of 60 ... 80 t / ha. So, for example, the highest yield of table beet 84.1 t / ha was obtained on the variant with a

pre-irrigation humidity of 80% HB combined with fertilization with the norm N230P180K100 with a variable depth of soil moisture (0.3-0.5 m). Therefore, the most productive use of moisture in the cultivation of red beets occurred precisely in this variant. Consequently, in this variant, the coefficient of water consumption decreased to 59.82-78.98 m³ / t and the cost of irrigation water decreased to 45.04-59.47 m³ / t compared to other options. A change in the dose of fertilizers from N130P80K20 to N230P180K100 contributed to an increase in yield in the range of 63.7 - 84.1 t / ha, which is 10 - 20% higher compared to other variants of the experiment. In the cultivation of carrots, the change in soil moisture from 70-80-70 to 80-80-80% HB in combination with a dose of fertilizers from N150P70K180 to N210P100K260 contributed to increasing the yield of root crops from an average of 57.9 to 81.6 t / ha. The maximum yield of carrots 81.6 t / ha was obtained on the variant, where the pre-irrigation threshold of soil moisture was maintained at 80-80-80% HB and at the rate of mineral nutrition N210P100K260. At the same time, in this variant, on average for three years of research, the costs of irrigation water and the coefficient of water consumption reaching their minimum values were respectively 55.15-62.94 and 72.18-72.18 m³ / t. Summing up, on the light chestnut soils, cultivation of garden beets and carrots using drip irrigation is the most efficient production.

Ключевые слова: *капельное орошение овощных культур, режим орошения овощных культур, свекла столовая, морковь, урожайность овощных культур, удобрения овощных культур, коэффициент водопотребления столовой свеклы и моркови, затраты оросительной воды столовой свеклы и моркови, суммарное водопотребление столовой свеклы и моркови, предполивная влажность почвы.*

Key words: *drip irrigation of vegetable crops, irrigation regime of vegetable crops, garden beets, carrots, yield of vegetable crops, fertilizing of vegetable crops, the coefficient of water consumption of garden beets and carrots, the costs of irrigation water of garden beets and carrots, total water consumption of garden beets carrots, pre-irrigated soil moisture.*

Введение. В настоящее время одной из главных задач сельского хозяйства является увеличение производства овощных культур, в которых велико содержание различных витаминов. К таким культурам относятся свекла столовая и морковь. Ежегодно объем продуктов их переработки возрастает, но на сегодняшний день не удовлетворяется полностью. Это, прежде всего, связано с недостаточным расширением площадей, где выращиваются такие культуры, как свекла столовая и морковь. Кроме того, не везде их продуктивность соответствует современному технологически высокому уровню развития сельскохозяйственного производства. Культуры свеклы столовой и моркови всегда реагируют отрицательно как на переувлажнение, так и на пересыхание почвы. Поэтому для повышения урожайности этих культур основным средством производства является разработка научно обоснованного режима орошения с учетом применения минеральных удобрений. Это улучшает мелиоративное состояние орошаемых полей и приводит к более экономному расходованию оросительной воды. Следовательно, эффективность применения различных способов полива при выращивании любой сельскохозяйственной культуры определяется, прежде всего, затратами воды на формирование единицы товарной продукции, то есть коэффициентом водопотребления. Поэтому при выращивании овощных культур в настоящее время можно считать целесообразным и перспективным применение капельного орошения, которое соответствует требованиям рационального и эффективного использования влаги и получения стабильных урожаев [3, 4, 5, 7].

Таким образом, с учетом вышеизложенного на орошаемых землях Волгоградской области нами проводились исследования, цель которых сводится к определению оптимального сочетания режима орошения и минерального питания моркови и столовой свеклы для получения продуктивности на уровне 60, 70, 80 т/га.

Материалы и методы. Исследования проводились в течение 2015...2017 гг. на двух участках Городищенского района Волгоградской области, расположенных в зоне неустойчивого увлажнения по общепринятым рекомендациям Б.А. Доспехова, В.Н. Плешакова, Г.Ф. Никитенко [7, 8, 9]. Почвы участка светло-каштановые тяжелосуглинистые слабоводопроницаемые. Содержание гумуса в активном слое 0...0,5 м в среднем составляет 1,87...2,02 %, плотность почвы – 1,31 т/м³, наименьшая влагоемкость – 22,93 % массы сухой почвы. Почвы опытного участка не засолены, pH = 7,0...8,3.

Содержание доступных форм азота на первом и втором участке характеризуются низкой обеспеченностью, подвижный фосфор – средней и высокой, обменный калий – высокой и средней соответственно. Дозы минеральных удобрений определялись общепринятым методом, сущность которого изложена в трудах В.И. Филина [10].

Для получения планируемых урожаев овощных культур схемой опыта предусматривался первый фактор А – водный режим почвы, второй фактор В – доза удобрений.

На первом участке в 2015-2017 гг. нами проведены полевые исследования с целью изучения влияния дифференцированных режимов орошения и различных норм минерального питания на урожайность моркови. Опыты осуществлялись на территории поселка Кузьмичи ОАО «Кузьмичевский» Городищенского района. Опыты были заложены по двухфакторной схеме:

1) режим орошения: фактор А – предполивной порог влажности в активном слое почвы принят дифференцированным по трем условным фазам в развитии моркови: 1-й – 70-80-70; 2-й – 70-90-80; 3-й – 80-80-80 % НВ.

Дифференцирование предполивной влажности почвы по фазам развития моркови соответственно по фактору А происходило следующим образом: «всходы – начало образования корнеплода», «начало образования корнеплода – начало технической спелости», «начало технической спелости – уборка».

2) минеральное питание: фактор В – включал 3 варианта нормы минеральных удобрений, которые были рассчитаны балансовым методом на получение планируемой урожайности столовой свеклы 60, 70 и 80 т/га. На всех вариантах по режиму орошения эти нормы имели следующие значения: 1-й – N₁₅₀P₆₀K₁₈₀; 2-й – N₁₈₀P₈₀K₂₂₀; 3-й – N₂₁₀P₁₀₀K₂₆₀.

На втором участке, в соответствии с задачей, определялся оптимальный водно-питательный режим почвы при возделывании столовой свеклы сорта «Бордо». Начиная с 2015 г. до 2017 г., на территории поселка Кузьмичи ИП «Колесников» Городищенского района закладывался полевой двухфакторный опыт. Опыты были заложены по следующей схеме:

1) режим орошения – изучался водный режим почвы: вегетационные поливы проводили при снижении влажности в активном слое почвы до 70, 80 и 90 % НВ. При этом было запланировано 2 варианта глубины увлажнения почвы: 1-й вариант на глубину увлажнения 0,3 м слоя почвы в период «посадка – формирования корнеплодов» и 0,5 м в период «формирования корнеплодов – техническая спелость», 2-й – с постоянной глубиной увлажнения почвы – 0,5 м;

2) минеральное питание: нормы минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом на урожайность 60, 70, 80 т/га. На всех вариантах по режиму орошения они имели следующие значения: 1) N₁₃₀P₈₀K₂₀; 2) N₁₈₀P₁₃₀K₆₀; 3) N₂₃₀P₁₈₀K₁₀₀.

В обоих исследованиях вегетационные поливы осуществлялись с применением капельного полива.

За весь вегетационный период развития моркови активный слой почвы принимался равным 0,5 м. Поливная норма по фазам развития моркови составила 250-300 м³/га первый период, во второй – 208-300 м³/га, а третий период – 250 м³/га. Морковь гибрид «Майор F1» высевали, применяя агротехнику, общепринятую в регионе.

Посев моркови был произведен 15 мая. В годы исследований метеорологические условия оказывали большое влияние на количество поливов и размер оросительной нормы. Так, например, для поддержания принятых вариантов по режиму орошения в зависимости от вариантов опыта проводилось 15-20 поливов, с оросительной нормой 4050-4780 м³/га [1, 2, 3, 11].

Результаты и обсуждение. Анализируя данные таблицы 1, мы отмечаем, что дифференцирование предполивного порога влажности и различные фоны минерального питания оказывали существенное влияние как на урожай моркови, так и коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды культуры. Из полученных данных видно, что при капельном поливе изменение урожайности моркови сопровождается соответствующим изменением затрат оросительной воды и коэффициент водопотребления. Кроме того, морковь очень отзывчива на внесение минеральных удобрений. Максимальный урожай моркови 81,6 т/га можно получить при поддержании в течение всей вегетации нижнего порога влажности почвы на уровне 80-80-80 % НВ и фоне внесения удобрений нормой N₂₁₀P₁₀₀K₂₆₀. При этом в среднем за три года исследований коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды на данном варианте достигали своих минимальных значений и составили соответственно 72,18-72,18 и 55,15-62,94 м³/т по сравнению с другими вариантами.

Таблица 1 – Коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды моркови в зависимости от режима орошения и минерального питания в среднем за 2015-2017 гг.

Урожайность (фактическая), т/га	Режим орошения (фактор А), % НВ	Дозы минеральных удобрений (фактор В)		Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Затраты оросительной воды, м ³ /т	Оросительная норма, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га
		т/га	кг д.в./га				
57,9	70-80-70	60	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀	98,07	69,95	4050	5678
62,8	70-90-80	70	N ₁₈₀ P ₈₀ K ₂₂₀	92,05	76,11	4780	5781
71,5	80-80-80	80	N ₂₁₀ P ₁₀₀ K ₂₆₀	82,38	62,94	4500	5890
66,3	70-80-70	60	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀	85,64	61,09	4050	5678
72,0	70-90-80	70	N ₁₈₀ P ₈₀ K ₂₂₀	80,29	66,39	4780	5781
73,6	80-80-80	80	N ₂₁₀ P ₁₀₀ K ₂₆₀	80,03	61,14	4500	5890
68,2	70-80-70	60	N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀	83,26	59,38	4050	5678
72,7	70-90-80	70	N ₁₈₀ P ₈₀ K ₂₂₀	79,52	65,75	4780	5781
81,6	80-80-80	80	N ₂₁₀ P ₁₀₀ K ₂₆₀	72,18	55,15	4500	5890

Наиболее эффективно оросительная вода использовалась при поддержании влажности почвы 80-80-80 % НВ в сочетании с внесением повышенной дозы удобрений нормой N₂₁₀P₁₀₀K₂₆₀, где был получен максимальный урожай корнеплодов моркови 81,6 т/га. Следовательно, здесь был наименьший коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды за годы исследований в среднем соответственно составили 72,18 и 55,15 м³/га.

Для урожайности 70 т/га моркови коэффициент водопотребления вырос до 79,52 м³/т, а затраты оросительной воды возросли до 65,75 м³/т.

Урожайность моркови 60 т/га обеспечивается на варианте с предполивной влажностью почвы на уровне 70-80-70 % НВ на фоне внесения удобрений нормой $N_{150}P_{60}K_{180}$ кг д.в./га. При этом коэффициент водопотребления составил 83,26 м³/т, а затраты оросительной воды – 59,38 м³/га.

Наши исследования показали, что различные режимы орошения и фоны минерального питания оказали существенное влияние на урожай, затраты оросительной воды и коэффициент водопотребления столовой свеклы. Максимальная урожайность данной культуры была получена при глубине увлажнения почвы 0,3-0,5 м и при поддержании в течение всей вегетации нижнего порога влажности 80 % НВ и фоне минерального питания $N_{230}P_{180}K_{100}$ и составила 84,1 т/га (таблица 2).

Урожайность столовой свеклы в зависимости от варианта опыта при внесении удобрений нормой $N_{180}P_{130}K_{60}$ в среднем повысилась на 8,8-11,5 и $N_{230}P_{180}K_{100}$ – на 25,6-29,2 т/га по сравнению с вариантом внесения удобрений нормой $N_{130}P_{80}K_{20}$.

С повышением уровня влажности почвы с 70 до 90 % НВ и при поддержании глубины увлажнения на уровне 0,3-0,5 м урожайность столовой свеклы по годам исследований в среднем изменялись от 54,9 до 84,1 т/га.

На всех вариантах опыта с предполивным порогом влажности 80 % НВ в сочетании с внесением удобрений нормой $N_{230}P_{180}K_{100}$ был получен наиболее высокий урожай столовой свеклы. Снижение или повышение предполивной влажности в активном слое почвы 70 или 90 % НВ уменьшало урожай корнеплодов в пределах 10...15 %.

Таблица 2 – Коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды столовой свеклы в зависимости от режима орошения и минерального питания в среднем за 2015-2017 гг.

Доза удобрений (фактор В), кг д.в./га	Режим орошения (фактор А), % НВ	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Затраты оросительной воды, м ³ /т	Оросительная норма, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га
При глубине увлажнения почвы 0,5 м						
$N_{130}P_{80}K_{20}$	70	49,7	88,87	65,19	3240	4417
$N_{130}P_{80}K_{20}$	80	59,7	80,90	60,30	3600	4830
$N_{130}P_{80}K_{20}$	90	56,4	89,98	68,09	3840	5075
$N_{180}P_{130}K_{60}$	70	59,4	74,36	54,55	3240	4417
$N_{180}P_{130}K_{60}$	80	67,3	71,77	53,49	3600	4830
$N_{130}P_{80}K_{20}$	90	62,7	80,94	61,24	3840	5075
$N_{230}P_{180}K_{100}$	70	68,3	64,67	47,44	3240	4417
$N_{230}P_{180}K_{100}$	80	76,3	63,30	47,18	3600	4830
$N_{230}P_{180}K_{100}$	90	74,1	68,49	51,82	3840	5075
При глубине увлажнения почвы 0,3-0,5 м						
$N_{130}P_{80}K_{20}$	70	54,9	82,51	60,84	3340	4530
$N_{130}P_{80}K_{20}$	80	63,7	78,98	59,47	3788	5031
$N_{130}P_{80}K_{20}$	90	58,9	86,67	65,44	3855	5105
$N_{180}P_{130}K_{60}$	70	62,3	72,71	53,61	3340	4530
$N_{180}P_{130}K_{60}$	80	78,3	64,25	48,38	3788	5031
$N_{180}P_{130}K_{60}$	90	65,4	78,06	58,94	3855	5105
$N_{230}P_{180}K_{100}$	70	72,0	62,92	46,39	3340	4530
$N_{230}P_{180}K_{100}$	80	84,1	59,82	45,04	3788	5031
$N_{230}P_{180}K_{100}$	90	78,2	65,28	49,30	3855	5105

Продолжая анализировать полученные данные, мы можем отметить, что нормы минеральных удобрений также снижают затраты оросительной воды и коэффициент водопотребления столовой свеклы. Наименьшие коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды получились на втором варианте режима орошения, когда влажность почвы поддерживалась не ниже 80 % НВ с дифференцированной глубиной увлажнения почвы. Такая закономерность прослеживалась на всех вариантах режима орошения и минерального питания. Это подтверждает, что дифференцирование глубины увлажнения почвы по периодам развития столовой свеклы позволяет более экономно использовать оросительную воду при всех нормах внесения минеральных удобрений.

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что столовая свекла и морковь весьма отзывчивы на оптимальное сочетание параметров орошения и минерального питания. В целом на всех вариантах режима орошения внесение нормы минеральных удобрений оказывает наиболее значительное влияние на продуктивность, затраты оросительной воды и коэффициент водопотребления формируемых к концу вегетации корнеплодов.

На светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья результаты трехлетних исследований при капельном поливе показали, что применяемые режимы орошения и нормы внесения минеральных удобрений позволяют получать планируемый урожай столовой свеклы и моркови на уровне 60-80 т/га.

Заключение. На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

1. При возделывании моркови в условиях Волго-Донского междуречья наибольшая продуктивность (81,6 т/га) обеспечивалась на варианте с поддержанием предполивной влажности на уровне 80-80-80 % НВ и на фоне внесения минеральных удобрений нормой $N_{210}P_{100}K_{260}$ под планируемую урожайность 80 т/га. В среднем за годы исследований коэффициента водопотребления и затрат оросительной воды на данном варианте имели самые минимальные значения и составили соответственно 72,18 и 55,15 м³/т.

2. При возделывании столовой свеклы установлено, что она хорошо отзывается на орошение и минеральное питание. Дифференцирование влажности почвы по глубине увлажнения почвы (0,3-0,5 м) и по фазам развития растений обеспечивает более эффективное использование влаги. Максимальный урожай столовой свеклы на этом варианте был получен на участке при поддержании влажности почвы 80 % НВ и в зависимости от варианта опыта изменялся в пределах 63,7...84,1 т/га, что на 10...20 % выше в сравнении с другими вариантами опыта. При этом коэффициент водопотребления и затраты оросительной воды снизились соответственно до 59,82-78,98 м³/т и до 45,04-59,47 м³/т.

Библиографический список

1. Ахмедов, А.Д. Управление водным режимом почвы при капельном орошении моркови [Текст] / А.Д. Ахмедов, Е.Э. Джамалетдинова // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Междунар. науч. практ. конф. /ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.– Волгоград, 2017. –Т. 2. – С. 127-133.

2. Ахмедов, А.Д. Влияние различного сочетания водного и питательного режимов почвы на продуктивность свеклы в условиях Волго-Донского междуречья [Текст] / А.Д. Ахмедов, А.Е. Засимов // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практ. конф. /ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.– Волгоград, 2017. – Т. 2. – С. 133-138.

3. Ахмедов, А.Д. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья [Текст] / А.Д. Ахмедов, А.Е. Засимов, Е.Э. Джамалетдинова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 1 (49). – С. 161-167.

4. Бородычев, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур: научное издание [Текст] / В.В. Бородычев. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 241 с.

5. 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.
6. Дубенок, Н.Н. Минеральное питание – важный ресурс повышения продуктивности моркови при капельном орошении [Текст] / Н.Н. Дубенок, В.В. Бородычев, А.А. Мартынова // Достижения науки и техники АПК. – 2010 – № 7. – С. 24-26.
7. Доспехов, Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1972. – 207 с.
8. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве [Текст] / Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
9. Плешаков, В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст] / В.Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.
10. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая [Текст] / В.И. Филин; ВГСХА. – Волгоград, 1994. – 274 с.
11. Akhmedov, A.D. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvial [Текст] / A.D. Akhmedov, E.E. Dzhamaletdinova, A.E. Zasimov // RUDN journal of Agronomy and animal industries. – 2018. – V. 13. – №. 3. – P. 185-193.

Reference

1. Ahmedov, A. D. Upravlenie vodnym rezhimom pochvy pri kapel'nom oroshenii morkovi [Текст] / A. D. Ahmedov, E. Je. Dzhamaletdinova // Jekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy Mezhdunar. nauch. prakt. konf. /FGBOU VO Volgogradskij GAU. -- Volgograd, 2017. -T. 2. - P. 127-133.
2. Ahmedov, A. D. Vliyanie razlichnogo sochetaniya vodnogo i pitatel'nogo rezhimov pochvy na produktivnost' svekly v usloviyah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya [Текст] / A. D. Ahmedov, A. E. Zasimov // Jekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakt. konf. /FGBOU VO Volgogradskij GAU. -- Volgograd, 2017. - T. 2. - P. 133-138.
3. Ahmedov, A. D. Produktivnost' ovoschnyh kul'tur pri kapel'nom polive v usloviyah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya [Текст] / A. D. Ahmedov, A. E. Zasimov, E. }. Dzhamaletdinova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 1 (49). - P. 161-167.
4. Borodychev, V. V. Sovremennye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur: nauchnoe izdanie [Текст] / V. V. Borodychev. - М.: FGNU CNTI "Meliovodinform", 2010. - 241 p.
5. Bocharnikov, V. S. Novye priemy vozdel'nyaniya ovoschnyh kul'tur v sisteme vodosberegayushchego orosheniya [Текст] / V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov // Ovoshevodstvo i teplichnoe hozyajstvo. - 2014. - № 4. - P. 54.
6. Dubenok, H.H. Mineral'noe pitanie - vazhnyj resurs povysheniya produktivnosti morkovi pri kapel'nom oroshenii [Текст] / H.H. Dubenok, V. V. Borodychev, A.A. Martynova // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2010 - № 7. - P. 24-26.
7. Dospheov, B. A. Planirovanie polevogo opyta i statisticheskaya obrabotka ego dannyh [Текст] / B. A. Dospheov. - М.: Kolos, 1972. - 207 p.
8. Nikitenko, G. F. Opytnoe delo v polevodstve [Текст] / G. F. Nikitenko. - М.: Ros-sel'hozizdat, 1982. - 190 p.
9. Pleshakov, V. N. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Текст] / V. N. Pleshakov. - Volgograd: VNIIOZ, 1983. - 148 p.
10. Filin, V. I. Spravochnaya kniga po rastenievodstvu s osnovami programmirovaniya urozhaya [Текст] / V. I. Filin; VGSXA. - Volgograd, 1994. - 274 p.
11. Akhmedov, A.D. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvial [Текст] / A.D. Akhmedov, E.E. Dzhamaletdinova, A. E. Zasimov // RUDN journal of Agronomy and animal industries. - 2018. - V. 13. - №. 3. - P. 185-193.

E-mail: askar-5@mail.ru

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД
С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ
В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ВОЛГИ**

**FORECASTING OF SURFACE RUN-OFF OF MELT-WATER
OF AGRICULTURAL LAND
IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE VOLGA BASIN**

А.Т. Барабанов¹, доктор сельскохозяйственных наук

А.И. Петелько², доктор сельскохозяйственных наук

A.T. Barabanov¹, A.I. Petelko²

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция –
филиал ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград

¹*Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

²*Novosilskaya Zonal Agroforestry Experimental Station -
branch of the Federal Scientific Center for Agroecology of RAS, Volgograd*

Приведены новые теоретические положения, уточняющие условия просачивания талой воды в почву и представления о гидрологическом процессе, которые позволили усовершенствовать существующие и разработать новые математические модели. Изложены материалы исследований, которые дают представление о закономерностях и особенностях формирования поверхностного стока талых вод и методах воздействия на него. Разработаны теоретические кривые вероятности превышения стока, выявлены связи его с природными факторами. Дан анализ методов прогнозирования поверхностного стока талых вод, подтверждено отсутствие хорошей теоретической основы для надежного метода прогноза и сделан вывод о его низкой точности. Изучены закономерности формирования стока, выявлены ведущие факторы, влияющие на него (влажность почвы, глубина ее промерзания и запасы воды в снеге) как самостоятельно, так и во взаимодействии, определены их роли в образовании стока, изложен закон лимитирующих факторов стока талых вод. Предложен метод прогнозирования стока талых вод с сельхозугодий, который был апробирован в лесостепной и степной природных зонах, изложен алгоритм расчета, приведено уравнение для его прогнозирования. Созданы математические модели формирования стока на разных типах почв, видах угодий и пашни. Сделан важный вывод о том, что при совершенствовании стокорегулирующих приемов и создании новых необходимо исходить из того, как они воздействуют на природные факторы: глубину промерзания, увлажнение почвы и запасы воды в снеге.

This article presents new theoretical concepts, specifying the conditions for the infiltration of melt-water into the soil and ideas about the hydrological process, which allowed to improve the existing mathematical models and develop new models. Research materials are suggested in this article, which give an idea about the patterns and characteristics of the formation of surface runoff of melt-water and how to influence it. Theoretical curves of the probability of runoff excess are developed, its connections with natural factors are revealed. The analysis of the methods of melt-water surface runoff prediction is given, the absence of a good theoretical basis for a reliable forecast method is confirmed, and the conclusion about its low accuracy is made. The regularities of flow formation were studied, the leading factors affecting it (soil moisture, depth of its freezing and water reserves in the snow) were identified both independently and in interaction, their role in the formation of runoff was determined, the law of the limiting factors of melt water flow was stated. The method of prediction of melt-water flow from farmland, which was tested in the forest-steppe and steppe natural areas, the algorithm of calculation, the equation for its prediction. Mathematical models of run-off formation on

different types of soil, types of land and arable land are created. An important conclusion is made that when improving flow control methods and creating new ones, it is necessary to proceed from how they affect natural factors: depth of freezing, soil moisture and water reserves in the snow.

Ключевые слова: *поверхностный сток талых вод, факторы стока, глубина промерзания почвы, снеготаяния, влажность почвы, закон лимитирующих факторов стока.*

Key words: *surface run-off of melt-water, run-off factors, depth of soil freezing, snow reserves, soil moisture, law of limiting factors of run-off.*

Введение. Из анализа методов прогноза поверхностного стока талых вод видно, что при его расчете учитываются от одного до десятков факторов, влияющих на него. Н.И. Алексеевский с соавторами [14] выявили, что в лесной и лесостепной зонах сток Волги зависит от годовой суммы осадков, а в степной части бассейна Волги он в большей степени связан с зимними осадками. П.А. Шеппель [17] получил уравнения, по которым поверхностный сток с бассейна Волги зависит только от снеготаяния, т. е. сток бывает тем больше, чем больше снега.

Другие исследователи [1, 5, 7, 16] предлагают определять сток в зависимости от запасов воды в снеге, влажности и глубины промерзания почвы, крутизны и длины склона, продолжительности и интенсивности таяния снега, суммы положительных температур за период снеготаяния и др. Причем эти факторы по их данным, как правило, влияют на сток так: чем больше уровень фактора, тем больше сток. А по мнению В.М. Мухина [13], речной сток зависит от очень многих факторов, одни из которых определяются путем непосредственного измерения, а другие – расчетом. К ним относятся указанные выше факторы, а также дефицит влажности и температура воздуха, водопроницаемость почвы, форма и размеры водосбора, крутизна склонов, характер почвенного и растительного покрова, состояние атмосферы и характер ее циркуляции, температура воды в океане и другие. Учет такого большого количества факторов, одни из которых существенно не влияют на формирование стока, а другие (промерзание, влажность почвы и др.) рассчитываются по косвенным показателям, приводит к большим ошибкам.

Материалы и методы. В.Д. Комаров [9, 10] исследовал взаимодействие талой воды с мерзлой почвой, а в последующие годы [15, 8, 12] была описана суть процесса впитывания снеговой воды в замерзшую почву. И.Л. Калужным, К.К. Павловой и С.А. Лавровым [8] была разработана концепция формирования «запирающего слоя в мерзлой почве». Суть ее состоит в том, что при определенном соотношении влажности мерзлой почвы и ее температуры в ней формируется водонепроницаемый слой. Выдвинутая и обоснованная Е.А. Гаршиным [6] концепция «ледяного экрана» объясняет то, что на границе между мерзлым и оттаявшим сверху слоем почвы полностью закупориваются все поры льдом и процесс инфильтрации воды превращается в «термоинфильтрацию».

Таким образом, анализ существующих методов прогноза стока не позволяет однозначно оценить роль природных факторов в его формировании, создать методику высокоточного прогноза и назначить методы и средства управления эрозионно-гидрологическим процессом.

Результаты и обсуждение. Во Всероссийском научно-исследовательском агролесомелиоративном институте (ныне ФНЦ агроэкологии РАН) имеются уникальные многолетние (свыше 60 лет) экспериментальные материалы, характеризующие формирование поверхностного стока талых вод на сельхозугодьях в разных зонах бассейна Волги. Подобных разработок нет в других научных учреждениях страны. Их анализ показал, что нет прямой связи стока с запасом воды в снеге (таблица 1). В многоснежные зимы стока часто совсем не бывает или он может быть очень большим (150 мм). В малоснежные зимы сток в отдельные годы бывает относительно большим (до 50 мм), а в другие годы он совсем не формируется.

Зависимость поверхностного стока от глубины промерзания почвы следующая. Если почва замерзла на небольшую глубину (не более 50 см) или она талая, то сток не образуется (таблица 1). Если же почва промерзла более 50 см, то сток формируется разной величины и он не зависит от дальнейшего ее промерзания. В результате анализа многолетних своих и литературных данных, характеризующих связь стока талых вод с природными факторами, А.Т. Барабановым [2, 3] был открыт закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод, что позволило создать методику его прогнозирования [4].

Таблица 1 – Показатели стока талых вод и факторов, обуславливающих его формирование в лесостепной части бассейна Волги

Год	Рыхлая пашня				Уплотненная пашня			
	сток, мм	запасы воды, мм		глубина промерзания почвы, см	сток, мм	запасы воды, мм		глубина промерзания поч- вы, см
		в почве	в снеге			в почве	в снеге	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Годы со стоком								
1964	52	151	211	60	–	–	–	–
1967	150	248	196	76	186	156	127	80
1969	22	175	52	182	46	173	77	165
1970	82	183	191	137	96	171	203	75
1971	52	165	154	100	42	188	74	100
1972	22	166	60	160	15	157	37	100
1973	31	190	70	97	38	168	63	100
1974	50	193	64	124	44	216	49	104
1979	41	174	137	68	64	167	132	80
1986	32	175	80	110	25	180	77	110
1987	33	152	153	69	42	118	149	69
1988	21	137	118	60	29	161	132	60
1990	21	190	44	68	–	–	–	–
1991	34	172	84	84	52	214	90	84
1993	17	174	42	83	14	151	45	83
1994	37	156	136	68	50	269	142	68
1996	29	164	81	80	25	153	89	80
2003	26	208	96	52	71	230	152	110
Годы без стока								
1966	0	157	108	0	1	189	101	0–10
1968	0	123	150	29	0	124	161	0–8
1975	0	154	86	30	–	–	–	–
1976	0	123	113	130	–	–	–	–
1977	2	132	114	30	0	172	174	45
1978	0	201	177	45	0	163	194	50
1980	0	153	158	30	0	152	153	35
1981	0	172	104	38	0	233	122	0
1982	0	184	101	50	–	–	–	–
1983	0	166	111	40	–	–	–	–
1984	3	129	51	120	–	–	–	–
1985	0	173	120	10	2	166	113	10
1989	0	168	41	0	–	–	–	–
1992	0	169	88	17	0	167	85	0–17

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1995	0	240	114	25	0	165	121	25
1997	1	247	55	45	—	—	—	—
1998	0	197	48	20	—	—	—	—
1999	0	178	144	0	—	—	—	—
2000	0	166	57	20	—	—	—	—
2001	0	210	80	0-5	—	—	—	—
2002	0	185	58	8	—	—	—	—
2004	0	220	86	5-20	0	258	97	15-20
2005	0	166	115	1-12	0	196	115	26
2006	0	205	137	51	—	—	—	—
2007	0	201	79	0	—	—	—	—
2008	0	184	76	25	—	—	—	—
2009	0	209	97	22	—	—	—	—
2010	0	192	89	35	—	—	—	—
2011	0	156	108	0	—	—	—	—
2012	0	160	86	40	—	—	—	—
2013	0	171	122	0-15	—	—	—	—
2014	0	203	35	20	—	—	—	—
2015	0	263	58	15	—	—	—	—

Примечание. Прочерк – нет данных.

Им установлено, что главными природными факторами, существенно влияющими на сток, являются только снегозапасы, влажность почвы и глубина ее промерзания; другие факторы на величину весеннего стока практически не влияют, но могут воздействовать на его интенсивность. Суть закона заключается в следующем: «При некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не образуется независимо от уровня двух других». Определены лимитирующие уровни факторов, при которых сток не образуется. При талой почве или замерзшей на глубину не более 50 см стока не бывает независимо от ее влажности и запасов воды в снеге. Если глубина промерзания почвы более 50 см, а уровни других факторов выше лимитирующих, то сток формируется всегда. В этом случае главную роль в формировании стока играют влажность почвы и запасы воды в снеге. Лимитирующим уровнем увлажнения почвы являются запасы влаги в верхнем ее слое (0-50 см) менее 130 мм. При таких запасах воды в почве сток не формируется независимо от величины снегозапасов и глубины промерзания почвы, иначе говоря при этих условиях фактором, лимитирующим сток талых вод, является влажность почвы. Лимитирующим уровнем снегозапасов является объем микрорельефа пашни. Если он больше запасов воды в снеге, то сток также не образуется. Разработанная на этой основе схема прогноза стока талых вод опубликована в работе [4]. Математические модели формирования стока, разработанные на основе закона лимитирующих факторов стока [3], позволяют довольно точно делать прогноз поверхностного стока талых вод. Нами также установлено, что почва как саморегулирующаяся система в отношении водопоглощения способна поглотить некоторое количество воды, наибольшая величина которого равна полной влагоемкости мерзлого слоя почвы (0-50 см).

Анализ и обобщение изложенных выше и других материалов позволили нам разработать метод прогноза стока с сельскохозяйственных угодий на водосборных бассейнах с учетом типов почв, видов угодий и состояния пашни.

Фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования позволили сделать важный вывод о том, что при совершенствовании имеющихся стокорегулирующих приемов и создании новых необходимо обращать внимание на то, каким образом они воздействуют на природные факторы стока. Зная, какое влияние они оказывают на формирование стока, можно его регулировать. Например, на глубину промерзания почвы можно воздействовать путем регулирования характера снегоотложения с помощью стокорегулирующих лесополос, кулис из кустарников и высокостебельных сельскохозяйственных растений (кукуруза, подсолнечник), а также и другими способами.

Заключение. Теоретические исследования закономерностей формирования поверхностного стока талых вод, проведенные на основе большого экспериментального материала, полученного в лесостепной зоне бассейна Волги, позволили выявить закономерности образования стока на различных видах пашни, определить разную вероятность превышения и показатели среднего стока. Средняя многолетняя величина стока составляет на рыхлой пашне 15-20 мм, а на уплотненной – 30-37 мм. Приведенные материалы исследований дают представление о методах воздействия на процессы эрозии и управления ими путем применения почвозащитных ресурсосберегающих технологий и средств агролесомелиорации. Экспериментальная оценка воздействия природных факторов на сток талых вод позволила открыть закон лимитирующих факторов. Установлены уровни факторов, при которых он не образуется. На этой основе разработан способ его прогнозирования с сельхозугодий, который был проверен в разных природных зонах. Разработанный высокоточный прогноз поверхностного стока с водосбора Волги с учетом имеющихся запасов воды в Волжско-Камском каскаде водохранилищ, позволяет установить оптимальный режим весеннего паводка как в многоводные, так и маловодные годы, который обеспечит водой всех водопользователей и будет способствовать повышению биоразнообразия в Волге, и особенно в Волго-Ахтубинской пойме, улучшению экологического состояния и качества жизни людей, созданию благоприятных условий для нереста рыб, обитания птиц и животных.

Библиографический список

1. Аполлов, Б.А. Курс гидрологических прогнозов [Текст] / Б.А. Аполлов, Г.П. Калинин, В.Д. Комаров. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 420 с.
2. Барабанов, А.Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод, его прогноз и регулирование [Текст] / А.Т. Барабанов // Изв. Оренбург. аграр. ун-та. – 2012. – № 1 (33). – С. 65-68.
3. Барабанов, А.Т. Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод [Текст]: пат. № 2347222 РФ МКИ / А.Т. Барабанов, Е.А. Гаршинев, К.Н. Кулик. Заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИАЛМИ. – 2009126879/12; заявл. 24 июля 2006 г., опубл. 20.02. 2009 г. – Бюл. № 5. – 3 с.
4. Барабанов, А.Т. К вопросу о прогнозе поверхностного стока талых вод в лесостепной и степной зонах [Текст] / А.Т. Барабанов, В.И. Панов // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18. – № 4 (53). – С. 22-27.
5. Водогрецкий, В.Е. Склоновый сток и его изменение под влиянием агротехнических и лесомелиоративных мероприятий [Текст] / В.Е. Водогрецкий, Э.А. Зайцева, Л.В. Елфимова // Труды ГГИ. Вып. 206: Вопросы влияния хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – С. 53-60.
6. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация [Текст] / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: Изд-во Всерос. НИИ агролесомелиорации, 1999. – 196 с.
7. Демидов, В.В. Закономерности эрозии почв лесостепной зоны при снеготаянии как научная основа системы почвозащитных и природоохранных мероприятий [Текст]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Демидов. – М., 2000. – 47 с.

8. Калюжный, И.Л. Физическое моделирование процессов миграции влаги при промерзании почв [Текст] / И.Л. Калюжный, К.К. Павлова, С.А. Лавров // Метеорология и гидрология. – 1984. – № 1. – С. 71-85.

9. Комаров, В.Д. Весенний сток равнинных рек европейской части СССР, условия его формирования и методы прогнозов [Текст] / В.Д. Комаров. – М.: Гидрометеоиздат, 1959. – 295 с.

10. Комаров, В.Д. Исследование влияния глубины промерзания почвы и других факторов на талый сток рек степной и лесостепной зон [Текст] / В.Д. Комаров, Т.Т. Макарова // Метеорология и гидрология. – 1972. – № 8. – С. 67-74.

11. Кучмент, Л.С. Модели процессов формирования речного стока [Текст] / Л.С. Кучмент. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 143 с.

12. Мотовилов, Ю.Г. Численное моделирование процесса инфильтрации воды в мерзлую почву [Текст] / Ю.Г. Мотовилов // Метеорология и гидрология. – 1977. – № 9. – С. 67-75.

13. Мухин В.М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья [Текст] / В.М. Мухин // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. – 2014. – Вып. 351. – С. 108-140.

14. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги [Текст] / Н.И. Алексеевский, Н.П. Фролова, М.М. Антонова и др. // Вода: химия и экология. – 2013. – № 4. – С. 3-12.

15. Теплофизический метод расчета потерь талых вод на инфильтрацию в мерзлую почву [Текст] / И.Л. Калюжный, Н.С. Морозова, К.К. Павлова и др. // Метеорология и гидрология. – 1981. – № 1. – С. 76-82.

16. Сурмач, Г.П. Прогнозирование стока талых вод [Текст] / Г.П. Сурмач, М.М. Ломакин, Л.П. Шестакова // Земледелие. – 1989. – № 4. – С. 29-31.

17. Шеппель, П.А. Специальный весенний попуск паводковых вод Волги [Текст] / П.А. Шеппель. – Волгоград: Нижне-Волж. изд-во, 1990. – 191 с.

Reference

1. Apollov, B. A. Kurs gidrologicheskikh prognozov [Tekst] / B. A. Apollov, G. P. Kalinin, V. D. Komarov. - L.: Gidrometeoizdat, 1974. - 420 p.

2. Barabanov, A. T. Zakonomernosti formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod, ego prognoz i regulirovanie [Tekst] / A. T. Barabanov // Izv. Orenburg. agrar. un-ta. - 2012. - № 1 (33). - P. 65-68.

3. Barabanov, A. T. Sposob prognozirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod [Tekst]: pat. № 2347222 RF MKI / A. T. Barabanov, E. A. Garshinev, K. N. Kulik. Zayavitel' i patentoobladatel' GNU VNIALMI. - 2009126879/12; zayavl. 24 iyulya 2006 g., opubl. 20.02. 2009 g. - Byul. № 5. - 3 p.

4. Barabanov, A. T. K voprosu o prognoze poverhnostnogo stoka talyh vod v lesostepnoj i stepnoj zonah [Tekst] / A. T. Barabanov, V. I. Panov // Aridnye jekosistemy. - 2012. - T. 18. - № 4 (53). - P. 22-27.

5. Vodogreckij, V. E. Sklonovyy stok i ego izmenenie pod vliyaniem agrotehnicheskikh i lesomeliorativnykh meropriyatij [Tekst] / V. E. Vodogreckij, Je. A. Zajceva, L. V. Elfimova // Trudy GGI. Vyp. 206: Voprosy vliyaniya hozyajstvennoj deyatel'nosti na vodnye resursy i vodnyj rezhim. - L.: Gidrometeoizdat, 1973. - P. 53-60.

6. Garshinev, E. A. Jerozionno-gidrologicheskij process i lesomelioraciya [Tekst] / E. A. Garshinev. - Volgograd: Izd-vo Vseros. NII agrolesomelioracii, 1999. - 196 p.

7. Demidov, V. V. Zakonomernosti jerozii pochv lesostepnoj zony pri snegotayanii kak nauchnaya osnova sistemy pochvozaschitnyh i prirodoohrannyh meropriyatij [Tekst]: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk / V. V. Demidov. - M., 2000. - 47 p.

8. Kalyuzhnyj, I. L. Fizicheskoe modelirovanie processov migracii vlagi pri promerzanii pochv [Tekst] / I. L. Kalyuzhnyj, K. K. Pavlova, S. A. Lavrov // Meteorologiya i gidrologiya. - 1984. - № 1. - P. 71-85.

9. Komarov, V. D. Vesennij stok ravninnyh rek evropejskoj chasti SSSR, usloviya ego formirovaniya i metody prognozov [Tekst] / V. D. Komarov. - M.: Gidrometeoizdat, 1959. - 295 p.

10. Komarov, V. D. Issledovanie vliyaniya glubiny promerzaniya pochvy i drugih faktorov na talyj stok rek stepnoj i lesostepnoj zon [Tekst] / V. D. Komarov, T. T. Makarova // Meteorologiya i gidrologiya. - 1972. - № 8. - P. 67-74.
11. Kuchment, L. S. Modeli processov formirovaniya rechnogo stoka [Tekst] / L. S. Kuchment. - L: Gidrometeoizdat, 1980. - 143 p.
12. Motovilov, Yu. G. Chislennoe modelirovanie processa infil'tracii vody v merzluyu pochvu [Tekst] / Yu. G. Motovilov // Meteorologiya i gidrologiya. - 1977. - № 9. - P. 67-75.
13. Muhin V. M. Metody prognozirovaniya pritoka vody v vodohranilischa za period vesennego polovod'ya [Tekst] / V. M. Muhin // Trudy Gidrometcentra Rossii. Gidrometeorologicheskie prognozy. - 2014. - Vyp. 351. - P. 108-140.
14. Ocenka vliyaniya izmenenij klimata na vodnyj rezhim i stok rek bassejna Volgi [Tekst] / N. I. Alekseevskij, N. P. Frolova, M. M. Antonova i dr. // Voda: himiya i jekologiya. - 2013. - № 4. - P. 3-12.
15. Teplofizicheskij metod rascheta poter' talyh vod na infil'traciyu v merzluyu pochvu [Tekst] / I. L. Kalyuzhnyj, N. S. Morozova, K. K. Pavlova i dr. // Meteorologiya i gidrologiya. - 1981. - № 1. - P. 76-82.
16. Surmach, G. P. Prognozirovanie stoka talyh vod [Tekst] / G. P. Surmach, M. M. Lomakin, L. P. Shestakova // Zemledelie. - 1989. - № 4. - P. 29-31.
17. Sheppel', P. A. Special'nyj vesennij popusk pавodkovykh vod Volgi [Tekst] / P. A. Sheppel'. - Volgograd: Nizhne-Volzh. izd-vo, 1990. - 191 p.

E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

УДК 628.3:631.67.03:635.116

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-6

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛИВА ОЧИЩЕННОЙ СТОЧНОЙ ВОДОЙ КОРНЕПЛОДОВ В КРЫМУ

ECOLOGICAL ESTIMATION OF IRRIGATION BY TREATED WASTEWATER OF ROOTS IN CRIMEA

Е.П. Боровой¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. Ходяков¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.И. Кременской², научный сотрудник

А.М. Джапарова², младший научный сотрудник

E.P. Borovoy¹, E.A. Khodyakov¹, V.I. Kremenskoy², A.M. Dzhaparova²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

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

¹Volgograd State Agrarian University

²Research Institute of Agriculture of Crimea

Дана качественная оценка применения очищенных сточных вод крупных городов Республики Крым для выращивания овощных культур на примере корнеплодов. Показано позитивное влияние орошения очищенными сточными водами на экологию, почву и растения. Опыты проводили в вегетационных сосудах. Оценка пригодности поливной воды определялась на основании ирригационного коэффициента, коэффициента ионного обмена, натриевого адсорбционного отношения и почвенно-мелиоративной классификации оросительной воды. По всем показателям данную воду можно классифицировать как пригодную для орошения: ирригационный коэффициент больше 18, коэффициент ионного обмена больше 1, а натриевое адсорбционное отношение меньше 8. Установлено воздействие очищенных сточных вод Симферопольских канализационных очистных сооружений на диаметр, длину, массу и урожайность сахарной и кормовой свеклы. Экологическая оценка проведённых опытов показала, что полив сахарной и кормовой свеклы сточными и очищенными на 50 % водами позитивно воздействовал на плодородие почвы. Содержание гумуса увеличилось на 0,30...0,52 %. Использование сточных вод для орошения свеклы без применения

удобрений способствовало накоплению питательных элементов $N-NO_3$, P_2O_5 и K_2O в почве. Содержание нитратов в свекле не превышало предельных концентраций. Общая мелиоративная обстановка после использования сточных вод для полива свеклы на опытном участке тоже не ухудшилась, поскольку результаты анализов и расчётов показали, что почва после проведения опытов характеризуется как не засоленная токсичными ионами.

The article considers the possibility of using purified sewage from large cities of the Republic of Crimea for the cultivation of vegetables on the example of roots. The positive effect of irrigation by treated wastewater on the ecology, soil and plants is shown. In this study, experiments were carried out in vegetation vessels. The assessment of the suitability of irrigation water was determined on the basis of the irrigation coefficient, the ion exchange coefficient, the sodium adsorption ratio, and the soil-meliorative classification of irrigation water. For all indicators, this water can be classified as suitable for irrigation: the irrigation coefficient is more than 18, the ion exchange coefficient is greater than 1, and the sodium adsorption ratio is less than 8. The effect of treated wastewater from the Simferopol sewage treatment plant on the diameter, length, weight and yield of sugar and fodder beet has been established. The environmental assessment of the experiments showed that irrigation of sugar and fodder beet with waste and 50% purified water had a positive effect on soil fertility. The humus content increased by 0.30 ... 0.52%. The use of wastewater to irrigate beets without the use of fertilizers contributed to the accumulation of nutrients $N-NO_3$, P_2O_5 and K_2O in the soil. The amount of nitrates in the beets did not exceed the limiting concentrations. The general ameliorative situation after the use of treated wastewater for irrigation of beets in the experimental plot also did not deteriorate, because the results of analyzes and calculations showed that the soil after the experiments are characterized as non-saline toxic ions.

Ключевые слова: кормовая свекла, сахарная свёкла, орошение сточными водами, урожайность свеклы.

Key words: fodder beets, sugar beets, wastewater irrigation, yield of beets.

Введение. Прекращение поставок днепровской воды привело к усилению дефицита водных ресурсов на территории Республики Крым. Наиболее негативно это отразилось на орошаемом земледелии и повлекло за собой необходимость оценить эколого-экономическую эффективность использования собственных водных ресурсов, расставить приоритеты в направлении покрытия дефицита водного баланса, в том числе и в сельском хозяйстве [3, 5, 10, 14].

На территории региона можно выделить несколько источников воды, которую возможно использовать для целей орошения после ее предварительной подготовки: сточные, коллекторно-дренажные, слабоминерализованные подземные и морские воды. Исходя из количественной оценки и минимизации затрат на водоподготовку наиболее перспективным направлением покрытия дефицита водных ресурсов в сельском хозяйстве являются очищенные сточные воды [4, 10].

В Республике Крым основным источником сточных вод являются хозяйственно-бытовые и промышленные стоки населенных пунктов и предприятий. На территории полуострова функционируют 103 канализационно-очистных сооружения (КОС) общей мощностью 216,3 млн m^3 /год. Крупные канализационные очистные сооружения расположены в городах Симферополь производительностью 170 тыс. m^3 /сутки, Ялта – 80 тыс. m^3 /сутки, Евпатория – 78 тыс. m^3 /сутки, Феодосия – 42 тыс. m^3 /сутки. Широко представлены в Крыму очистные станции малых населенных пунктов, мощностью 0,1...10 тыс. m^3 /сутки. В 2016 году 85 % объема сточных вод сброшено в поверхностные водные объекты, что оказало негативное влияние на экологическое состояние полуострова [6].

Материалы и методы. Вегетационные исследования по изучению влияния очищенных сточных вод Симферопольских очистных сооружений на рост, развитие и урожайность сахарной и кормовой свёклы проводили на землях ФГБУН «НИИСХ Крыма» с. Укромное Симферопольского района. Опыты выполняли в вегетационных сосудах размером 1,5х1,5м по 4 растения в каждом сосуде.

Полив растений осуществлялся чистой водой из шахтного колодца и очищенной сточной водой Симферопольских КОС по вариантам:

1 – вода из шахтного колодца с. Укромное Симферопольского района (земли Отдела селекции, семеноводства, овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма»);

2 – очищенная сточная вода Симферопольских КОС;

3 – вода, смешанная в пропорции 1 : 1 из указанных выше источников.

Варианты опытов, повторности размещены в рендомизированном порядке методом случайных блоков, и расстановки вегетационных сосудов на опытном участке – по Доспехову [7]. Полевые исследования проводились на сахарной свёкле РМС-121 F1 и кормовой свёкле сорт Эккендорфская желтая.

Результаты и обсуждение. При поливе сточными водами в первую очередь оценивают их пригодность для этих целей, тем более когда осуществляют орошение овощных культур. В наших исследованиях отбор проб воды осуществлялся три раза. Солевой состав определяли для всех трех вариантов. Результаты химических анализов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика солевого состава воды, используемой для орошения в нашем опыте

Дата отбора пробы	Вариант опыта	рН	Растворенные элементы, мг/дм ³								Минерализация, г/дм ³
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NO ₃ ⁻	
06.06.17	1	8,1	317	77	48	76	18	55	5	14,1	0,664
	2	8,8	317	91	30	112	20	65	11	20,4	0,654
	3	8,4	317	84	39	94	19	60	8	17,3	0,659
30.06.17	1	7,5	366	87	55	140	25	47	5	12,0	0,646
	2	7,7	329	81	37	106	25	60	14	19,8	0,556
	3	7,6	348	84	46	123	25	54	10	15,9	0,601
01.08.17	1	8,2	384	67	63	146	40	56	4	15,5	0,736
	2	7,8	317	77	46	110	20	60	12	24,6	0,618
	3	8,0	351	72	55	128	30	58	8	20,1	0,677

Состав солей в отобранных образцах в среднем по вариантам можно классифицировать следующим образом:

- в 1 варианте – гидрокарбонатно-кальциевый;
- во 2 варианте – хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевый;
- в 3 варианте – хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевый.

В среднем вода имела слабощелочную реакцию (7,5...8,8).

Оценка пригодности отобранных проб воды для целей орошения определялась по общеизвестным методикам [2], на основании ирригационного коэффициента, коэффициента ионного обмена, натриевого адсорбционного отношения и почвенно-мелиоративной классификации оросительной воды [11]. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка пригодности отобранных образцов воды по вариантам опыта

Дата отбора пробы	Вариант опыта	Ирригационный коэффициент	Коэффициент ионного обмена	Натриевое адсорбционное отношение (SAR)
06.06.2017	1	26,02	2,07	1,47
	2	21,97	2,42	1,49
	3	23,82	2,26	1,48
30.06.2017	1	23,51	4,13	0,96
	2	24,55	2,68	1,36
	3	24,30	3,29	1,16
01.08.2017	1	28,80	4,05	1,06
	2	25,51	2,59	1,38
	3	27,07	3,30	1,20

Из таблицы видно, что по всем показателям данную воду можно классифицировать как пригодную для орошения, поскольку ирригационный коэффициент был больше 18, коэффициент ионного обмена был больше 1, а натриевое адсорбционное отношение было меньше 8.

Исследуемые образцы относятся ко второму классу, то есть данная вода может оказывать негативное воздействие на мелиоративную обстановку и урожайность сельскохозяйственных культур только в случае плохой дренируемости территории.

Проведённые опыты показали [9], что на вариантах с очищенной и смешанной наполовину водой по сравнению с контролем средний вес сахарной свеклы возрастал до 654...680 г (или на 8,6...13 %), средний диаметр – до 9,2...9,3 см (или на 4,5...5,7 %), а средняя длина – до 12,6...12,9 см (или на 9,6...12,2 %). На вариантах с кормовой свеклой вес корнеплодов увеличился до 1799...2090 г (или на 19,3...38,6 %), диаметр – до 10,9...12,6 см (или на 10,0...27,3 %), а длина – до 22,9...23,9 см (или на 5,5...10,1 %).

Таблица 3 – Биометрические параметры и содержание сухого вещества в листьях свеклы в день уборки урожая на 25.09.2017 г.

Вариант опыта	Количество листьев, $\frac{\text{от-до}}{\text{среднее}}$, штук	Масса, $\frac{\text{от-до}}{\text{среднее}}$, г	Площадь листовой поверхности зеленых листьев, $\frac{\text{от-до}}{\text{среднее}}$, см ²	Содержание сухого вещества в ях, $\frac{\text{от-до}}{\text{среднее}}$, %
Сахарная свекла				
1	$\frac{27 - 75}{40}$	$\frac{75 - 515}{198}$	$\frac{1260 - 16990}{5570}$	$\frac{15 - 20}{18,5}$
2	$\frac{26 - 68}{35}$	$\frac{60 - 440}{172}$	$\frac{3080 - 5960}{4600}$	$\frac{15 - 21}{18,2}$
3	$\frac{30 - 75}{42}$	$\frac{70 - 490}{184}$	$\frac{5110 - 7870}{6450}$	$\frac{14 - 20}{17,4}$
Кормовая свекла				
1	$\frac{30 - 72}{43}$	$\frac{130 - 705}{362}$	$\frac{2180 - 11710}{9260}$	$\frac{12 - 18}{15,4}$
2	$\frac{31 - 62}{42}$	$\frac{155 - 950}{407}$	$\frac{2060 - 16260}{9800}$	$\frac{15 - 20}{17,1}$
3	$\frac{34 - 87}{46}$	$\frac{160 - 680}{347}$	$\frac{3950 - 14380}{8820}$	$\frac{15 - 19}{16,2}$

По сахарной свекле наибольший биологический урожай 12,1 т/га получен в вегетационных сосудах второго варианта (полив очищенной сточной водой), что составляет 60,4 т/га при пересчёте для полевых условий при схеме посадки 45х25 см. По кормовой свекле максимальная урожайность по вегетационным сосудам получена в третьем варианте (полив смешанной наполовину водой) 37,2 т/га или 132,7 т/га для полевых условий при схеме посадки 45х35 см.

Биометрические исследования проводили с листьями свеклы: количество, масса, площадь листовой поверхности, содержание сухого вещества, которые представлены в таблице 3.

Среднее значение количества листьев для сахарной свеклы по вариантам составило 35...42 штук, а массы – 172...198 г. Средняя площадь листовой поверхности зеленых листьев на день уборки по вариантам опыта составила 4,6...6,5 тыс. см² и содержание сухого вещества соответственно – 17,4...18,5 %. Большого различия по вариантам опыта не наблюдалось.

По кормовой свекле среднее количество листьев по вариантам опыта составило 42...46 штук, а массы – 347...407 г. Площадь листовой поверхности зеленых листьев изменялась от 8,8 до 9,8 тыс. см², содержание сухого вещества – от 15,4 до 17,1 %. Существенного различия по вариантам опытов здесь тоже не было отмечено.

В таблице 4 приведены данные по содержанию сахарозы и сухих веществ в корнеплодах свеклы.

Таблица 4 – Содержание сахарозы и сухих веществ
в корнеплодах свеклы по вариантам опыта, %

Вариант опыта	Количество сахарозы в корнеплодах	Количество сухих веществ
Сахарная свекла		
1	19,7	22,4
2	17,2	21,4
3	18,6	20,9
Кормовая свекла		
1	3,7	11,9
2	3,9	13,1
3	4,0	14,6

Общее количество сахарозы в сахарной свекле составило 17,2...19,7 %, а доля сухих веществ – 20,9...22,4 %. Наиболее высокие показатели наблюдались в первом варианте опыта (полив водой из шахтного колодца). В кормовой свекле содержание общего сахара составило 3,7...4,0 %, а доля сухих веществ – 11,9...14,6 %. Здесь, в отличие от опытов с сахарной свеклой, самые высокие показатели были получены в третьем варианте (полив смешанной водой).

Содержание нитратов в корнеплодах не превышало ПДК. В сахарной свекле оно было не более 1200 мг/кг, а в кормовой – до 2000 мг/кг.

Проведены исследования по определению объёма корнеплода свеклы, находящегося на поверхности почвы. Это важный технологический параметр, учитываемый при уборке корнеплодов. Сахарная свекла в среднем по вариантам находилась на поверхности почвы от 19 до 29 %. По кормовой свекле на поверхности почвы размещалось 59...64 % от объёма корнеплода, что существенно снижает расходы на уборку урожая.

Как известно из отечественного и зарубежного опыта, орошение сточными водами способствует улучшению питательного режима почв [13, 15]. Длительное использование сточных вод влияет на водно-физические и химические свойства почвы: уве-

личивается количество водоустойчивых агрегатов, уменьшается порозность и водопроницаемость почвы, в ряде случаев отмечено увеличение содержания гумуса в пахотном слое по сравнению с неорошаемыми участками на 0,3...1 % [1].

В наших исследованиях содержание гумуса определялось до начала вегетационного периода (контроль) и после сбора урожая – по каждому варианту для кормовой и сахарной свеклы. Результаты наблюдений показали, что использование сточных и смешанных наполовину вод способствовало увеличению содержания гумуса в почве на 0,30...0,52 %.

Известно, что для формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур в условиях орошения необходимо значительное количество питательных веществ. При урожае кормовой свеклы 150,0 т/га из почвы выносятся 415 кг/га азота, 135 кг/га – фосфора, 325 кг/га – калия [8].

Полив очищенной сточной и смешанной в соотношении 1 : 1 водой способствовал накоплению питательных веществ в почве в сравнении с поливом водой из шахтного колодца.

Оценка содержания подвижных форм питательных веществ в почве показала, что содержание нитратного азота в почве за вегетационный период свеклы при поливе сточными и наполовину очищенными водами без внесения удобрений значительно уменьшилось. Причем на втором и третьем вариантах опыта содержание N-NO₃ снизилось только на 0,75...1,32, в то время как при поливе чистой водой из шахтного колодца оно уменьшилось на 2,04...2,06 мг/100 г почвы.

По содержанию P₂O₅ полив сточными водами способствовал увеличению этих питательных веществ. На лучших вариантах оно увеличилось на 0,6...2,3 мг/100 г почвы, тогда как при орошении свеклы чистой водой оно снизилось на 1,9...5,6 мг/100 г почвы.

По содержанию K₂O на вариантах с поливом сточными водами оно уменьшилось только на 4,3...6,3, в то время как на 1 варианте оно сократилось на 31,9...37,1 мг/100 г почвы.

В результате после уборки урожая почвы опытного участка характеризовались как высокообеспеченные по содержанию подвижных соединений калия и фосфора и низкообеспеченные по наличию нитратного азота.

В нашей работе развитие процессов засоления почвы при поливе различными категориями воды оценивалось на основе величины «суммарного эффекта» токсичных ионов [12], то есть принималась в расчет не просто минерализация водной вытяжки, а весь солевой состав, так как в различных почвах может присутствовать одно и то же количество солей, но в зависимости от их состава почвы могут обладать разной степенью засоленности, что обусловлено неравноценной токсичностью для растений различных легкорастворимых солей.

В таблице 5 сведены результаты по расчету «суммарного эффекта» токсичных ионов по всем вариантам опыта. Контроль – данные по солевому составу водной вытяжки на начало вегетационного периода.

Таблица 5 – Расчет «суммарного эффекта» токсичных ионов

Вариант опыта	Солевой состав, мг-экв./100 г почвы						«Суммарный эффект» токсичных ионов, мг-экв. Cl на 100 г почвы
	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Контроль	0,226	0,113	0,137	0,778	0,247	0,043	0,113
1	0,261	0,118	0,237	0,444	0,214	0,317	0,129
2	0,270	0,149	0,281	0,594	0,288	0,278	0,158
3	0,264	0,135	0,235	0,464	0,288	0,361	0,142

Результаты расчётов показали, что, несмотря на возрастание содержания ионов после использования сточных вод для полива свеклы, суммарный эффект токсичных ионов по второму и третьему вариантам опыта составил соответственно 0,142...0,158 мг-экв. Cl⁻ /100 г почвы, то есть не превысил показателя 0,3. Следовательно, почву можно охарактеризовать как незасоленную токсичными ионами.

Заключение. Экологическая оценка проведённых опытов показала, что полив сахарной и кормовой свеклы сточными и очищенными наполовину водами позитивно воздействовал на плодородие почвы. Содержание гумуса увеличилось на 0,30...0,52%. Использование сточных вод без применения удобрений способствовало накоплению питательных элементов в почве. На втором и третьем вариантах опыта содержание N-NO₃ и K₂O снизилось соответственно на 0,75...1,32 и 4,3...6,3, в то время как при поливе чистой водой из шахтного колодца оно уменьшилось на 2,04...2,06 и 31,9...37,1 мг/100 г почвы. А содержание P₂O₅ на лучших вариантах даже увеличилось на 0,6...2,3, тогда как при орошении свеклы чистой водой оно снизилось на 1,9...5,6 мг/100 г почвы.

Результаты проведённых опытов по применению очищенных сточных вод КОС г. Симферополь с целью орошения кормовой и сахарной свеклы показали, что не было выявлено вредного воздействия на их урожайность и качество полученной продукции. Наибольшие урожайности сахарной свеклы 60,4 т/га и кормовой свеклы 132,7 т/га (при пересчёте для полевых условий результатов опытов в вегетационных сосудах) были получены соответственно при поливе сточной смешанной наполовину водой. При этом содержание нитратов в свекле не превышало ПДК в сахарной свекле 1200 мг/кг, а в кормовой - 2000 мг/кг.

Общая мелиоративная обстановка после использования сточных вод для полива свеклы на опытном участке тоже не ухудшилась. Результаты расчётов показали, что, несмотря на возрастание содержания ионов и суммарного эффекта токсичных ионов по второму и третьему вариантам опыта от 0,113 до 0,142...0,158 мг-экв. Cl⁻ /100 г почвы, в целом он не превысил показателя 0,3. А это характеризует почву как незасоленную токсичными ионами.

Библиографический список

1. Бескровный, Ю. Г. Использование сточных вод для орошения [Текст]/ Ю. Г. Бескровный, М. В. Козинец, В. И. Бойко. – Киев: Урожай, 1989. – 160 с.
2. Внесение химмелиорантов с поливной водой (Пособие СНИП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения»): строит. нормы и правила: утв. В/О «Союзводпроект», приказ N 201 от 12 декабря 1985 г. – М., 1985. – 21 с.
3. Волкова, Н. Е. Использование очищенных сточных вод в Крыму: опыт прошлого, реалии настоящего [Текст]/ Н.Е. Волкова, Р.Ю. Захаров // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – №3(27). – С. 144-159.
4. Воронин, Н. Г. Использование сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур в Поволжье [Текст]/ Н. Г. Воронин, В. П. Бочаров. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 72 с.
5. Джапарова, А. М. Аналитическая оценка состояния орошения и водоснабжения в сельских регионах Крыма [Текст]/ А. М. Джапарова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 3 (63) – С. 171-177.
6. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 году [Текст]. – Ижевск: ООО Принт-2, 2017. – 300 с.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований [Текст]/ Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
8. Интенсивное кормопроизводство на орошаемых землях [Текст]. – Киев: Урожай, 1989. – 222 с.

9. Кременской, В. И. Опыты полива свёклы очищенной сточной водой в Крыму [Текст]/ В. И. Кременской, Э. Э. Сейтумеров, А. М. Джапарова // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: материалы науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), 07-24 ноября 2017 г. / Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ. – Новочеркасск, 2017. – Вып. 15. – Ч. 1. – С. 93-102.

10. Кременской, В. И. Экологизация технологии орошения сельскохозяйственных культур сточными водами [Текст]/ В. И. Кременской, А. Н. Горюнов // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь, 1998. – С. 154-164.

11. Мелиорация и водное хозяйство. Т. 6. Орошение: справочник [Текст]/ под ред. Б. Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.

12. Мелиоративное земледелие [Текст]: методические указания к лабораторным и практическим занятиям для бакалавров по направлениям: «Агрономия» и «Садоводство» / В. П. Василько [и др.]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 95 с.

13. Ушкаренко, В. А. Орошение сточными водами кормовых культур на каштановых почвах УССР [Текст]: автореф. дис... канд. с.-х. наук / В. А. Ушкаренко. – Одесса, 1996. – 28 с.

14. Шавин, А. Ф. Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской АССР [Текст]/ А. Ф. Шавин; Государственный комитет Украины по водному хозяйству. Общество мелиорации Крыма. – Симферополь, 1992. – Ч. 1. – 68 с.

15. Экснер, К. Опыт орошения сточными водами тяжелых по механическому составу почв в условиях Германской Демократической Республики [Текст] : автореф. дис... канд. с.-х. наук/ Экснер Карл. – М., 1966. – 20 с.

Reference

1. Beskrovnyj, Yu. G. Ispol'zovanie stochnyh vod dlya orosheniya [Tekst]/ Yu. G. Beskrovnyj, M. V. Kozinec, V. I. Bojko. - Kiev: Urozhaj, 1989. - 160 p.

2. Vnesenie himmeliorantov s polivnoj vodoj (Posobie SNIP 2.06.03-85 "Meliorativnye sistemy i sooruzheniya"): stroit. normy i pravila: utv. V/O "Soyuzvodproekt", prikaz N 201 ot 12 dekabrja 1985 g. - M., 1985. - 21 p.

3. Volkova, N. E. Ispol'zovanie ochischennyh stochnyh vod v Krymu: opyt proshlogo, realii nastoyaschego [Tekst]/ N. E. Volkova, R. Yu. Zaharov // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2017. - №3(27). - P. 144-159.

4. Voronin, N. G. Ispol'zovanie stochnyh vod dlya orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Povolzh'e [Tekst]/ N. G. Voronin, V. P. Bocharov. - M.: Rosagropromizdat, 1988. - 72 s.

5. Dzhaparova, A. M. Analiticheskaya ocenka sostoyaniya orosheniya i vodosnabzheniya v sel'skih regionah Kryma [Tekst]/ A. M. Dzhaparova // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2016. - № 3 (63) - P. 171-177.

6. Doklad o sostoyanii i ohrane okruzhayuschej sredy na territorii Respubliki Krym v 2016 godu [Tekst]. - Izhevsk: OOO Print-2, 2017. - 300 p.

7. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy [Tekst]/ B. A. Dospehov. - M.: Kolos, 1979. - 416 s.

8. Intensivnoe kormoproizvodstvo na oroshaemyh zemlyah [Tekst]. - Kiev: Urozhaj, 1989. - 222 s.

9. Kremenskoj, V. I. Opyty poliva svjokly ochischennoj stochnoj vodoj v Krymu [Tekst]/ V. I. Kremenskoj, Je. Je. Sejtumerov, A. M. Dzhaparova // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. Puti povysheniya jeffektivnosti i jekologicheskoy bezopasnosti melioracij zemel' Yuga Rossii: materialy nauch. -- prakt. konf. (Shumakovskie chteniya), 07-24 noyabrya 2017 g. / Novoчерк. inzh. -- melior. in-t Donskoj GAU. - Novoчерkassk, 2017. - Vyp. 15. - Ch. 1. - S. 93-102.

10. Kremenskoj, V. I. Jekologizaciya tehnologii orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur stochnymi vodami [Tekst]/ V. I. Kremenskoj, A. N. Goryunov // Stroitel'stvo i tehnogennaya bezopasnost'. - Simferopol', 1998. - P. 154-164.

11. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. T. 6. Oroshenie: spravochnik [Tekst]/ pod red. B. B. Shumakova. - M.: Agropromizdat, 1990. - 415 p.

12. Meliorativnoe zemledelie [Tekst]: metodicheskie ukazaniya k laboratornym i prakticheskim zanyatiyam dlya bakalavrov po napravleniyam: "Agronomiya" i "Sadovodstvo" / V. P. Vasil'ko [i dr.]. - Krasnodar: KubGAU, 2014. - 95 p.

13. Ushkarenko, V. A. Oroshenie stochnymi vodami kormovyh kul'tur na kashtanovyh pochvakh USSR [Tekst]: avtoref. dis... kand. s.-h. nauk / V. A. Ushkarenko. - Odessa, 1996. - 28 p.

14. Shavin, A. F. Oroshaemoe zemledelie i vodnoe hozyajstvo Krymskoj ASSR [Tekst]/ A. F. Shavin; Gosudarstvennyj komitet Ukrainy po vodnomu hozyajstvu. Obschestvo melioracii Kryma. - Simferopol', 1992. - Ch. 1. - 68 p.

15. Jeksner, K. Opyt orosheniya stochnymi vodami tyazhelyh po mehanicheskomu sostavu pochv v usloviyah Germanskoj Demokraticheskoy Respubliki [Tekst] : avtoref. dis... kand. s. -- h. nauk/ Jeksner Karl. - M., 1966. - 20 s.

E-mail: e419829@yandex.ru

УДК 581.526.53:636.085

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-7

ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЛАКОВЫХ АССОЦИАЦИЙ В АГРОЛАНДШАФТАХ

FITOCENOTIC STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF GRASS ASSOCIATIONS IN AGROLANDSHAFTAH

В.П. Воронина¹, доктор сельскохозяйственных наук

О.В. Рулева², доктор сельскохозяйственных наук

V.P. Voronina, O.V. Ruleva

¹Волгоградский государственный аграрный университет

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

¹Volgograd State Agrarian University

²FSBSI «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», Volgograd

Структура злаковых сообществ, динамические изменения надземной фитомассы являются малоизученными вопросами, особенно в засушливых условиях. Оценка продуктивности фитоценоза во взаимосвязи с фотосинтезирующей поверхностью, позволяет выявить не только особенности вида, но и оценить устойчивость агроландшафта, где произрастают злаковые ассоциации. Наблюдения проводили в период максимального развития злаковых видов. Биометрические параметры видов (высота, масса, диаметр) применялись для расчетов фотосинтезирующей поверхности (ФП) и продуктивности фотосинтетического потенциала (ПФП) отдельного побега, а с учетом густоты травостоя рассчитывалась продуктивность фитоценоза. Приводятся результаты исследований по оценке роста, биопродуктивности злаковых фитоценозов, сформировавшихся в агролесоландшафтах сухой степи Нижнего Поволжья (48°62' с.ш., 44°19' в.д.). Установлено, что в растительном покрове доминируют житняково-мятликовые, мятликово-пырейные, мятликово-ковыльные, пырейно-мятликовые, пырейно-мятликово-разнотравные ассоциации, где произрастает 62 вида из 27 семейств. Они продуцируют 150-310 г/м² надземной фитомассы, где доля злаковых видов составляет 50-90 %. В период накопления фитомассы фотосинтезирующей поверхностью являются не только листья, но и стебель и колосовые чешуи. Прирост надземной фитомассы происходит до ФП 20500 см²/м². Ежесуточный прирост воздушно-сухой фитомассы злаков за апрель-май составляет 3,67 г/м² (2,22-4,78 г/м²), за апрель – июль – 1,86 г/м², что в 2-2,5 раза меньше, чем в агроценозах. Максимум ПФП ≈ 0,09 кг/тыс. ед. ФП отмечается в июне при достаточном количестве влаги и густоте стеблей 9-12 тыс. шт./м². Недостаток влаги приводит к уменьшению плотности стеблестоя злаков (1,2-6,5 тыс. шт./м²) и снижению ПФП ≈ 0,07 кг/тыс. ед. ФП, оптимальные показатели продуктивности фиксируются при густоте травостоя ≈ 3,5-4,5 тыс. шт./м². Выявленные особенности продуктивности злаковых сообществ расширяют знания о формировании растительного покрова в засушливых условиях.

The structure of cereal communities, the dynamic changes in aboveground phyto-mass are poorly studied issues, especially in dry conditions. Assessing the productivity of the phytocenosis in conjunction with the photosynthesizing surface makes it possible to identify not only the features of the species, but also to assess the stability of the agricultural landscape, where cereal associations grow. Observations were carried out in the period of maximum development of cereal species. Biometric parameters of species (height, mass, diameter) were used to calculate the photosynthesizing surface (PS) and productivity of the photosynthetic potential (PPP) of an individual shoot, and taking into account the density of herbage the productivity of the phytocenosis was calculated. The results of studies evaluating the growth and bioproductivity of grass phytocenoses formed in the agroforest landscapes of the dry steppe of the Lower Volga region (48062' N, 44019' E) are presented. It has been established that in the vegetation cover there are grain-bluegrass, bluegrass-couch grass, bluegrass and feather-grass, grass-bluegrass, grass-bluegrass associations, where 62 species from 27 families grow. They produce 150-310 g / m² of above-ground phytomass, where the proportion of grass species is 50-90%. During the period of accumulation of phytomass, the photosynthesizing surface is not only the leaves, but also the stem and coarse scales. The increase in elevated phytomass occurs $\approx$ to the PS 20500 cm² / m². The daily increase in air-dry phytomass of cereals for April-May is 3.67 g / m² (2.22-4.78 g / m²), for April-July - 1.86 g / m², which is 2-2.5 times less than in agroecosystems. Maximum PPP $\approx$ 0.09 kg / thousand PS units are observed in June with a sufficient amount of moisture and stem thickness of 9-12 thousand pcs / m². The lack of moisture leads to a decrease in the density of the stalks of cereals (1.2-6.5 thousand pcs / m²) and a decrease in PPP $\approx$ 0.07 kg / thousand units of PS, the optimal indicators of productivity are recorded when the density of the grass stand is $\approx$ 3.5-4.5 thousand pcs / m². The revealed features of the productivity of grass communities increase knowledge about the formation of vegetation in arid conditions.

Ключевые слова: злаковые ассоциации, продуктивность растений, фотосинтетический потенциал, пастбищные экосистемы, структура фитоценоза, ярусность травостоя, биометрические показатели растений.

Key words: grass associations, plant productivity, photosynthetic potential, pasture ecosystems, phytocenosis structure, herbage level, plant biometrics.

Введение. В современных сельскохозяйственных угодьях Нижнего Поволжья злаковые ассоциации встречаются в растительном покрове сенокосов и пастбищ, которые вместе с пахотными угодьями, защитными лесными насаждениями (ЗЛН) образуют единую многомерную систему агролесоландшафта.

Теоретической основой при оценке продуктивности растительного сообщества многие авторы [5, 6, 7, 15, 16] считают определение эффективности фотосинтеза вида, которая зависит от площади листовой поверхности и приводит к увеличению фитомассы. В отличие от агроценозов, которые представлены одновозрастными посевами, фитоценозы образованы разными видами, имеющими различное возрастное и фенологическое состояние, что существенно усложняет выявление связей между продуктивностью и эффективностью фотосинтеза. Поэтому мы придерживаемся теории фотосинтетической деятельности не отдельно взятого растения, а фитоценоза как целостной системы, где продуктивность сообщества оценивается прежде всего как результат фотосинтетической деятельности всех растений, входящих в фитоценоз [8, 9, 13, 19]. При этом для формирования фитомассы большое значение имеют биологические свойства растений и условия их произрастания [1, 11, 20].

Как показал анализ литературы, научных сведений, связанных с изучением продуктивности злаковых сообществ и её связи с фотосинтетическим потенциалом, чрезвычайно мало, а исследования в зонах с достаточным увлажнением проводились ещё в 1960-1970 гг. [14, 17].

Материалы и методы. Объектами исследований являлись злаковые ассоциации в суходольной гидрографической сети сухостепной зоны Волгоградской области, окруженные по периметру ЗЛН. Были подобраны экспериментальные участки, где осуществляется щадящий режим выпаса, поэтому почвенно-растительный покров хорошо сохранился. Наблюдения проводили в период максимального развития злаковых сообществ (май-июль) в 2015-2017 гг., согласно геоботаническим инструкциям [12]. Для злаковых ассоциаций укосным методом на учетной площадке 1 м² (повторность 3-х кратная) определяли надземную фитомассу, структуру фитоценоза. Срезанные образцы разбирались по видовой принадлежности, высушивались до воздушно-сухого состояния. Биометрические параметры видов (высота, масса, диаметр) определялись на 30 побегах. Затем рассчитывалась площадь фотосинтезирующей поверхности и продуктивность фотосинтетического потенциала по формуле Синеговской В. Т., Толмачевой М. В. [18]:

$$ПФП = \frac{БП}{ФП},$$

где БП – биометрический показатель (сухая масса всего растения, репродуктивных органов в кг/га, или количество бобов, семян в шт.); ФП – фотосинтетический потенциал за вегетацию или отдельный период вегетации растений в кв. м (м²) × дн/га.

Определение продукционных показателей фитоценоза проводилось с учетом структуры фитомассы, густоты травостоя и морфометрических показателей видов, входящих в состав фитоценоза.

Для выявления зависимостей между продуктивностью и биометрическими показателями применяли математический анализ.

Результаты и обсуждение. В качестве модельного объекта были выбраны злаковые фитоценозы, сформировавшиеся на склоновых землях балки «Песчаная» в ОПХ «Орошаемое», (48°62 с.ш., 44°19 в.д.). По периметру балки создана система ЗЛН ажурной и плотной конструкции, улучшающая микроклимат агроландшафта. Растительный покров балки образуют житняково-мятликовые, мятликово-пырейные, мятликово-ковыльные, пырейно-мятликовые, пырейно-мятликово-разнотравные ассоциации, в составе которых произрастает 62 вида из 27 семейств.

Основными массообразующими видами, входящими в состав злаковых фитоценозов, являются: пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), мятлик степной (*Poa transbaicalica* Roshev.), волоснец ситниковый (*Psathyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), житняк гребневидный (*Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv.), полынь Лерха (*Artemisia lerchiana* Web.), дымянкa аптечная (*Fumaria officinalis* L.), костер кровельный (*Anisantha tectorum* (L.) Nevski), шалфей лекарственный (*Salvia officinalis* L.), верблюдка восточная *Corispermum orientale* Lam., люцерна желтая (*Medicago falcata* L.), лен желтый ленок (*Linum flavum* L.), резак поручейниковидный (*Falcaria vulgaris* Bernh.), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata* L.). Как правило, в мае-июне живую фитомассу растительного покрова образуют 3-8 доминирующих вида, а концу июля остается 2-5 наиболее засухоустойчивых вида.

В начале вегетации при формировании ассимиляционного аппарата мятликовых видов наибольшее значение имеет температурный режим, который имеет оптимальные параметры у луговых злаков в пределах 10-25 °С. Дальнейшее увеличение продуктивности растительного сообщества зависит от обеспеченности питательными веществами и водой [17]. Затем большая часть энергии тратится растением на образование подземной фитомассы, дыхание и т.д. [6], существенно возрастая при увеличении температуры воздуха и почвы. В фитоценозе формирование фитомассы происходит не только за

счет линейного роста растения, но и за счет образования новых вегетативных и генеративных побегов, которые по мере старения отмирают. Благоприятные условия для возобновления популяций складываются при выпадении обильных осадков в начале лета (июнь 2017 г.), которые позволяют дернинкам злаков активно развиваться.

При оценке продуктивности злаковых фитоценозов выявлено, что в сухой степи формируется 150-310 г/м² надземной фитомассы. При этом около 50 % фитомассы может быть образовано мятликами, которые при неблагоприятных гидротермических условиях засыхают к середине июня. Из-за недостатка влаги в почве и различных биоэкологических требований растений к засухе уже к середине лета достаточно хорошо выявляется микро-рельефная мозаичность растительного покрова, образуются своеобразные «островки», где растительность более густая или почти отсутствует.

Несмотря на неблагоприятный термический режим в поздний весенний период, положительной динамикой нарастания надземной фитомассы характеризуются пырейно-мятликовая и житняково-пырейная ассоциации, где доля пырея составляет 52-70 %. При снижении фитомассы пырея до 10-20 % сохранение пастбищного покрова становится угрожающим, так как его место занимают мятлики, имеющие более короткий цикл вегетации. Также выявлены фитоценозы, где на долю злаков приходится менее 48 % фитомассы (мятlikово-волоснецово-пырейная ассоциация), которые имеют невысокую урожайность – 96,7 г/м². Для них характерна высокая плотность стеблестояния – 6222 шт./м², где около 84 % составляют генеративные побеги, что, вероятно, указывает на начало восстановительной сукцессии деградировавшего ранее травостоя.

Проанализировав долю массы злаков в составе фитоценозов (рисунок 1), установили прямую зависимость (коэффициент корреляции 0,89), показывающую, что от урожайности злаковых видов зависит общая продуктивность злаковых фитоценозов. Поэтому возрастает экологическая роль засухоустойчивых видов, входящих в состав фитоценозов сухостепной зоны.

Изучение морфометрических и продукционных показателей показало, что на период накопления максимума биологической продукции листовой аппарат сохраняется полностью у ковыля и частично у пырея ползучего. Костер кровельный и житняки гребневидный и узкоколосый теряют листья, они засыхают и образуют опад. Роль фотосинтеза большую часть вегетационного периода выполняют стебель и колосовые чешуйки. Поэтому, с нашей точки зрения, при изучении продуктивности злаковых фитоценозов целесообразнее оценивать площадь фотосинтезирующей поверхности, на которой произрастают растения.

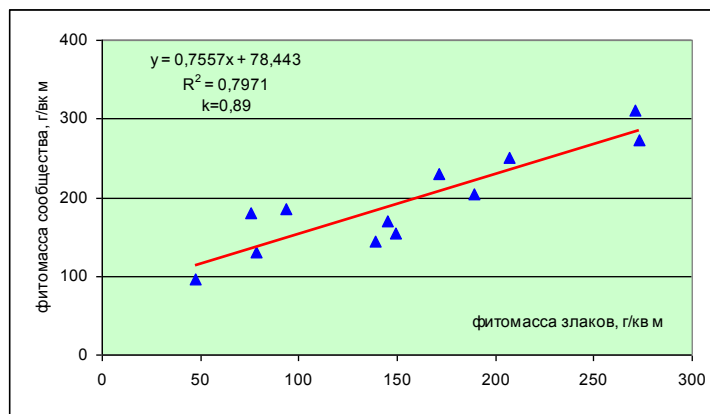


Рисунок 1 – Влияние злаковых видов на формирование общей фитомассы в мятликовых ассоциациях

Как отмечают некоторые авторы, с площадью листьев у отдельных культур наиболее тесно коррелирует урожайность. Однако отмечены случаи отсутствия корреляций между указанными параметрами, особенно в загущенных посевах или при избыточных дозах азотных удобрений. Это объясняется тем, что урожайность растет не всегда пропорционально увеличению площади листьев и биомассы, а только при увеличении их до определённых величин, после чего рост её прекращается [11, 2, 21].

Анализируя площадь фотосинтезирующей поверхности (ПФ), которая (рисунок 2) формируется за счет высоты растения и его диаметра, листового аппарата, а также густоты травостоя, видим, что нарастание фитомассы происходит приблизительно до ПФ 20 500 см²/м².

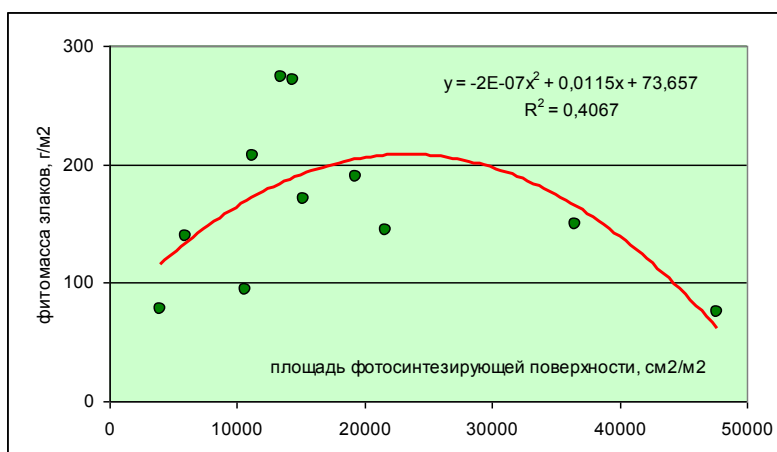


Рисунок 2 - Взаимосвязь фотосинтезирующей поверхности с фитомассой в мятликовых ассоциациях

Таким образом, высокопродуктивные фитоценозы образуются при 2-х кратном превышении ПФ площади проективного покрытия. Затем идет снижение урожайности фитомассы при увеличении ПФ, вероятно из-за фитогенной конкуренции, связанной с недостатком влаги или корневыми выделениями, приводящими к уменьшению высоты или диаметра побегов. Сравнивая наши данные по суточному приросту воздушно-сухой фитомассы, мы установили, что за апрель-май в среднем образуется 3,67 г/м² (2,22-4,78 г/м²), что ниже в 2-5 раз, чем в посевах [3, 10]. За апрель-июль среднесуточный прирост составил 1,86 г/м².

Анализ влияния плотности стеблестояния злакового травостоя с целью выявления максимальных параметров ПФП с учетом динамичных изменений, происходящих в злаковых травостоях, представлен на рисунке 3. Нами установлено, что связь ПФП и плотностью стеблестояния можно описать полиномом 2-й степени. Были выявлены крайние границы и оптимальные параметры. Максимум ПФП, ≈0,09 кг/тыс. ед. ФП отмечается в июне (04.06.17) при достаточном количестве влаги и фиксируется на уровне 9-12 тыс. шт./м².

При дефиците влаги и повышении температуры в июле до критических показателей для фотосинтеза, а также увеличении количества дней роста от начала вегетации (98 дней) мы отмечаем уменьшение плотности стеблестояния изучаемых ассоциаций (1,2-6,5 тыс. шт./м²) и снижение ПФП ≈0,07 кг/тыс. ед. ФП. Здесь оптимальный интервал с высокими показателями продуктивности фотосинтеза сосредоточен при густоте стеблестояния ≈3,5-4,5 тыс. шт./м².

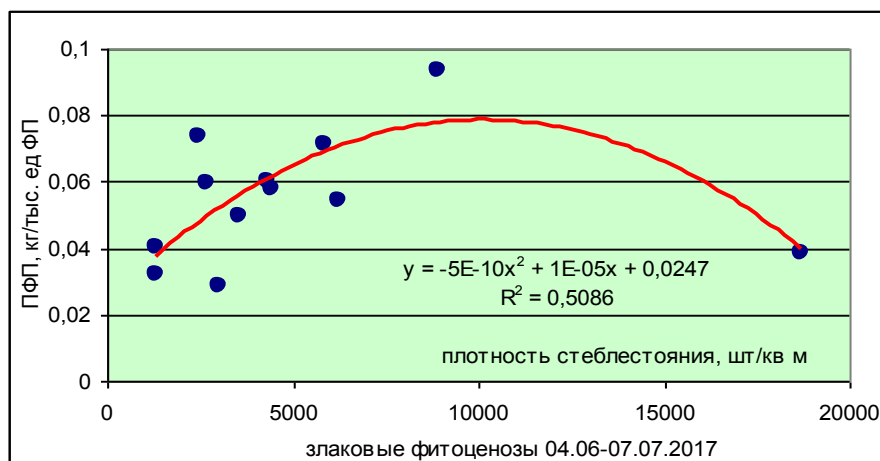


Рисунок 3 – Взаимосвязь плотности стеблестояния и продуктивности фотосинтетического потенциала (ПФП) в злаковых фитоценозах под влиянием защитных лесных насаждений в агролесоландшафтах сухой степи

Полевые наблюдения показывают, что в структуре фитоценоза доля надземной фитомассы (04.06.17) мятлика степного составляет 12-37 %, ковыля Лессинга – 37-81 %, пырея ползучего – 9-67 %, житняка гребенчатого – 74,8 %. Наиболее продуктивными являются ассоциации, где произрастают: а) ковыль Лессинга (37,1 %) + мятлик степной (36,3 %) + пырей ползучий (9,2 %) – 251,2 г/м²; пырей ползучий (50,2 %) + мятлик степной (37,2 %) – 310,6 г/м²; ковыль Лессинга (80,7 %) + волоснец ситниковый (11,1 %) + полынь Лерха (7,3 %) – 204,3 г/м².

В июле (07.07.2017) наиболее продуктивными являются ассоциации, где произрастают пырей ползучий (70,1 %) + житняк гребенчатый (29,9 %) – 273,3 г/м²; а также пырей ползучий (70,9 %) + шалфей лекарственный (16,4 %) и другие мятликовые виды (1,5-3 %) – 229,5 г/м². При наступлении жаркой погоды резко снижают продуктивность ассоциации, где в составе имеются мятлики, которые начинают засыхать, в том числе дернины с вегетативными побегами. Соотношение фитомассы в малопродуктивных ассоциациях может составлять: мятлик степной (22,4 %) + мятлик луковичный (7,5 %) + пырей ползучий (50,1 %) – 96,7 г/м²; мятлик степной (42 %) + пырей ползучий (18,3 %) – 130,7 г/м².

Выявленные соотношения злаковых видов можно принять за научную основу при формировании поликомпонентных смесей, чтобы добиться максимальной фитопродуктивности и устойчивости сообществ, которые эволюционно адаптировались как к абиотическим факторам, так и к фитоконкуренции.

Закключение. Злаковые фитоценозы являются неотъемлемой составляющей агролесоландшафтов. Выявление механизмов накопления надземной фитомассы, продукционной роли морфометрических показателей и структуры фитоценоза позволяют расширить понимание продуктивности растительных сообществ, произрастающих при недостатке почвенной влаги.

Библиографический список

1. Амелин, А.В. Фотовосстановительная активность хлорофиллсодержащих органов и вклад их в фотосистему растения у примитивных форм и современных сортов гороха [Текст] / А.В. Амелин // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2 (I). – С. 6-8.
2. Воронина, В.П. Восстановление растительности целинных пастбищ Астраханской области, подвергшихся пирогенному воздействию [Текст] / В.П. Воронина, М.В. Власенко, А.В. Вдовенко // Научное обозрение. – 2012. – №3(27). – С. 53-56.

3. Горчакова, А.Ю. О ритмике развития и структуре урожая злаков [Текст] / А.Ю. Горчакова // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2013. – Т.22. – №4. – С. 14-20.
4. Гурина, И.В. Фотосинтетическая деятельность посевов многолетней травосмеси в условиях рекультивируемого золотоотвала [Текст] / И.В. Гурина// Научный журнал КубГАУ. – 2010. – №62(08). – С. 1-6.
5. Ерошенко, А.А. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в условиях Западного и Центрального Предкавказья [Текст] : автореф. дис. ...кан. с.-х. наук / А.А. Ерошенко. – Краснодар, 2014. – 24 с.
6. Козлова, Г.Я. Особенности формирования фотосинтезирующей поверхности ячменя в условиях лесостепи Омского Прииртышья [Текст] / Г.Я. Козлова, Г.П. Антипова// Достижение науки и техники АПК. – 2013. – №5. – С. 14-17.
7. Коломейченко, В.В. Теория продукционного процесса растений и фитоценозов [Текст] / В.В. Коломейченко, В.П. Беденко// Вестник ОрелГАУ. – 2008. – №4(08). – С. 17-21.
8. Миркин, Б.М. Что такое растительные сообщества? [Текст] / Б.М. Миркин. – М.: Наука, 1986. – 104 с.
9. Миркин, Б. М. Концепция растительного сообщества: история и современное состояние [Текст] / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова // Журнал общей биологии. – 2015. – Т. 76. – № 1. – С. 63-76.
10. Овадыкова, Ж.В. Основные элементы агротехники возделывания житняка и бобово-мятликовых травосмесей на светло-каштановых почвах центральной зоны Республики Калмыкия [Текст] : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / Ж.В. Овадыкова. – Астрахань, 2008. – 22 с.
11. Особенности многолетней динамики надземной фитомасс растительных сообществ степных экосистем центральной Монголии при аридизации климата [Текст] / С.Н. Бажа, П.Д. Гунин, Е.В. Данжалова и др.// Вестник КрасГАУ. – 2008. – №6. – С. 57-62.
12. Общесоюзная инструкция по проведению геоботанического исследования природных кормовых угодий и составлению крупномасштабных геоботанических карт. – М., 1984. – 77 с.
13. Основы геоботаники [Электронный ресурс]: учебное пособие / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева; сост. Н.Н. Тупицына. – Красноярск, 2015.
14. Пикалова, Г.М. Побегообразование и динамика листовой поверхности луговых растений на каменноугольной золе [Текст] / Г.М. Пикалова// Ученые записки УрГУ: Серия биологическая. – 1969. – Вып. 5. – № 94. – С. 96-111.
15. Посевы и насаждения как фотосинтезирующие системы. Показатели, характеризующие фотосинтетические свойства фитоценоза (ИЛП, ФП, ЧПФ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <http://medlec.org/lek4-3431.html>
16. Ракоца, Э.Ю. Особенности фотосинтетической деятельности поливидовых агрофитоценозов [Текст] / Э.Ю. Ракоца, Т.Г. Кудрявцева // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – №2(48). – С. 132-135.
17. Сезонные изменения в массе надземных органов и в приросте урожая [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <http://www.activestudy.info/sezonnye-izmeneniya-v-masse-nadzemnykh-organov-i-v-priroste-urozhaya/>
18. Синеговская, В.Т. Способ определения продуктивности фотосинтетического потенциала сортов сои [Текст]: патент №2539634 / В. Т. Синеговская, М. В. Толмачев. – Регистрация в Госреестре от 05.12.2014 г. / ФГБНУ ВНИИ сои.
19. Chu C. J. Balance between facilitation and resource competition determines biomass–density relationships in plant populations / C. J. Chu, F. T. Maestre, X. Sa, J. Weiner at al. // Ecology Letters. – 2008. – 11. – P. 1189-1197.
20. Damgaard C. Plant competition experiments: testing hypotheses and estimating the probability of coexistence / C. Damgaard // Ecology. – 1998. – Vol. 79. – № 5. – P. 1760-1767.
21. Weiner J. Size variability and competition in plant monocultures / J.Weiner, S C. Thomas // Oikos. – 1986. – № 47. – P. 211–222.

Reference

1. Amelin, A. V. Fotovosstanovitel'naya aktivnost' hlorofillsoderzhaschih organov i vklad ih v fotosistemu rasteniya u primitivnyh form i sovremennyh sortov goroha [Tekst] / A. V. Amelin // Vestnik Bashkirskogo universiteta. - 2001. - № 2 (I). - P. 6-8.

2. Voronina, V. P. Vosstanovlenie rastitel'nosti celinnyh pastbishch Astrahanskoj oblasti, podvergnutyya pirogenному воздействию [Tekst] / V. P. Voronina, M. V. Vlasenko, A. V. Vdovenko // Nauchnoe obozrenie. - 2012. - №3(27). - P. 53-56.
3. Gorchakova, A. Yu. O ritmike razvitiya i strukture urozhaya zlakov [Tekst] / A. Yu. Gorchakova // Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj jekologii. - 2013. - T.22. - №4. - P. 14-20.
4. Gurina, I. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' posevov mnogoletnej travosmesi v usloviyah rekvizirovannogo zolotootvala [Tekst] / I. V. Gurina // Nauchnyj zhurnal KubGAU. - 2010. - №62(08). - P. 1-6.
5. Eroshenko, A. A. Osobennosti formirovaniya urozhaya i kachestva zerna ozimoy pshenicy v usloviyah Zapadnogo i Central'nogo Predkavkaz'ya [Tekst] : avtoref. dis. ...kan. s. -- h. nauk / A. A. Eroshenko. - Krasnodar, 2014. - 24 p.
6. Kozlova, G. Ya. Osobennosti formirovaniya fotosinteziruyushej poverhnosti yachmenya v usloviyah lesostepi Omskogo Priirtysh'ya [Tekst] / G. Ya. Kozlova, G. P. Antipova // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. - 2013. - №5. - P. 14-17.
7. Kolomejchenko, V. V. Teoriya produkcionnogo processa rastenij i fitocenoza [Tekst] / V. V. Kolomejchenko, V. P. Bedenko // Vestnik OrelGAU. - 2008. - №4(08). - P. 17-21.
8. Mirkin, B. M. Chto takoe rastitel'nye soobshchestva? [Tekst] / B. M. Mirkin. - M.: Nauka, 1986. - 104 p.
9. Mirkin, B. M. Konceptiya rastitel'nogo soobshchestva: istoriya i sovremennoe sostoyanie [Tekst] / B. M. Mirkin, L. G. Naumova // Zhurnal obschej biologii. - 2015. - T. 76. - № 1. - P. 63-76.
10. Ovadykova, Zh. V. Osnovnye jelementy agrotehniki vozdel'nyaniya zhitnyaka i bobovomyatlikovyh travosmesej na svetlo-kashtanovyh pochvah central'noj zony Respubliki Kalmykiya [Tekst] : avtoref. dis. ...kand. s. -- h. nauk / Zh. V. Ovadykova. - Astrahan', 2008. - 22 p.
11. Osobennosti mnogoletnej dinamiki nadzemnoj fitomass rastitel'nyh soobshchestv stepnyh jekosistem central'noj Mongolii pri aridizacii klimata [Tekst] / S. N. Bazha, P. D. Gunin, E. V. Danzhilova i dr. // Vestnik KrasGAU. - 2008. - №6. - P. 57-62.
12. Obsheosobnaya instrukciya po provedeniyu geobotanicheskogo issledovaniya prirodnyh kormovyh ugodij i sostavleniyu krupnomasshtabnyh geobotanicheskix kart. - M., 1984. - 77 p.
13. Osnovy geobotaniki [Elektronnyj resurs]: uchebnoe posobie / Krasnoyarsk. gos. ped. un-t im. V. P. Astaf'eva; sost. N. N. Tupicyna. - Krasnoyarsk, 2015.
14. Pikalova, G. M. Pobegoobrazovanie i dinamika listovoj poverhnosti lugovyh rastenij na kamennougol'noj zole [Tekst] / G. M. Pikalova // Uchenye zapiski UrGU: Seriya biologicheskaya. - 1969. - Vyp. 5. - № 94. - P. 96-111.
15. Posevy i nasazhdeniya kak fotosinteziruyushchie sistemy. Pokazateli, harakterizuyushchie fotosinteticheskie svoystva fitocenoza (ILP, FP, ChPF) [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa svobodnyj: <http://medlec.org/lek4-3431.html>
16. Rakoca, Je. Yu. Osobennosti fotosinteticheskoy deyatel'nosti polivodovyh agrofitocenoza [Tekst] / Je. Yu. Rakoca, T. G. Kudryavceva // Byulleten' VSNC SO RAMN. - 2006. - №2(48). - P. 132-135.
17. Sezonnye izmeneniya v masse nadzemnyh organov i v priroste urozhaya [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa svobodnyj: <http://www.activestudy.info/sezonnye-izmeneniya-v-masse-nadzemnyx-organov-i-v-priroste-urozhaya/>
18. Sinogovskaya, V. T. Sposob opredeleniya produktivnosti fotosinteticheskogo potentsiala sortov soi [Tekst]: patent №2539634 / V. T. Sinogovskaya, M. V. Tolmachev. - Registraciya v Gosreestre ot 05.12.2014 / FGBNU VNII soi.
19. Chu C. J. Balance between facilitation and resource competition determines biomass-density relationships in plant populations / C. J. Chu, F. T. Maestre, X. Sa, J. Weiner et al. // Ecology Letters. - 2008. - 11. - P. 1189-1197.
20. Damgaard S. Plant competition experiments: testing hypotheses and estimating the probability of coexistence / S. Damgaard // Ecology. - 1998. - Vol. 79. - № 5. - P. 1760-1767.
21. Weiner J. Size variability and competition in plant monocultures / J. Weiner, S. C. Thomas // Oikos. - 1986. - № 47. - P. 211-222.

E-mail: v.p.voronina@mail.ru

**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАННЕСПЕЛОГО КАРТОФЕЛЯ
ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АГРОЦЕНОЗА
В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****DYNAMIC MODEL OF EARLY RIPE POTATOES FOR REGULATION
OF THE HYDROTHERMAL REGIME OF AGROCENOSIS
IN VOLGOGRAD REGION**

А.С. Овчинников¹, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.А. Бубер², аспирант

Ю.П. Добрачев², доктор технических наук

В.В. Бородычев³, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

A.S. Ovchinnikov¹, A.A. Buber², Yu.P. Dobrachev², V.V. Borodychov³

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²ФГБНУ ВНИИГиМ «им. А.Н. Костякова», г. Москва

³Волгоградский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова

¹Volgograd State Agrarian University

²All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land
Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow

³Volgograd branch of Federal State Budget Scientific-Research Establishment
All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land
Reclamation named after A.N. Kostyakov

Приведено описание разработанной динамической модели формирования урожая раннего картофеля «ПОТАТО» для климатических условий сухостепной зоны Нижнего Поволжья. Имитационная модель, созданная в программном продукте Microsoft Office – Excel, состоит из 4-х основных блоков: блок «Исходные данные», астрономический блок, блок «Эвапотранспирация», биологический блок. Расчет планируемой урожайности происходит в биологическом блоке. Верификация и адаптация модели к климатическим условиям проводилась по данным трехлетних полевых опытов в КФХ «Выборнов В.Д.» Ленинского района Волгоградской области. Динамическая модель формирования урожая раннего картофеля «ПОТАТО» дает возможность управления водным режимом и уровнем внесения минерального питания для получения высоких и стабильных урожаев и, вследствие этого, позволяет снизить ресурсные затраты на производство единицы продукции.

The article describes the developed dynamic model of the formation of early potato harvest "POTATO" for the climatic conditions of the dry steppe zone of the Lower Volga region. The simulation model created in the Microsoft Office - Excel software product consists of 4 main blocks: the "Initial Data" block, the astronomical block, the "Evapotranspiration" block, the biological block. The calculation of the planned yield occurs in the biological unit. Verification and adaptation of the model to the climatic conditions was carried out according to three-year field experiments at the Peasant Farm "Vibornov V.D." in Leninsky district of the Volgograd region. The dynamic model of the formation of early potato harvest "POTATO" enables the management of the water regime and the level of mineral nutrition to obtain high and stable yields, and, consequently, reduces the resource costs for the production unit.

Ключевые слова: динамическое моделирование, гидротермический режим урожая картофеля, эвапотранспирация, имитационная модель урожайности, прогнозирование урожайности картофеля, ранний картофель «Импала».

Key words: dynamic modeling, hydrothermal regime of potato harvest, evapotranspiration, yield simulation model, prediction of potato harvest, early «Impala» potato.

Введение. Современные требования сельскохозяйственного производства к гидромелиоративным системам орошения исходят из понимания необходимости управления продуктивностью орошаемых земель с учетом экономических условий и экологических ограничений. В развитии этого направления и переходе от узкотехногенного к общесистемному пониманию данной проблемы, увязывающему земледелие и экологию путем оптимизации факторов урожая, особая роль принадлежит теоретическим и экспериментальным работам отечественных ученых И.С. Шатилова, А.А. Жученко, И.Б. Ускова, В.В. Шабанова, А.И. Голованова, Е.П. Галямина.

Изменение условий хозяйствования в процессе реформирования экономики значительно обострило проблему повышения эффективности земледелия на мелиорируемых землях. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, в настоящее время ключевыми трендами развития высокоэффективного сельскохозяйственного производства становятся цифровые технологии в агросекторе и рациональное природопользование. В области управления агротехнологией орошаемого земледелия разработка и применение компьютерных технологий, математических моделей и имитационных схем, отображающих реальные процессы выращивания сельскохозяйственных культур, открывает возможность использования имеющихся ресурсов в оптимальном соотношении исходя из плодородия почвы, погодных условий, сортовых особенностей культуры для получения высоких и устойчивых урожаев.

Проблема повышения эффективности орошения на протяжении многих лет была в центре внимания многих видных ученых нашей страны. Именно для орошаемого земледелия разрабатывалась технология программированного выращивания урожая, включающая как факторы интенсификации производства, так и факторы экономии ресурсов и экологической адаптации к почвенно-климатическим условиям среды.

Однако до сих пор методы обоснования применения такого мощного средообразующего воздействия, каким является орошение, пока не позволяют формализованно учесть весь комплекс показателей: состояние сельскохозяйственных культур, свойства почв, агромелиоративный режим полей, погодные условия, технические параметры поливной техники, ограниченность ресурсов. Следствием этого является недобор урожая, излишние затраты, снижение плодородия почв и ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель.

Актуальность разработки цифровой агротехнологии регулирования водно-теплового режима сельскохозяйственных полей с применением имитационных моделей обусловлена необходимостью создания нового поколения гидромелиоративных систем на базе последних технических достижений и фундаментальных знаний для реализации высокоэффективного и экологически чистого земледелия на орошаемых землях.

В этой связи в теоретическом и практическом отношении метод программирования урожаев сельскохозяйственных культур сохраняет свою актуальность. Технология программирования урожайности предполагает разработку комплекса агротехнических мероприятий, своевременное и качественное выполнение которого обеспечивает получение заранее рассчитанного уровня урожая заданного качества. В развитых странах вопросам управления формированием урожая уделяют большое внимание. Так, в Нидерландах создан ряд имитационных моделей роста сельскохозяйственных культур, среди которых наиболее известные WOFOST и SWACROP. Модели имитируют рост культуры в заданных почвенно-климатических условиях, адекватно реагируют на агротехнические мероприятия. Модель WOFOST широко использовалась для оценки урожайности и экологической ситуации в Африке, Латинской Америке, Азии, а SWACROP нашел применение в Европе [12, 5].

Для обеспечения населения продуктами питания, реализации программы по импортозамещению и увеличения объемов экспорта возникает необходимость в значительном росте объемов производства продуктов питания. Это направление является одним из приоритетных в рамках «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013...2020 годы».

Модель формирования урожайности «ПОТАТО», разработанная авторами, дает возможность управления водным режимом и уровнем внесения минерального питания для получения высоких и стабильных урожаев и, вследствие этого, позволяет снизить ресурсные затраты на производство единицы продукции. Разработанная динамическая модель создана на стандартном материальном обеспечении Microsoft Office – Excel, что делает ее доступной для пользователей. Предусмотрена возможность калибровки и адаптации модели для других природно-климатических условий и сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. С целью реализации модели был накоплен ряд экспериментальных данных трехлетнего многофакторного опыта в КФХ «Выборнов В.Д.», находящегося в Ленинском районе Волгоградской области. Исследования выполнялись в сухостепной зоне на светло-каштановых почвах. В качестве посадочного материала был выбран высокоинтенсивный районированный сорт раннего картофеля «Импала». При всех вариантах экспериментов рельеф, почвенные и гидрологические условия опытных участков были достаточно однородными, требования репрезентативности были соблюдены в соответствии с существующими методиками постановки полевого опыта [4].

Параметры, входящие в формулы модели, основанной на подходе формирования потенциального урожая, разработанном Х.Г. Тоомингом [8, 9], определялись по данным полевого опыта 2015...2017 гг., по материалам научных публикаций, а также путем подбора коэффициентов при постановке численных экспериментов на модели. Модель состоит из нескольких блоков: «Исходные данные», астрономический блок, «Эвапотранспирация», биологический блок.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим результаты разработки динамической модели формирования урожая раннеспелого картофеля в условиях регулирования гидротермического режима агроценоза для климатических условий сухостепной зоны Волгоградской области.

Блок «Исходные данные». Ввод исходных данных предполагает наличие почасовой информации о температуре и влажности воздуха (каждые 3 часа), скорости ветра, осадках и приходящей солнечной радиации (в связи с отсутствием информации были использованы данные по облачности в %), а также о почвенных характеристиках по горизонтам корнеобитаемого слоя, сроках выполнения агротехнических приемов при возделывании культуры. Описание начальных условий включает почвенный влагозапас на первый день расчета (1 марта). Автором принималось допущение, что почва корнеобитаемого слоя была насыщена влагой на 90 % от наименьшей влагоемкости (НВ) в результате снеготаяния. Для динамических расчетов урожайности на модели важна также информация о дате сева, поливных нормах, датах и продолжительности поливов, сроках уборки урожая.

Астрономический блок. Для расчета астрономических характеристик необходимы некоторые географические и метеорологические параметры (широта местности, прозрачность верхних слоев атмосферы), которые позволяют рассчитывать по общепринятым формулам угол солнечного склонения, максимум приходящей солнечной радиации в ясный день, продолжительность световой части суток [9, 11]. После чего переходим к расчету величины приходящей солнечной радиации с учетом облачности (рисунок 1).

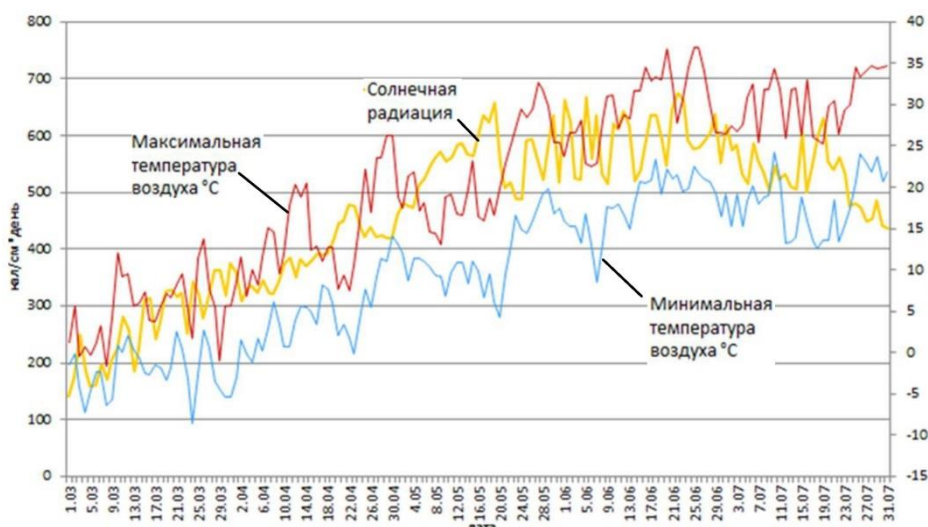


Рисунок 1 – Приходящая солнечная радиация, рассчитанная (2015 г.)

Альbedo дневной поверхности, используемое для расчета потенциальной испаряемости, включает отражательную способность почв и кустов растущего картофеля. Значение альbedo находится по справочным таблицам по типу почвы, либо измеряется на поле с помощью альбедометра. Для картофельного поля, по данным В.Л. Гаевского и М.И. Будыко [3, 2], альbedo картофельного поля принимает значение 15...25 % в зависимости от альbedo почвы и фазы развития культуры.

В зависимости от величины приходящей солнечной радиации и суммарного альbedo почвы и посева рассчитывается поглощенная картофельным полем радиация как доля от падающей.

Потенциальная эвапотранспирация E_0 (мм) рассчитывается как величина, пропорциональная поглощенной радиации H_0 , с учетом влияния температуры и дефицита влажности воздуха [3]:

$$E_0 = 1,28 \cdot P_{ОВ} \cdot \Gamma \cdot F_{10} \cdot H_0. \quad (1)$$

где $P_{ОВ}$ – дефицит влажности воздуха, мб; Γ – функция среднесуточной температуры, в долях от единицы; F_{10} – температурный коэффициент, в долях от единицы; H_0 – радиационный баланс, мм испарившейся воды; 1,28 – размерностный коэффициент, мм/Дж/мб.

Блок «Эвапотранспирация». В модели отдельно рассчитываются испарение с поверхности почвы – эвапорация, и с надземной части растений – транспирация. Расчет эвапорации выполняется в два этапа в соответствии с двумя фазами этого процесса. Это позволяет в расчетах отдельно рассматривать верхний слой почвы, подсушенный почти до максимальной гигроскопичности, от нижнего слоя, периодически заполняемого при капельном орошении вплоть до наименьшей влагоемкости, учитывая распространение корневой системы по горизонтам в толще корнеобитаемого слоя почвы. С момента появления всходов по мере увеличения площади листовой поверхности альbedo посадки изменяется и происходит частичное, а затем полное затенение поверхности почвы листьями от прямой солнечной радиации. Этот процесс учитывается в расчетах потенциального испарения с поверхности почвы согласно алгоритму, предложенному J. Ritchie [15].

Представляется рациональным использовать данный алгоритм для расчета эвапотранспирации по двум причинам. Первая – это возможность сохранять сухим верхний слой почвы (4...5 см) при производстве полива капельным способом, насыщая влагой нижние горизонты; вторая – учитывать мелкодисперсное дождевание как в алго-

ритме учитываются осадки, выпавшие в малых количествах. При этом понижаются значения эвапорации и транспирации на величину обеспеченной снижением потенциального испарения распыленной по площади воды. Транспирация задается отдельной функцией, включающей площадь листьев и водный статус растений. Расчетная величина эвапорации и транспирации за 2015 год представлена на рисунках 2 и 3. Для расчета водного баланса слоя почвы, занятого корнями, вводится поправочный коэффициент на объем верхнего слоя почвы, несущего гряды, поскольку традиционные формулы и соотношения предназначаются для выровненных поверхностей. Наличие гряд приводит к тому, что площадь поверхности почвы под посевом становится больше, и соответственно эвапорация с ее поверхности будет пропорционально выше в соответствии с геометрическими характеристиками гряды.

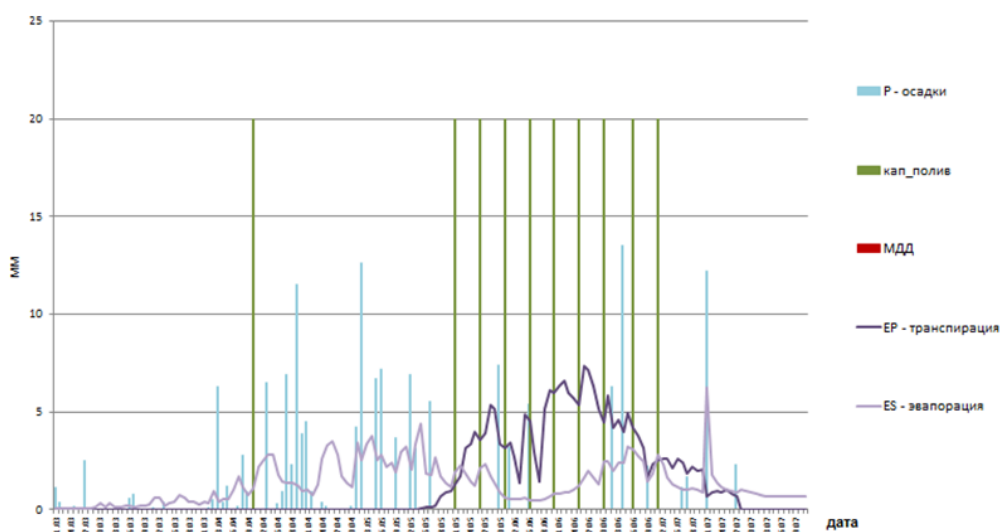


Рисунок 2 – Расчетная величина эвапорации и транспирации при капельном орошении (2015 г.)

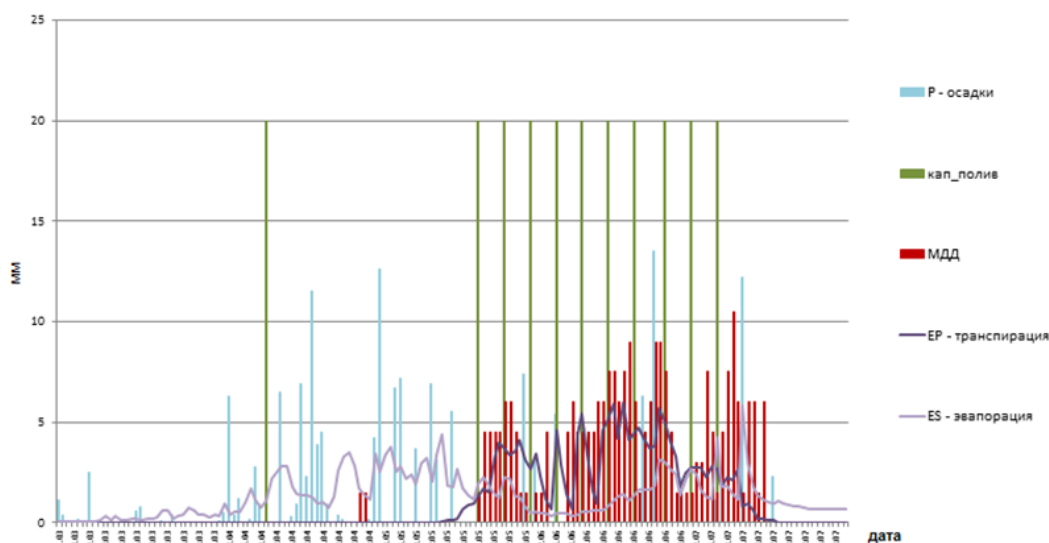


Рисунок 3 – Расчетная величина эвапорации и транспирации год при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании (2015 г.)

В модели рассматривается водный баланс почвы орошаемого участка, используемого для выращивания раннего картофеля. Для расчета водного баланса используется информация о водно-физических свойствах почвы моделируемого орошаемого поля: полевая влагемкость (ПВ), наименьшая влагемкость (НВ), влажность завядания (ВЗ), максимальная гигроскопичность (МГ) по почвенным горизонтам высотой 100...200 мм, сумма которых должна быть больше слоя, занимаемого корнями. В модели «РОТАТО» учитываются 4 слоя почвы, общая глубина составляет 0,8 м.

Кроме того, использование послойной модели водного баланса почвенных горизонтов предполагает выполнение расчетов заполнения профиля почвы водой, поверхностный и инфильтрационный сток при полном заполнении водой корнеобитаемого слоя. Размещение посадок картофеля на грядах и их капельное орошение приводят к тому, что часть профиля почвы наполняется влагой, а другая часть остается подсушенной. Учет объема почвы, ограниченной поверхностью и подошвой гряды, является необходимым условием для корректного расчета водного баланса верхнего слоя почвы и оценки динамики заполнения наиболее активного объема почвы. В этой связи вводятся поправки на объем почвы верхнего горизонта с учетом профиля гряд и междрядового расстояния.

Одним из параметров для расчетов водного статуса растений является «критическая влажность» картофельного поля, которая связана с величиной потенциального испарения, состоянием растительного покрова и водно-физическими свойствами почвы – доступностью влаги [1, 7]. Также в модели предусмотрен расчет периодов переувлажнения почвы. Ситуации, обусловленные динамикой развития растений, погодных условий и влиянием фактора влажности почвы на фотосинтез и транспирацию (открытие и закрытие устьиц), учитываются с помощью функции «водный фактор», принимающей значение от 0,2 до 1. Динамика значений водного фактора, влияющего на фотосинтез, транспирацию, рост и развитие раннего картофеля, представлена на рисунках 4 и 5.

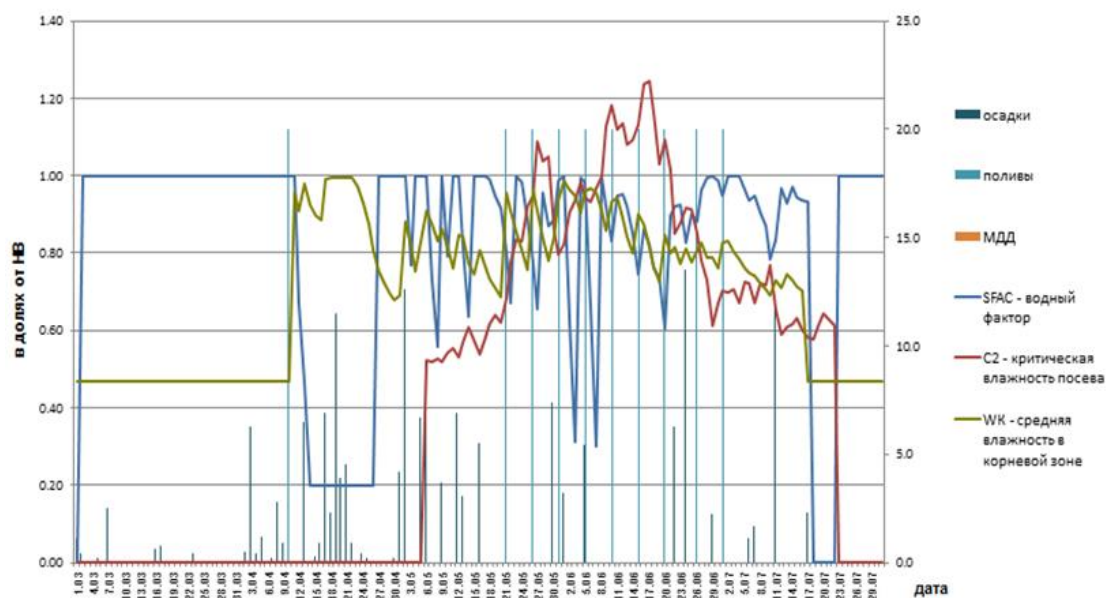


Рисунок 4 – Динамика водных факторов, влияющих на развитие посадок раннего картофеля при капельном орошении (2015 г.)

В динамической модели «РОТАТО» 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 темпера-

туре воздуха и испаряемости. Модель позволяет анализировать развитие посева и формировать урожай в ситуациях, когда продукционный процесс может лимитироваться почвенным запасом влаги и питательных веществ, структурными компонентами куста картофеля (площадь листьев, глубина корней и др.) и погодными условиями.

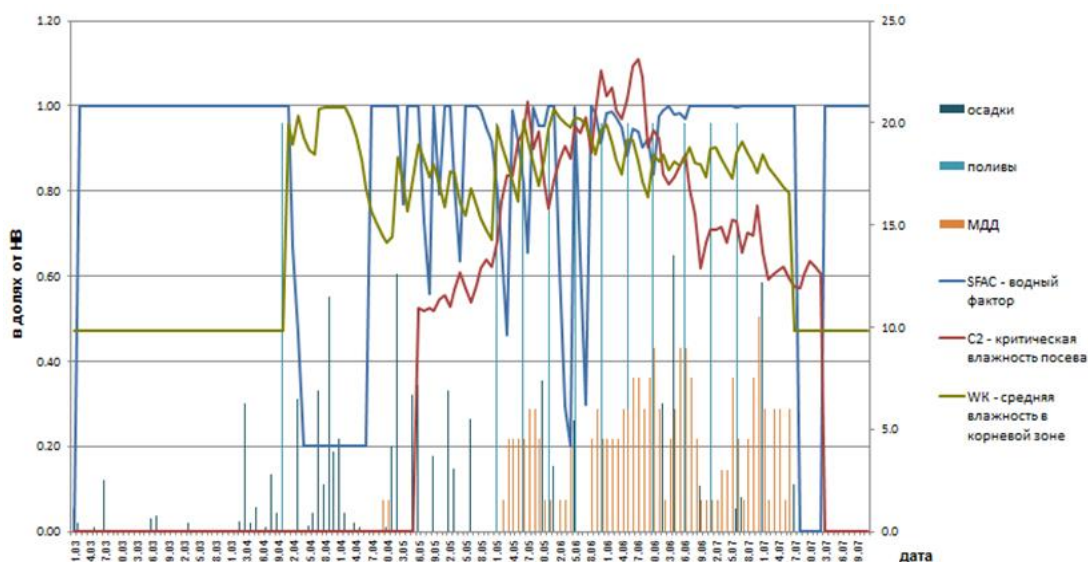


Рисунок 5 – Динамика водных факторов, влияющих на развитие посадок раннего картофеля при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании (2015 г.)

Биологический блок. Биологический блок модели обеспечивает выполнение основных функций продукционного процесса картофеля: фотосинтеза, дыхания, роста органов растения (листьев, стеблей, корней и клубней), развития культуры по фазам, поглощения и накопления элементов минерального питания. Расчет интенсивности фотосинтеза ($г/м^2$) производится в зависимости от площади листьев, поглощенной посадкой ФАР, температуры приземного слоя воздуха, водного фактора и накопленных в растениях веществ минерального питания [13]:

$$\begin{cases} Ph = R_{sun} I * 1 - \exp -0,4 * L_{ai} * SFAC * f(NPK) & \text{при } L_{ai} > 1 \\ Ph = R_{sun} I * 1 - \exp -1,2 * L_{ai} * SFAC * f(NPK) & \text{при } L_{ai} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

где $R_{sun}(I)$ – суточная солнечная радиация, Дж/м² в сут; L_{ai} – листовой индекс посева, м²/м²; $SFAC$ – водный фактор; $f(NPK)$ – функция влияния минеральных удобрений на продуктивность посадки.

Влияние температуры и водного фактора включено в формулу в виде сомножителей функциональных зависимостей от температуры воздуха внутри посева и функции лимитирования фотосинтеза от водного фактора растений. Также учитывается интенсивность дыхания роста и поддержания по органам растений [14]. Динамика фотосинтеза за вегетационный период представлена на рисунке 6.

Для учета влияния дыхания на роста органов растений были использованы данные, приведенные в работе [10]. Накопление биомассы в органах раннего картофеля представлено на рисунках 7 и 8.

Развитие и формирование агроценоза в модели рассматривается по пяти периодам (фазы вегетации растения). Скорость прохождения фаз зависит от температурного режима надземной и подземной частей растения. В качестве функции воздействия температуры на процессы онтогенеза взята функция, основой которой является описание влияния температурного режима на адаптационные и ростовые свойства картофеля [6].

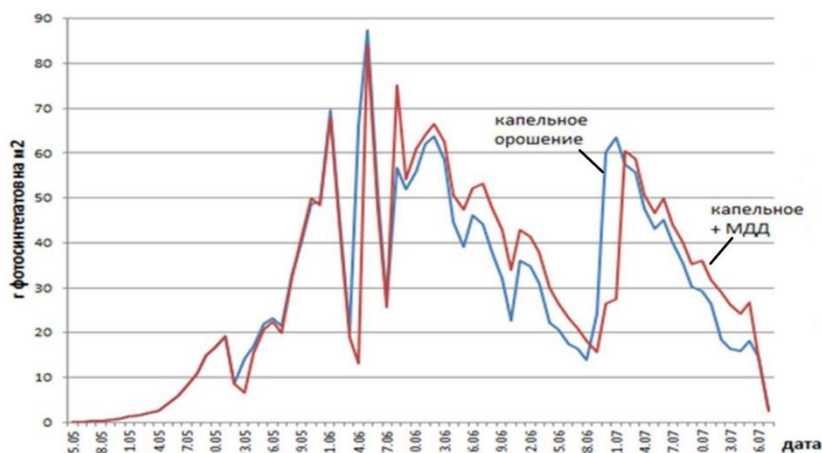


Рисунок 6 – Динамика фотосинтеза при капельном и комбинированном орошении, рассчитанная по данным 2015 года

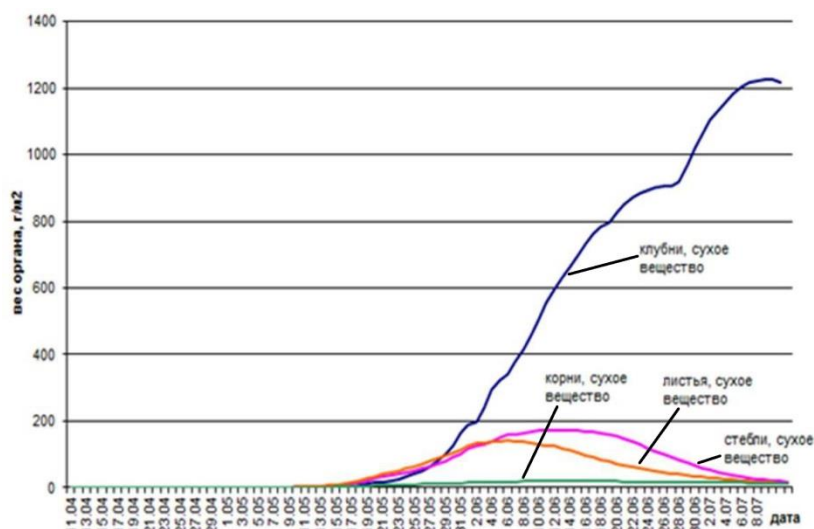


Рисунок 7 – Динамика роста органов раннего картофеля при капельном орошении (2015 г.)

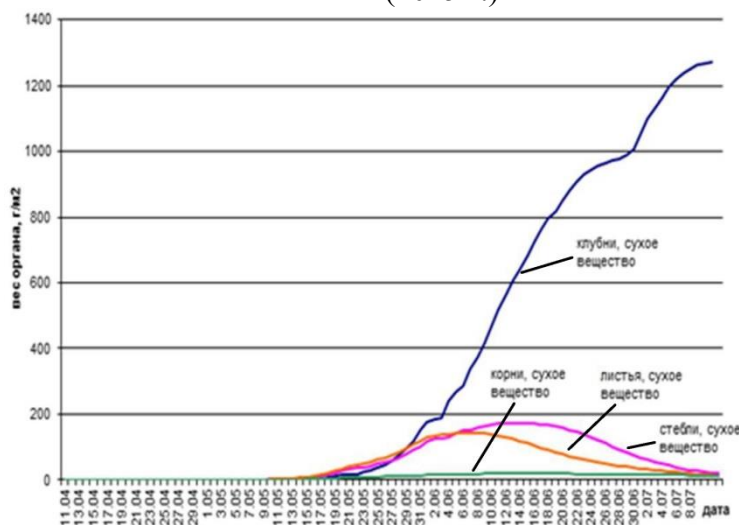


Рисунок 8 – Динамика роста органов раннего картофеля при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании по данным 2015 года

Скорость прохождения фаз развития растения зависит от температурного режима надземной и подземной частей и взяты согласно многолетним экспериментальным исследованиям. Скорость прохождения фаз развития посадок картофеля представлены на рисунках 9 и 10.



Рисунок 9 – Скорость прохождения фаз развития посадок раннего картофеля при капельном орошении по данным 2015 года



Рисунок 10 – Скорость прохождения фаз развития посадок раннего картофеля при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании по данным 2015 года

В расчетах принимается, что суточное поглощение растениями минерального питания пропорционально дозе вносимых удобрений, показателю естественного плодородия почвы и интенсивности водного обмена.

В расчетах урожайности сухое вещество, накопившееся в клубнях, переводится в бункерный вес и, кроме того, вводятся поправки на биомассу, учитывающие продуктивность посадок картофеля в различные фазы развития как способ адаптации модели иным почвенно-климатическим условиям при прогнозировании урожайности. На ри-

сунках 11, 12 и 13 представлена фактическая урожайность, полученная по результатам опыта 2015...2017 годов в сравнении с расчетной урожайностью, полученной в результате прогонок модели по метеорологическим и агротехническим данным 2015...2017 годов. Погрешность расчетов составила до 6 %.

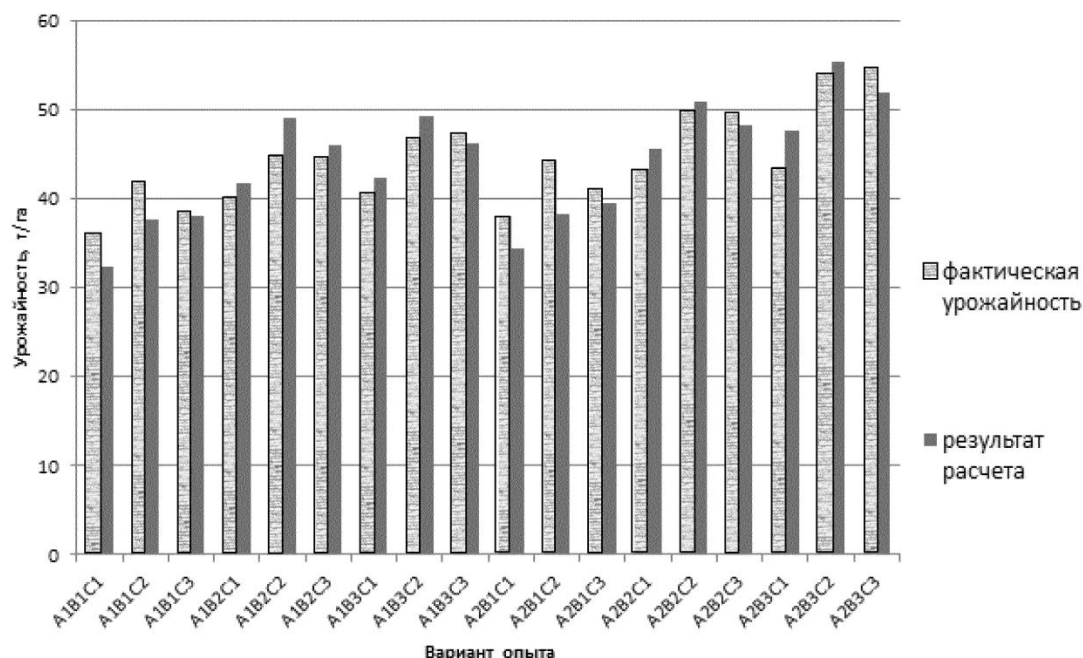


Рисунок 11 – Сравнение результатов моделирования с данными полевых опытов

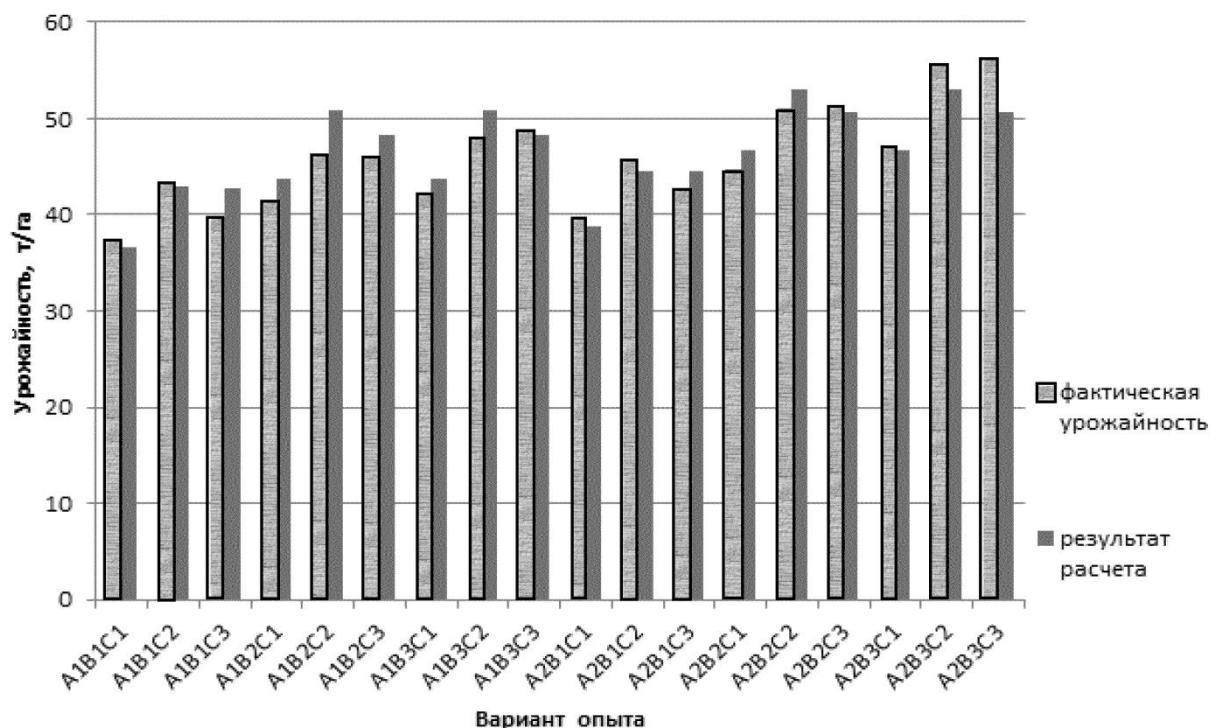


Рисунок 12 – Сравнение результатов моделирования с данными полевых опытов, 2016 г.

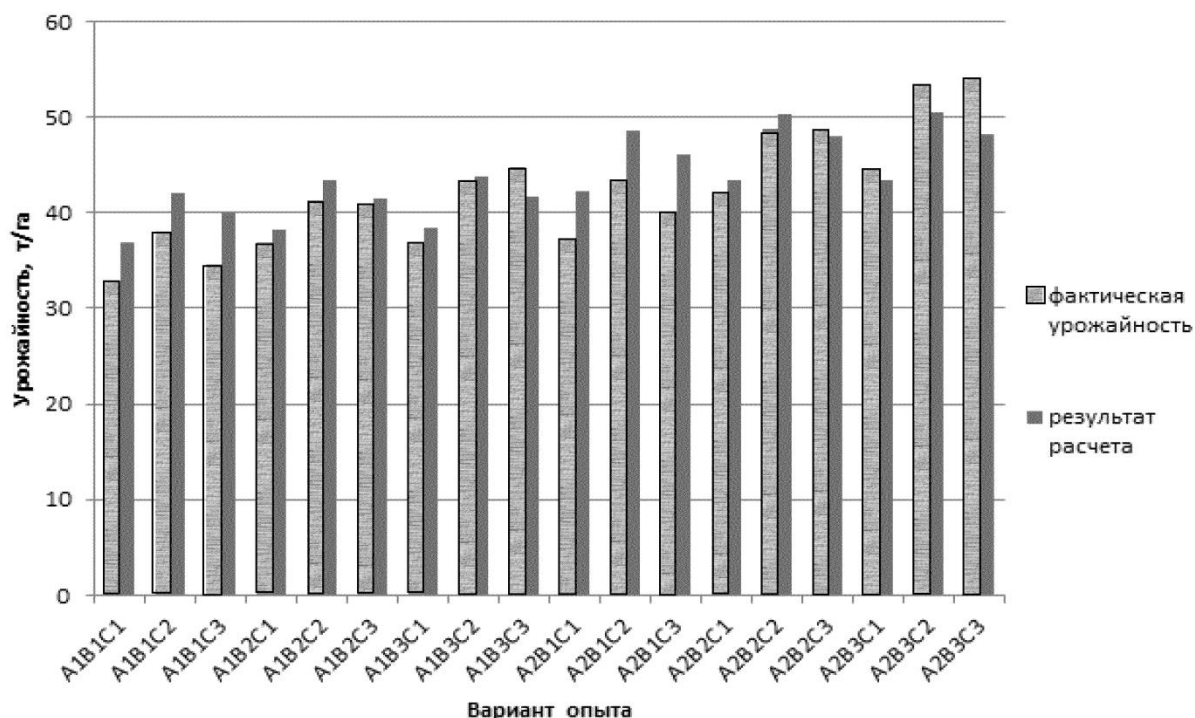


Рисунок 13 – Сравнение результатов моделирования с данными полевых опытов, 2017 г.

Заключение. 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 агрономелиоративных задач по выращиванию раннего картофеля при снижении ресурсных затрат на производство продукции.

Библиографический список

1. 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.
2. Будыко, М.И. Тепловой баланс земной поверхности [Текст]/ М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 254 с.
3. Гаевский, В.Л. Альbedo больших территорий [Текст]/ В.Л. Гаевский // Труды ГГО. – М., 1955. – Вып. 46.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст]/ Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973.
5. Имитационная модель роста сельскохозяйственных растений WOFOST 7.1 [Текст]/ Х. Богоард, К. ванн Диепен, Р. Реттер и др.; 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. Саноян, М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посева [Текст]/ М.Г. Саноян. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 296 с.
8. Тооминг, Х.Г. Адаптация растительных сообществ к интенсивности света и ее математическое моделирование [Текст]/ Х.Г. Тооминг // Журнал общей биологии. – 1968. – Т. 29. – № 5. – С. 549-563.
9. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая [Текст]/ Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.

10. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур [Текст]: пер. с чеш. Благовещенской З. К. – М.: Колос, 1984. – С. 296-327.
11. Чирков, Ю.И. Агрометеорология [Текст]/ Ю.И. Чирков. – Л.: Гидрометеиздат, –293 с.
12. Feddes, R.A. Simulation of water use and production of potatoes as affected by soil compaction / R.A. Feddes, M. de Graaf, J. Bouma. – 1988, Potatoe Res. 31: – P. 225-239.
13. Kanemasu, E.T. Stomatal diffusion resistance of snap beans, I. Influence of leaf-water potential / E.T. Kanemasu, C.B. Tanner // Plant Physiol. – 1974. – №44. – P. 1547-1552.
14. McCree, K.J. An equation for the rate of respiration of the white clover plants grown under controlled conditions/ K.J. McCree // Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity. – Wageningen, Pudoc, 1970. – P. 221-230.
15. Penman, H. L. Evaporation: an introductory survey / H. L. Penman. – Netherl. J. Agric. Sci., 4, 1956. – P. 9-29.
16. Ritchie, J. T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies / J. T. Ritchie, E. Burnett // Agron. J. – 1968. – № 60. – P. 545-549.

Reference

1. 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. - P. 51-58.
2. Budyko, M. I. Teplovoj balans zemnoj poverhnosti [Tekst]/ M. I. Budyko. - L.: Gidrometeoizdat, 1956. - 254 p.
3. Gaevskij, B. L. Al'bedo bol'shih territorij [Tekst]/ B. L. Gaevskij // Trudy GGO. – M., 1955. - Vyp. 46.
4. Dosphehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst]/ B. A. Dosphehov. - M.: Kolos, 1973.
5. Imitacionnaya model' rosta sel'skohozyajstvennyh rastenij WOFOST 7.1 [Tekst]/ H. Boogaard, K. vann Diepen, R. Retter i dr.; 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. Sanoyan, M. G. Agrometeorologicheskie i agrofizicheskie principy i metody upravleniya vlogoobespechennost'yu poseva [Tekst]/ M. G. Sanoyan. - L.: Gidrometeoizdat, 1982. - 296 p.
8. Tooming, H. G. Adaptaciya rastitel'nyh soobshchestv k intensivnosti sveta i ee matematicheskoe modelirovanie [Tekst]/ H. G. Tooming // Zhurnal obschej biologii. - 1968. - T. 29. - № 5. - P. 549-563.
9. Tooming, H. G. Solnechnaya radiaciya i formirovanie urozhaya [Tekst]/ H. G. Tooming. - L.: Gidrometeoizdat, 1977. - 200 p.
10. Formirovanie urozhaya osnovnyh sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]: per. s chesh. Blagoveschenskoy Z. K. - M.: Kolos, 1984. - P. 296-327.
11. Chirkov, Yu. I. Agrometeorologiya [Tekst]/ Yu. I. Chirkov. - L.: Gidrometeoizdat. – 293 p.
12. Feddes, R.A. Simulation of water use and production of potatoes as affected by soil compaction / R.A. Feddes, M. de Graaf, J. Bouma. – 1988, Potatoe Res. 31: – P. 225-239.
13. Kanemasu, E.T. Stomatal diffusion resistance of snap beans, I. Influence of leaf-water potential / E.T. Kanemasu, C.B. Tanner // Plant Physiol. – 1974. – №44. – P. 1547-1552.
14. McCree, K.J. An equation for the rate of respiration of the white clover plants grown under controlled conditions/ K.J. McCree // Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity. – Wageningen, Pudoc, 1970. – P. 221-230.
15. Penman, H. L. Evaporation: an introductory survey / H. L. Penman. – Netherl. J. Agric. Sci., 4, 1956. – P. 9-29.
16. Ritchie, J. T. A precision weighing lysimeter for row crop water use studies / J. T. Ritchie, E. Burnett // Agron. J. – 1968. – № 60. – P. 545-549.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ
ВЕСЕННЕЙ ПОСАДКИ СОВРЕМЕННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКОЙ
В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ****EFFICIENCY OF IRRIGATION OF SPRING PLANTED POTATOES
BY THE MODERN SPRINKLER IN THE SOUTH OF RUSSIA**

И.В. Гурина, доктор сельскохозяйственных наук
Т.В. Мельник, кандидат сельскохозяйственных наук
И.М. Калечак, аспирант

I.V. Gurina, T.V. Melnik, I.M. Kalechak

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова –
филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»,
Новочеркасск*

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute –
a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk*

Цель исследований – изучить эффективность научно обоснованных режимов орошения картофеля весенней посадки, поливаемого современной дождевальной техникой, в условиях Юга России. Исследования проводились в хозяйствах Семикаракорского района Ростовской области в 2014-2015 годах. На контрольных участках применялся рекомендуемый производителями дождевальной техники режим орошения, на опытных – критерием установления сроков поливов являлся предположительный порог влажности. Установлена высокая эффективность и экономическая целесообразность применения научно обоснованных режимов орошения картофеля при поливах современными дождевальными машинами. Рентабельность на опытных участках превышала показатели контроля. Ее наибольшее значение было установлено: в 2014 году в ООО «Исток-1» – 194 %, в 2015 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» – 131 %. На опытных участках был получен максимальный чистый доход на единицу площади. В 2014 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» он составил 359 017,5 руб., в ООО «Исток-1» – 446 979,4 руб., что на 38 662,5 руб. и 48 431,8 руб. превысило контроль. Аналогичная ситуация наблюдалась и в 2015 году. Затраты на 1 га на опытных участках были больше: в 2014 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» на 26337,5 руб., в ООО «Исток-1» – на 36 568,2 руб.; в 2015 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» – на 30 691,3 руб., в ООО «Исток-1» – на 33 589,0 руб. Понесенные затраты компенсировались урожайностью картофеля, которая на опытных участках была выше контрольных.

The purpose of the researches is to study the efficiency of the scientifically proven modes of irrigation of spring planted potatoes watered by the modern sprinkler in the South of Russia. The researches were conducted in farms of Semikarakorsky district of Rostov region in 2014-2015. The irrigation mode recommended by the producers of the sprinklers was applied on test plots. Humidity level before watering was the main criterion to define the terms of irrigation on experimental plots. The high efficiency and economic feasibility of application of the scientifically proven modes of irrigation of potatoes under watering by modern sprinklers is determined. Profitability on experimental plots exceeded control indicators. Its greatest value was defined as 194% in ООО «Istok – 1 in 2014», and as 131% in a peasant farm «Yuzefov N. N.» in 2015. The maximum net income per unit of area was gained on the experimental plots. It was 359017.5 roubles in the peasant farm «Yuzefov N. N.» and 446979.4 roubles in ООО «Istok-1» in 2014 that has exceeded control indices to 38662.5 and 48431.8 roubles. The similar situation was also observed in 2015. The costs per hectare were higher on the experimental plots: in «Yuzefov N. N.» peasant farm to 26337.5 roubles and in ООО «Istok-1» to 36568.2 roubles in 2014; in «Yuzefov N. N.» peasant farm to 30691.3 roubles, in ООО «Istok-1» to 33589.0 roubles in 2015. The incurred costs were compensated by potato yield productivity that was higher on experimental plots than on test ones.

Ключевые слова: картофель, режим орошения картофеля, вегетационный полив картофеля, дождевальная техника, биологическая урожайность картофеля.

Key words: dynamic modeling, hydrothermal regime of potato harvest, evapotranspiration, yield simulation model, prediction of potato harvest, early «Impala» potato.

Введение. Картофель является одной из самых ценных сельскохозяйственных культур; его успешно возделывают в большинстве стран земного шара и используют в разных целях, но в первую очередь как важный продукт питания людей [13, 1]. Однако, несмотря на растущую потребность в этом продукте, в России наблюдается тенденция к сокращению самообеспеченности картофелем. Так, по данным статистики, самообеспеченность картофелем в 2015 году достигала 105,1 %, в 2016 году – 97,7 %, в 2017 году – 90,7 % [2, 3].

В связи этим производство картофеля – одно из приоритетных направлений развития агробизнеса в России, особенно в южных регионах. В то же время дефицит естественной влагообеспеченности территории Юга России определяет необходимость орошения посадок картофеля как культуры с низкой жаростойкостью в течение всего вегетационного периода для поддержания оптимального водного режима почвы [6, 10].

Водный режим почв является наиболее управляемым инженерным приёмом, показателем их плодородия и в значительной степени определяет продуктивность сельскохозяйственных угодий. Вопросам изучения водного режима почв посвящено немало работ, но острота этой проблемы с каждым годом возрастает в соответствии с запросами сельскохозяйственного производства [8, с. 2-3].

В условиях Юга России при отрицательном влиянии на растения высоких температур воздуха и низкой влажности воздуха наиболее предпочтительно применение дождевания [10]. Дождевальные машины нового поколения ориентированы на работу от закрытой оросительной сети, имеют автоматизированный режим работы, компьютерные системы контроля и управления. Широкий диапазон модификаций обеспечивает выбор техники с максимальным учетом конкретных условий применения. В настоящее время в Ростовской области нашли наиболее широкое использование дождевательные машины производства компаний Reinke, Valley и Zimmatic [12, с. 17]. В связи с этим цель исследований заключалась в изучении эффективности научно обоснованных режимов орошения картофеля весенней посадки при поливах современной дождевательной техникой в условиях юга России (на примере центральной орошаемой зоны Ростовской области).

Материалы и методы. Исследования проводились на землях КФХ «Юзефов Н.Н.» и ООО «Исток-1» Семикаракорского района Ростовской области в 2014... 2015 годах. Направление хозяйств – зерно-овощеводческое. Хозяйства применяют передовые технологии возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечены современными дождевальными и другими сельскохозяйственными машинами, семенами, минеральными удобрениями, гербицидами и др.

На контрольных и опытных участках в хозяйствах выращивались высокоурожайные сорта картофеля: в КФХ «Юзефов Н.Н.» в 2014 году – сорт Molli на площади 80 га, в 2015 году – сорт Импала на площади 92 га; в ООО «Исток-1», соответственно, сорта Невский и Артемис на площади 63 и 100 га. На контрольных участках применялся рекомендуемый производителями дождевательной техники режим орошения картофеля, на опытных участках – сроки поливов устанавливались в соответствии со значениями предполивного порога влажности (75-80 % НВ) в активном слое почвы, который составлял 0-60 см.

Для орошения участков использовалась имеющаяся в хозяйствах современная дождевальная техника: в КФХ «Юзефов Н.Н.» в 2014 году – дождевальная машина фирмы Zimmatic, в 2015 году – дождевальная машина Valley; в ООО «Исток-1» во все годы исследований – дождевальная машина Valley.

Вода для орошения контрольных и опытных участков подавалась из Цимлянско-го водохранилища по Донскому магистральному каналу. Перед началом поливных периодов выполнялся отбор проб оросительной воды с целью проведения анализа её химического состава. Результаты проведённых анализов показали, что минерализация поливной воды составляла 0,38–0,4 г/дм³, рН был равен 7,35, следовательно, она полностью пригодна для орошения.

Почвы участков представлены чернозёмами обыкновенными различной обеспеченности питательными веществами, которая в процессе исследований корректировалась внесением минеральных удобрений.

Климатические условия в Семикаракорском районе Ростовской области в 2014 и 2015 годах характеризовались как очень засушливые: значения гидротермического коэффициента по годам исследований были равны 0,50 и 0,58 соответственно. Осадки за вегетационный период составляли: в 2014 году – 177,5 мм, в 2015 году – 205 мм, что на 40,5 и 10,0 мм меньше климатической нормы.

В течение вегетационных периодов на опытных участках определялись водно-физические и агрохимические свойства почвы, изучалась динамика её влажности, проводились наблюдения за ростом и развитием растений, а также учёт биологической урожайности картофеля по общепринятым методикам [5, 11, 4].

Результаты и обсуждение. Наименьшая влагоёмкость – одна из самых важных характеристик водных свойств почвы, которая даёт представление о наибольшем количестве воды, которое способна накопить и длительное время удерживать почва. При проведении исследований показатели наименьшей влагоёмкости использовались нами при определении влагозапасов в почве в начале и в конце вегетационного периода, а также при расчёте поливных норм картофеля. Показатели наименьшей влагоёмкости почв опытных участков по годам исследований приведены в таблице 1.

Сравнение показателей наименьшей влагоёмкости почв, приведённых в таблице 1, с величиной скважности, позволило сделать вывод, что почвы опытных участков обладают благоприятными для развития сельскохозяйственных культур значениями наименьшей влагоёмкости, так как они составляют от 53 до 55 % от скважности почвы.

Таблица 1 – Основные водно-физические свойства почв опытных участков

Хозяйство	Горизонт, см				
	0-40	0-50	0-60	0-80	0-100
Наименьшая влагоёмкость, %					
КФХ «Юзефов Н.Н.»	29,7	28,3	28,1	27,2	26,5
ООО «Исток-1»	29,7	28,3	28,1	27,2	26,5
Плотность сложения почвы, г/см ³					
КФХ «Юзефов Н.Н.»	1,30	1,32	1,33	1,36	1,37
ООО «Исток-1»	1,30	1,32	1,33	1,36	1,37

Плотность почвы определялась в начале вегетационного периода сельскохозяйственных культур, когда влажность почвы составляла более 75 % НВ. Согласно существующим показателям оценки плотности, почвы опытных участков можно охарактеризовать как сильноуплотнённые, так как плотность их сложения превысила 1,3 г/см³ (таблица 1).

Растения картофеля в течение всей вегетации не должны испытывать недостатка во влаге. Только при этом условии можно быть уверенным в получении высокого урожая картофеля, особенно в засушливых условиях Юга России [2]. Высокая продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе и картофеля, обеспечивается при правильном регулировании влагообеспеченности активного слоя почвы. Из имеющихся

литературных источников следует, что наиболее высокая продуктивность сельскохозяйственных культур достигается при поддержании предполивной влажности почвы в активном слое на уровне 75-80 % НВ [7, 9, 14].

На опытных участках наблюдения за динамикой влажности проводились с начала вегетации картофеля до полной спелости, в этот же период выполнялся учёт биологической урожайности картофеля.

Величина влажности почвы была основным показателем для назначения сроков поливов картофеля на опытных участках. Здесь режим орошения обеспечивал поддержание оптимального уровня влагообеспеченности картофеля – 75–80 % от НВ в слое почвы 0-60 см в периоды наибольшей потребности культуры во влаге. На контроле же поливы производились согласно рекомендациям производителей дождевальных машин. Режимы орошения картофеля весенней посадки на опытных и контрольных участках приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы орошения картофеля весенней посадки

Вариант	Количество поливов	Средняя поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Дождевальная машина
КФХ «Юзефов Н.Н.», 2014 г.				
Опытный участок	15	340	5100	Zimmatic
Контрольный участок	17	282	4800	Zimmatic
ООО «Исток-1», 2014 г.				
Опытный участок	15	383	5750	Valley
Контрольный участок	20	268	5350	Valley
КФХ «Юзефов Н.Н.», 2015 г.				
Опытный участок	9	328	2950	Valley
Контрольный участок	9	289	2600	Valley
ООО «Исток-1», 2015 г.				
Опытный участок	21	270	5660	Valley
Контрольный участок	21	250	5260	Valley

Анализ данных таблицы 1 позволил отметить, что в 2014 году водный режим картофеля на опытных участках поддерживался 15 вегетационными поливами: в КФХ «Юзефов Н.Н.» поливы проводились дождевальной машиной Zimmatic средней нормой 340 м³/га, в ООО «Исток-1» – дождевальной машиной Valley средней нормой 383 м³/га. Оросительные нормы составили, соответственно, 5100 и 5750 м³/га. На контрольных участках было проведено: в КФХ «Юзефов Н.Н.» 17 вегетационных поливов средней нормой 282 м³/га, в ООО «Исток-1» – 20 поливов средней нормой 268 м³/га. Оросительные нормы здесь были равны 4800 и 5350 м³/га соответственно.

В 2015 году на опытных участках в хозяйствах полив выполнялся дождевальными машинами фирмы Valley. В КФХ «Юзефов Н.Н.» было проведено 9 вегетационных поливов средней нормой 328 м³/га, в ООО «Исток-1» – 21 полив средней нормой 270 м³/га. Оросительные нормы составили, соответственно, 2950 и 5660 м³/га. На контрольных участках количество поливов было таким же. Однако величины поливных, а следовательно, и оросительных норм были несколько ниже. В КФХ «Юзефов Н.Н.» средняя поливная норма составила 289 м³/га, оросительная норма – 2600 м³/га, в ООО «Исток-1» – 250 м³/га и 5260 м³/га соответственно.

Анализ динамики влажности почвы по годам исследований показал, что влажность почвы на опытных участках не опускалась ниже 75-85 %, что в основном обеспечивалось проведением вегетационных поливов, которые оказывали существенное влияние на рост и развитие растений картофеля. Линейный рост картофеля определялся на

всех участках в основные фазы вегетации: всходы, нарастание вегетативной массы, бутонизация, начало цветения, клубнеобразование. Полученные результаты свидетельствуют о том, что показатели линейного роста картофеля на опытных участках были выше, чем на контрольных. Так, в 2014 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» высота растений картофеля к концу вегетации на опытном участке в среднем составляла 84 см, на контроле – 81 см, в 2015 году – 68 см на опытном участке, 65 см на контроле. Аналогичная картина наблюдалась по годам исследований и в ООО «Исток-1»: в 2014 году высота растений картофеля в конце вегетационного периода на опытном участке в среднем составляла 68 см, на контрольном – 66 см; в 2015 году, соответственно, 89 и 86 см.

В процессе проведения исследований на опытных и контрольных участках определялась биологическая урожайность картофеля. Анализ полученных данных позволил установить, что во все годы исследований показатели биологической урожайности картофеля на опытных участках, где применялся научно обоснованный режим орошения, превышали показатели контрольных участков: в 2014 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» на 6,5 т/га, в ООО «Исток-1» – на 8,5 т/га; в 2015 году – на 8,5 т/га в КФХ «Юзефов Н.Н.» и на 7,3 т/га в ООО «Исток-1» (таблица 3).

Таблица 3 – Биологическая урожайность картофеля весенней посадки

Вариант	Биологическая урожайность, т/га
КФХ «Юзефов Н.Н.», 2014 г.	
Опытный участок	60,0
Контрольный участок	53,5
ООО «Исток-1», 2014 г.	
Опытный участок	67,7
Контрольный участок	59,2
КФХ «Юзефов Н.Н.», 2015 г.	
Опытный участок	53,6
Контрольный участок	45,1
ООО «Исток-1», 2015 г.	
Опытный участок	62,5
Контрольный участок	55,2

Показатели экономической эффективности возделывания картофеля весенней посадки приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания картофеля весенней посадки

Вариант	Урожайность, т/га	Затраты на 1 га, руб.	Себестоимость продукции, руб./т	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
КФХ «Юзефов Н.Н.», 2014 г.					
Опытный участок	60,0	240982,5	4016,4	359017,5	149
Контрольный участок	53,5	214645,0	4012,0	320355,0	149
ООО «Исток-1», 2014 г.					
Опытный участок	67,7	230020,6	3397,6	446979,4	194
Контрольный участок	59,2	193452,4	3267,8	398547,6	206
КФХ «Юзефов Н.Н.», 2015 г.					
Опытный участок	53,6	255756,5	4771,5	333843,5	131
Контрольный участок	45,1	225065,2	4990,4	271034,8	120
ООО «Исток-1», 2015 г.					
Опытный участок	62,5	389011,0	6224,2	298489,0	77
Контрольный участок	55,2	355422,0	6438,8	251778,0	71

Анализ представленной информации позволил установить, что возделывание картофеля весенней посадки при научно обоснованном режиме орошения является экономически эффективным. Во все годы исследований во всех хозяйствах рентабельность производства картофеля на опытных участках превышала показатели контрольных вариантов. Только в 2014 году рентабельность производства картофеля на опытном и контрольном участках была одинаковой и составила 149 %. Наибольшая рентабельность на опытном участке была получена в 2014 году в ООО «Исток - 1» – 194 %, в 2015 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» – 131 %.

На опытных участках с научно обоснованным режимом орошения был также получен максимально чистый доход на единицу площади. В 2014 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» он составил 359 017,5 руб., что на 38 662,5 руб. превысило показатель контрольного участка, в ООО «Исток-1» – 446 979,4 руб. или на 48 431,8 руб. больше контрольного варианта. Аналогичная ситуация наблюдалась и в 2015 году.

Чистый доход на единицу площади опытного участка в КФХ «Юзефов Н.Н.» составил 333 843,5 руб., что на 62 808,7 руб. превысило показатель контрольного участка, в ООО «Исток-1» - 298 489,0 руб., на 46 711,0 руб. больше, чем на контрольном участке, где картофель возделывался при рекомендованном производителями дождевальной техники режиме орошения.

Следует отметить, что затраты на 1 га на опытных участках были выше контрольных: в 2014 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» – на 26 337,5 руб., в ООО «Исток-1» – на 36 568,2 руб.; в 2015 году в КФХ «Юзефов Н.Н.» – на 30 691,3 руб., в ООО «Исток-1» – на 33 589,0 руб. Однако понесенные при возделывании затраты компенсировались полученной урожайностью картофеля. Во все годы исследований его урожайность на опытных участках была значительно выше, чем на контрольных.

Заключение. Результаты проведённых полевых исследований позволили установить высокую эффективность научно обоснованных режимов орошения картофеля весенней посадки при поливах современными дождевальными машинами и экономическую целесообразность их применения в условиях юга России.

Библиографический список

1. Албогачиева, Б.М. Экономическая эффективность производства картофеля в различных категориях хозяйств [Текст]/Б.М. Албогачиева // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2010. – № 3. – С. 91-98.
2. Варианты технологии возделывания картофеля в аридной зоне [Текст]/ В.В. Коринец, В.А. Шляхов, Н.К. Дубровин и др. // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 11 (90). – С. 29-30.
3. Головащенко, Д.М. 7 элементов увеличения эффективности выращивания картофеля [Электронный ресурс] / Д.М. Головащенко. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/tech/cultivation-potatoes/7-elementov-uvvelicheniya-effektivnosti-vyrashchivaniya-kartofelya.html>.
4. ГОСТ 28168-89. Межгосударственный стандарт. Почвы. Отбор проб. – М.: Стандартинформ, 2008.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
6. Дубенок, Н.Н. Продуктивность картофеля при спринклерном орошении [Текст] / Н.Н. Дубенок, Р.А. Чечко, А.Ф. Дружкин // Плодородие. – 2015. – № 1 (82). – С. 35-37.
7. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы. – Ростов-н/Д, 2013. – Ч. 1. – 240 с.
8. Иванова, Н.А. Влияние водного режима почв на продуктивность сельскохозяйственных культур [Текст] / Н.А. Иванова, И.В. Гурина, С.Ф. Шемет // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 4(16). – С. 124-135.

9. Ильинская, И.Н. Экологически обоснованные нормы и режимы орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе [Текст]: рекомендации / И.Н. Ильинская; ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2007. – 28 с.
10. Кружилин, А.С. Выращивание овощных культур и картофеля при орошении [Текст]/ А.С. Кружилин. – М., Россельхозиздат, 1975. – 116 с.
11. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст]: рекомендации / [Подгот. В.Н. Плешаковым]; ВАСХНИЛ, Всерос. отд-ние; Всерос. НИИ орошаемого земледелия. – Волгоград, 1983. – 149 с.
12. Михеев, П.А. Использование зарубежной дождевальной техники в условиях Ростовской области [Текст] / П.А. Михеев, Н.А. Иванова // Орошаемое земледелие. – 2015. – № 2. – С. 17-18.
13. Растениеводство [Текст]/ П.П. Вавилов, В.В. Грищенко, В.С. Кузнецов, и др.; под ред. П.П. Вавилова. – 5-е изд-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1986. – 512 с.
14. Shayannejad, Mohammad. Effect of Every-Other Furrow Irrigation on Water Use Efficiency, Starch and Protein Contents of Potato / Mohammad Shayannejad // Journal of Agricultural science. – 2009. – № 2. – С. 107–112.

Reference

1. Albogachieva, B. M. Jekonomicheskaya jffektivnost' proizvodstva kartofelya v razlichnyh kategoriyah hozyajstv [Tekst]/B. M. Albogachieva // Regional'nye problemy preobrazovaniya jkonomiki. - 2010. - № 3. - P. 91-98.
2. Varianty tehnologii vozdelevaniya kartofelya v aridnoj zone [Tekst]/ V. V. Korinec, V. A. Shlyahov, N. K. Dubrovin i dr. // Agrarnyj vestnik Urala. - 2011. - № 11 (90). - P. 29-30.
3. Golovaschenko, D. M. 7 Jelementov uvelicheniya jeffektivnosti vyrashchivaniya kartofelya [Jelektronnyj resurs] / D. M. Golovaschenko. - Rezhim dostupa: <https://agrovesti.net/lib/tech/cultivation-potatoes/7-elementov-uvelicheniya-effektivnosti-vyrashchivaniya-kartofelya.html>.
4. GOST 28168-89. Mezhhgosudarstvennyj standart. Pochvy. Otkor prob. - M.: Standartin-form, 2008.
5. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] / B. A. Dospehov. - M.: Kolos, 1979. - 416 p.
6. Dubenok, N. N. Produktivnost' kartofelya pri sprinklernom oroshenii [Tekst] / N. N. Dubenok, R. A. Chechko, A. F. Druzhkin // Plodorodie. - 2015. - № 1 (82). - P. 35-37.
7. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoj oblasti na 2013-2020 gody. - Rostov-n/D, 2013. - Ch. 1. - 240 p.
8. Ivanova, N. A. Vliyanie vodnogo rezhima pochv na produktivnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] / N. A. Ivanova, I. V. Gurina, S. F. Shemet // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2014. - № 4(16). - P. 124-135.
9. Il'inskaya, I. N. Jekologicheski obosnovannye normy i rezhimy orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur na Severnom Kavkaze [Tekst]: rekomendacii / I. N. Il'inskaya; FGNU "RosNIIPM". - Novocherkassk: ООО "Gelikon", 2007. - 28 p.
10. Kruzhilin, A. S. Vyrashchivanie ovoschnyh kul'tur i kartofelya pri oroshenii [Tekst]/ A. S. Kruzhilin. - M., Rossel'hozizdat, 1975. - 116 p.
11. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Tekst]: rekomendacii / [Podgot. V. N. Pleshakovym]; VASXNIL, Vseros. otd-nie; Vseros. NII oroshaemogo zemledeliya. - Volgograd, 1983. - 149 p.
12. Miheev, P. A. Ispol'zovanie zarubezhnoj dozhdeval'noj tehniki v usloviyah Rostovskoj oblasti [Tekst] / P. A. Miheev, N. A. Ivanova // Oroschaemoe zemledelie. - 2015. - № 2. - P. 17-18.
13. Rastenievodstvo [Tekst]/ P. P. Vavilov, V. V. Grischenko, V. S. Kuznecov, i dr.; pod red. P. P. Vavilova. - 5-e izd-e, dop. i pererab. - M.: Agropromizdat, 1986. - 512 p.
14. Shayannejad, Mohammad. Effect of Every-Other Furrow Irrigation on Water Use Efficiency, Starch and Protein Contents of Potato / Mohammad Shayannejad // Journal of Agricultural science. - 2009. - № 2. - P. 107-112.

E-mail: i-gurina@mail.ru

**ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ТРАВСТОЕВ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ
ПРИ ОРОШЕНИИ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ****THE BASIC METHODS OF FORMATION OF HIGHLY
PRODUCTIVE HERBAGE OF TALL FESCUE IN UNDER IRRIGATION
THE LOWER VOLGA REGION****Т.Н. Дронова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Н.И. Бурцева**, кандидат сельскохозяйственных наук**Д.К. Кулик**, кандидат сельскохозяйственных наук**И.П. Земцова****T.N. Dronova, N.I. Burtseva, D.K. Kulik, I. P. Zemtsova***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия», г. Волгоград**All-Russian research Institute of irrigated agriculture, Volgograd*

Представлены результаты исследований по определению основных приемов возделывания овсяницы тростниковой при комбинированном использовании в условиях орошения на землях Нижнего Поволжья. Исследования проводились на светло-каштановых почвах в трехфакторных опытах, включающих два срока посева (весенний и летний), два способа посева (рядовой и широкорядный), нормы высева (2, 3, 4, 5, 6 млн всхожих семян на гектар). Максимально высокие урожаи семян на посевах овсяницы второго-третьего годов пользования были сформированы на летних широкорядных посевах с нормой высева 3,0 млн семян – 556...595 кг/га. На рядовых посевах высокие урожаи были получены на варианте с нормой высева 5 млн всхожих семян на гектар – 500...538 кг/га. На формирование семенного укоса овсяница затрачивала 85...90 дней с суммой положительных температур 1460...1740 °С. Формирование второго укоса на зеленый корм проходило за 38...45 дней при сумме температур 970-1170 °С. Урожайность овсяницы на корм максимальных значений достигала на рядовых посевах с повышенной нормой высева – 27,0...35,2 т/га зеленой массы.

The results of studies to determine the main methods of cultivation of reed oatmeal with combined use in irrigation on the lands of the Lower Volga region are presented. The studies were conducted on light chestnut soils in three-factor experiments, including two sowing dates, spring and summer, two methods of sowing, ordinary and wide-row, seeding rates - 2, 3, 4, 5, 6 million germinating seeds per hectare. The highest seed yield for sowing fescue in their second or third years of use was formed in the summer in wide crops with a seeding rate of 3.0 million seed – 556...595 kg/ha. On ordinary crops, high yields were obtained on the variant with a seeding rate of 5 million germinating seeds per hectare – 500...538 kg/ha for the formation of seed mowing, the oatmeal spent 85...90 days with the sum of positive temperatures of 1460-1740 °C. The formation of the second harvest green forage was held for 38...45 days at temperatures of 970...1170 °C. The yield of oatmeal for feed reached maximum values on ordinary crops with increased seeding rate-27,0...35,2 t/ha of green mass.

Ключевые слова: овсяница тростниковая, сроки посева овсяницы, нормы посева овсяницы, продуктивность овсяницы, качество корма.

Key words: reed fescue, fescue sowing time, fescue sowing rate, fescue productivity, feed quality.

Введение. Почвенно-климатические условия Нижнего Поволжья в целом соответствуют требованиям успешного возделывания многолетних трав. Зональные почвы обладают достаточно высоким потенциалом плодородия. Теплообеспеченность в пределах 2800...3600 °С, приход около 3 млрд Ккал/га за вегетацию (153...185 дней) не накладывает дополнительных ограничений на выбор и выращивание трав [5].

Овсяница тростниковая относится к долголетним злакам, сочетающим засухоустойчивость, зимостойкость, хорошую отзывчивость на оптимальный водный и питательный режимы, высокую продуктивность [1, 2, 10, 11]. Она хорошо сочетается в травосмесях с многолетними бобовыми культурами. В чистом виде овсяница тростниковая способна формировать высокие урожаи семян на уровне 0,58...1,45 т/га [8, 7, 4, 6, 9]. В исследованиях Всероссийского НИИ орошаемого земледелия эта мятликовая культура зарекомендовала себя отличным компонентом в травостоях долголетних бобово-мятликовых смесей. В Нижнем Поволжье при орошении травосмеси, включающие овсяницу тростниковую, формировали в зависимости от года жизни 30...80 т/га высококачественной биомассы. В килограмме сухого вещества содержалось 0,60...0,64 кормовых единиц, 98...118 г переваримого протеина, 9,3-10,1 МДж обменной энергии [3].

Широкое использование этой ценной кормовой культуры как в чистом виде, так и в долголетних травосмесях сдерживается отсутствием адаптированной технологии её возделывания.

Ввиду этого целью наших исследований стало выявление оптимальных сочетаний урожаеобразующих факторов для создания высокопродуктивных семенных травостоев кормовой культуры овсяницы тростниковой.

Материалы и методы. Поставленная цель осуществлялась в полевых опытах, включающих изучение сроков посева (весной, в апреле, и летом, в I половине августа); способов посева: рядовой (ширина междурядий 0,15 м) и ширококорядный (ширина междурядий 0,3 м); норм высева семян – 4, 5, 6 млн при рядовом посеве и 2, 3, 4 млн всх. семян/га – при ширококорядном. В опытах высевалась овсяница сорта Сура, селекции Пензенского НИИСХ.

Опыты закладывали на стационаре института «Волго-Донской». Почвы опытного участка светло-каштановые с низким содержанием гумуса (1,4...1,7 %), плотностью почвенного слоя 0,7 м – 1,34 т/м³, наименьшей влагоемкостью 22,2 %. Показатели содержания подвижного фосфора и обменного калия колебались в пределах 21...27 и 220...286 мг/кг почвы соответственно.

Дозы удобрений рассчитывали с учетом запасов элементов питания в почве, выноса их с урожаем и соответствующих коэффициентов возмещения. Фосфорные и калийные удобрения (Р₁₈₀К₂₀₀) были внесены под вспашку, азотные – весной, затем – после уборки семян. В опытах поддерживался предположительный порог влажности 70...75 % НВ. Поливы в течение вегетации проводили универсальной дождевальная машиной барабанного типа марки Rainstar с консолью. Убирали семенной посев овсяницы напрямую комбайном Terrior 2010, отаву скашивали косилкой Е 281.

Результаты и обсуждение. Наблюдения за динамикой побегообразования в весенний и осенний периоды позволили установить следующие закономерности:

- от весны к осени у овсяницы тростниковой шло нарастание числа побегов;
- интенсивность кущения на ширококорядных посевах по сравнению с рядовыми была выше;
- увеличение нормы высеваемых семян способствовало увеличению количества побегов у растений.

Процесс формирования генеративных побегов зависел от срока и способа посева, а также от нормы высева овсяницы. На делянках рядового посева их количество составляло 13...15, ширококорядного – 21...26 % от общего числа побегов. По сравнению с весенним на летнем посеве образовывалось генеративных побегов на 11...14,5 % больше. Среди вариантов создания густоты травостоя выделились делянки с 5,0 млн – при рядовом и 3,0 млн всхожих семян на гектар - при ширококорядном способе посева. Отрастание овсяницы весной во второй и последующие годы жизни отмечалось в начале - середине апреля. Урожай семян формировался в течение 85...90 дней при суммарном накоплении

температур 1460...1740 °С. Осадков в разные годы исследований выпадало от 78 до 132 мм. После уборки семенного травостоя отрастание отавы проходило в течение 38...45 дней, сумма активных температур за этот период составляла 970...1170 °С.

Продолжительность периода роста и развития овсяницы при весеннем сроке сева от ранневесеннего отрастания до уборки на семена была несколько длиннее, чем у овсяницы летнего посева: 86...93 и 82...85 дней соответственно.

Небольшая разница в прохождении фаз развития отмечалась у растений овсяницы как на рядовом, так и широкорядном посеве. Посев с шириной междурядий 0,3 м по сравнению с посевом рядовым (0,15 м) обеспечивал лучшую освещенность и большую площадь питания, поэтому развитие растений по фазам проходило быстрее, период вегетации был короче на 4...8 дней (таблица 1).

Таблица 1 – Межфазные периоды и сумма температур по фазам развития овсяницы тростниковой второго года пользования, 2014-2016 гг.

Фаза роста и развития растений	Срок посева	Ширина междурядий в посевах			
		0,15 м		0,30 м	
		кол-во дней	Σt, °С	кол-во дней	Σt, °С
Весеннее отрастание – стебление	весенний	28	466	27	449
	летний	25	428	24	417
Стебление – трубкование	весенний	15	305	12	250
	летний	14	279	14	288
Трубкование – выброс метелки	весенний	12	132	12	138
	летний	12	138	11	138
Выброс метелки – цветение	весенний	9	330	9	350
	летний	9	338	10	356
Цветение – созревание семян	весенний	29	398	25	382
	летний	25	368	23	355
Всего:	весенний	93	1631	86	1577
	летний	85	1559	82	1554

В зависимости от метеорологических условий посеvy овсяницы тростниковой поливали 3...7 раз за вегетацию. Суммарное водопотребление колебалось в пределах 3575...3960 м³/га. В структуре суммарного водопотребления доля оросительной воды составляла по годам исследований 46,3...61,4 %.

При анализе полученных экспериментальных данных выяснилось, что максимальный урожай семян был сформирован посевами овсяницы тростниковой во второй и третий годы пользования травостоем – 409...595 кг/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность овсяницы тростниковой, возделываемой на семена, 2012-2017 гг.

Вариант способа посева (В)	Норма высева, млн всх. семян/га (С)	Урожайность по годам пользования, кг/га семян							
		срок сева (А)							
		весенний				летний			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Рядовой	4	332	467	409	310	300	472	440	332
	5	378	522	485	323	315	538	500	380
	6	360	506	466	318	332	508	470	320
Широкорядный	2	360	508	448	315	338	512	462	368
	3	423	550	523	368	378	595	556	397
	4	410	532	514	350	392	558	532	374

НСР₀₅ А – 32,6 – 37,8

В – 25,7 – 30,2

С – 38,6 – 43,2

Овсяница летнего срока сева во 2...3-й год пользования имела преимущество перед весенним: урожайность её на вариантах травостоя, посеянного в августе, составила в среднем 432...595 против 409...550 кг/га на травостоях, посеянных в апреле.

Большая ширина междурядий обеспечивала формирование более высоких урожаев семян – 315...595 против 310...538 кг/га – на общепринятом рядовом посеве.

Из данных, полученных в опытах, следует, что при ширококормном способе посева оптимальной нормой высева овсяницы тростниковой можно считать 3,0 млн, а при рядовом – 5,0 млн всхожих семян на гектар. Урожайность на этих вариантах в первый и последующие годы пользования значительно не различалась и составляла соответственно 378...595 и 315...538 кг/га.

После уборки семенного травостоя при последующем надлежащем уходе (полив и подкормка азотными удобрениями) посев овсяницы тростниковой формировал осенний урожай отавы, убираемый на зеленую массу. В этом случае отмечена иная тенденция изменения продуктивности овсяницы: наиболее высокой урожайностью характеризовались варианты рядового посева – 19,3...33,2, а ширококормного – 18,3...26,0 т/га зеленой массы (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность овсяницы тростниковой во втором укосе, т/га зеленой массы

Вариант способа посева (В)	Норма высева, млн шт./га (С)	Урожайность по годам пользования		
		второй	третий	четвертый
Весенний срок сева (А)				
Рядовой	4	26,3	21,8	19,3
	5	30,0	25,0	23,5
	6	33,2	27,0	24,1
Широкорядный	2	21,0	14,5	18,3
	3	24,4	18,2	19,8
	4	26,0	20,0	19,5
Летний срок сева				
Рядовой	4	29,0	22,8	23,9
	5	31,0	26,0	25,0
	6	33,2	28,3	25,1
Широкорядный	2	22,0	16,8	18,3
	3	26,2	19,2	22,8
	4	27,2	22,0	23,5

НСР₀₅ т/га А – 2,41...2,57; В – 2,83...3,07; С – 1,48...1,84

Таблица 4 – Содержание питательных веществ в биомассе овсяницы тростниковой третьего года жизни

Способ посева	Норма высева, млн всх. семян на 1 га	Содержание в 1 кг сухого вещества									
		%							питательная ценность		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	жир	клетчатка	протеин	БЭВ	к. ед.	пер. пр., г	ОЭ, МДж
Рядовой	4	1,76	0,22	2,38	3,12	26,0	11,0	39,9	0,49	47,3	8,49
	5	1,89	0,23	2,31	3,89	25,3	12,4	38,2	0,51	53,5	9,03
	6	2,26	0,23	2,50	4,15	23,8	14,1	39,4	0,54	60,8	9,38
Широко-рядный	2	1,65	0,22	2,21	3,47	27,2	10,3	39,4	0,47	44,3	8,55
	3	1,94	0,23	2,33	4,08	26,1	12,1	38,8	0,51	52,2	8,68
	4	2,08	0,22	2,28	3,75	25,3	13,0	38,9	0,50	55,9	9,15

Результаты химического анализа подчеркивают высокие кормовые достоинства биомассы овсяницы: содержание азота в 1 кг сухого вещества колебалось в пределах от 1,65 до 2,26 %, клетчатки – от 23,81 до 27,18, БЭВ – от 38,24 до 39,95 %. На делянках с большей плотностью травостоя содержание протеина в биомассе увеличивалось с 11,1 до 14,2 – при рядовом и с 10,4 до 12,9 % – при широкорядном способе посева. С увеличением посевной нормы энергетические показатели корма также повышались: содержание кормовых единиц с 0,47...0,49 до 0,51...0,54, обменной энергии – 8,49...8,55 до 8,68...9,38 МДж в 1 кг (таблица 4).

Эффективность возделывания овсяницы тростниковой на орошаемых землях подтверждается биоэнергетической оценкой. Соотношение аккумулированной энергии в урожае к затратам на его выращивание, иначе говоря коэффициент энергетической эффективности, достаточно высок – 1,15...1,52.

Заключение. Почвенно-климатические условия Нижнего Поволжья, обильный приход тепла и солнечной энергии, длительный безморозный период соответствуют требованиям успешного возделывания новой для региона многолетней мятликовой культуры овсяницы тростниковой при комбинированном использовании на семена и корм.

Поддержание предположительного порога влажности почвы на уровне 70...75 % НВ в течение всей вегетации и внесение удобрений способствуют формированию урожая семян в первом укосе до 300...595 кг/га, во втором укосе – от 15 до 35 т/га зеленой массы. Более высокие урожаи семян были получены на опытных делянках во второй и третий годы пользования на летних посевах с шириной междурядий 0,3 м и нормой высева 3,0 млн всхожих семян на гектар – 556...595 кг/га. На обычных рядовых посевах максимальные урожаи были получены на делянках с нормой высева 5 млн всхожих семян/га – 500-538 кг – при летнем сроке посева и 485...522 кг/га – при весеннем.

Во втором укосе кормовая продуктивность была максимальной на рядовом посеве с наиболее высокой нормой высева – 27,0...35,2 т/га зеленой массы.

Таким образом, комбинированное использование овсяницы тростниковой обеспечивает получение с одного орошаемого гектара от 0,3 до 0,6 т семян, 15...35 т/га зеленой массы с рентабельностью производства 120...160 %.

Библиографический список

1. Беляк, В.Б. Биологизация сельскохозяйственного производства [Текст]/ В.Б. Беляк. – Пенза: Пензенская правда, 2008. – 144 с.
2. Волченкова, И.И. Продуктивность овсяницы тростниковой при комбинированном использовании на корм и семена [Текст]: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / И.И. Волченкова. – М., 1994. – 18 с.
3. Дронова, Т.Н. Инновационная технология возделывания поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях [Текст] / Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, С.Ю. Неужин // Земледелие. – 2014. – №8. – С. 30-33.
4. Епифанов, Е.С. Резервы травяного поля [Текст] /Е.С. Епифанов. – Пенза, 2004. – 110 с.
5. Кружилин, И.П. Агромелиоративная оценка влагообеспеченности Нижнего Поволжья [Текст]/ И.П. Кружилин. – Волгоград: Волгоградский СХИ, 1976. – 65 с.
6. Медведев, П.Ф. Малораспространенные кормовые культуры [Текст]/ П.Ф. Медведев. – Ленинград: Колос, 1970. – 160 с.
7. Овсяница тростниковая – новая культура в орошаемом земледелии Нижнего Поволжья [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – №6. – С. 13-15.
8. Продуктивность овсяницы тростниковой при комбинированном использовании на корм и семена [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, С.Ю. Неужин и др. // Кормопроизводство. – 2016. – №12. – С. 29-34.
9. Тумасова, М.И. Способы посева и нормы высева овсяницы тростниковой на семена [Текст]/ М.И. Тумасова, В.П. Шалаев, А.Н. Смольников // Интенсификация производства семян многолетних трав /ВНИИК. – М., 1988. – Вып. 40. – 176 с.

10. Уразова, Л.Д. Технология возделывания многолетних злаковых трав на корм и семена в северных районах Томской области [Текст]: рекомендации / Л.Д. Уразова. – Томск, 2007. – 9 с.
11. Шириев, В.М. Селекция злаковых многолетних трав и особенности их семеноводства в Башкортостане [Текст] / В.М. Шириев, Г.К. Зарипова // Зерновое хозяйство. – 2011. – №1. – С. 7-9.

Reference

1. Belyak, V. B. Biologizatsiya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Tekst] / V. B. Belyak. - Penza: Penzenskaya pravda, 2008. – 144 p.
2. Volchenkova, I. I. Produktivnost' ovsyancy trostnikovoj pri kombinirovannom ispol'zovanii na korm i semena [Tekst]: avtoref. diss. ... kand. s.-h. nauk / I. I. Volchenkova. - M., 1994. - 18 p.
3. Dronova, T. N. Innovatsionnaya tehnologiya vozdel'nyaniya polivodnykh posevov mnogoletnih trav na oroshaemykh zemlyakh [Tekst] / T. N. Dronova, N. I. Burceva, S. Yu. Nevezhin // Zemledelie. - 2014. - №8. - P. 30-33.
4. Epifanov, E. S. Rezervy travyanogo polya [Tekst] / E. S. Epifanov. - Penza, 2004. - 110 p.
5. Kruzhilin, I. P. Agromeliorativnaya ocenka vlogoobespechennosti Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / I. P. Kruzhilin. - Volgograd: Volgogradskij SXXI, 1976. - 65 p.
6. Medvedev, P. F. Malorasprostrannyye kormovye kul'tury [Tekst] / P. F. Medvedev. - Leningrad: Kolos, 1970. - 160 p.
7. Ovsyanica trostnikovaya - novaya kul'tura v oroshaemom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / T. N. Dronova, N. I. Burceva, E. I. Molokanceva i dr. // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2017. - №6. - P. 13-15.
8. Produktivnost' ovsyancy trostnikovoj pri kombinirovannom ispol'zovanii na korm i semena [Tekst] / T. N. Dronova, N. I. Burceva, S. Yu. Nevezhin i dr. // Kormoproizvodstvo. - 2016. - №12. - P. 29-34.
9. Tumasova, M. I. Sposoby poseva i normy vyseva ovsyancy trostnikovoj na semena [Tekst] / M. I. Tumasova, V. P. Shalaev, A. N. Smol'nikov // Intensifikatsiya proizvodstva semyan mnogoletnih trav / VNIK. - M., 1988. - Vyp. 40. - 176 p.
10. Urazova, L. D. Tehnologiya vozdel'nyaniya mnogoletnih zlakovykh trav na korm i semena v severnykh rajonakh Tomskoj oblasti [Tekst]: rekomendatsii / L. D. Urazova. - Tomsk, 2007. - 9 p.
11. Shiriev, V. M. Seleksiya zlakovykh mnogoletnih trav i osobennosti ih semenovodstva v Bashkortostane [Tekst] / V. M. Shiriev, G. K. Zaripova // Zernovoe hozyajstvo. - 2011. - №1. - P. 7-9.

E-mail: tam.dronova@yandex.ru

УДК 556.535 (282.247.418)

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-11

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА НИЖНЕЙ ВОЛГИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

FEATURES OF THE WATER REGIME OF THE LOWER VOLGA
AND ITS IMPACT ON THE CONDITION OF THE NORTH-WESTERN PART
OF THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN

В. Ф. Лобойко¹, доктор технических наук, профессор
А. Ю. Овчарова², кандидат географических наук, учитель географии
Н.С. Никитина¹, старший преподаватель

V.F. Loboyko¹, A. Yu. Ovcharova², N.S. Nikitina¹

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²МБОУ «Городищенская средняя школа № 1»

¹Volgograd State Agrarian University

²MBEI «Gorodishchenskaya secondary school number 1»

В статье проведен детальный анализ весенних и зимних попусков воды через Волжский гидроузел за последние годы, а также изучено гидромелиоративное состояние северо-западной части ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы с применением картосхем территории затопления. На сегодняшний момент введенный в эксплуатацию гидроузел получил благоприятное

экономическое обоснование. Главным образом, его функционирование способствует выработке доступной электроэнергии не только региону, но и близлежащим областям, при этом отрицательным моментом строительства водохранилища явилось то, что многие прибрежные территории подверглись затоплению, а также деградации береговой линии, увеличению абразионно-аккумулятивных процессов и переселению жилых массивов. Огромное влияние на изменение ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы в нижнем бьефе оказал рост зимних и спад весенних сбросов воды, в связи с чем активизировались зимние ледоходы, нарушилась гидравлическая связь между водоемами и снизилась поемность весной. Стоит отметить, что весенние сбросы в низовья реки Волги необходимы для залива пойменных лугов, заполнения естественных и искусственных водоемов, поддержания повышенных уровней воды во время нереста рыбы, а также для хозяйственного полива в летний период. В свою очередь, повышенные зимние сбросы негативно влияют на экологическое благополучие Нижневолжского займаща – наносят непоправимый ущерб сельскому и рыбному хозяйству региона.

The article contains a detailed analysis of spring and winter water discharges through the Volga hydroelectric complex in recent years, as well as the hydro-land reclamation state of the north-western part of the landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain using the map of the flooded territory. At the moment, the commissioned hydrosystem has received its favorable economic justification. Its operation mainly contributes to the development of affordable electricity not only to the region, but also to the surrounding areas, while the negative aspect of the reservoir construction was the fact that many coastal areas were flooded, as well as degradation of the coastline, increased abrasion-accumulation processes and resettlement of residential areas. . Huge influence on the change of landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain in the downstream brought the growth of winter and the decline of spring water discharges, in connection with which the winter ice drifts became more active, the hydraulic connection between reservoirs was broken and the waterfall decreased in spring. It should be noted that spring discharges to the lower reaches of the Volga River are necessary for the bay of floodplain meadows, filling natural and artificial reservoirs, maintaining elevated water levels during fish spawning, as well as for economic irrigation in the summer. In turn, increased winter discharges adversely affect the ecological well-being of the Nizhne-Volzhsky Zaydoma, causing irreparable damage to the region's agriculture and fisheries.

Ключевые слова: *Волго-Ахтубинская пойма, Волжская ГЭС, гидрологические режимы, геоэкологическая обстановка, нижний бьеф, весеннее половодье, зимняя межень.*

Key words: *Volga-Akhtuba floodplain, Volga Hydroelectric Power Station, hydrological regime, geoecological situation, downstream, spring flood, winter low water.*

Введение. На сегодняшний день состояние и динамика наземных экосистем Волго-Ахтубинской поймы в значительной мере зависит от гидромелиоративного состояния ее территории. Регулирование стока плотинами и строительство водохранилищ на реке Волге привели к необратимым изменениям структуры пойменных экосистем и ее ландшафтов. Стоит отметить, что эта проблема долины Нижней Волги освещена в Федеральной целевой программе «Возрождение Волги», где рассмотрены теоретические основы и практические мероприятия по рациональному использованию природных ресурсов пойменной территории.

Материалы и методы. Цели нашего исследования: проведение анализа гидрологического режима Нижней Волги, выявление геоэкологических проблем в пределах северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы, вызванных работой и функционированием Волжского гидроузла. Объектом исследования являются территория северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы, Волгоградское водохранилище и Волжский гидроузел. Предметом исследования является геоэкологическая ситуация, сложившаяся в результате изменения гидрологического режима Волги, обусловленного работой

Волжского гидроузла на современном этапе. Материалы исследований представлены данными Нижне-Волжского бассейнового управления, а также опубликованными научными статьями. Материалы для анализа отбирались на системной основе с учетом комплекса единообразных условий, включали обязательную статистическую проверку исследуемых данных.

Результаты и обсуждение. По данным Нижне-Волжского бассейнового управления (НВБУ), показатель затопляемости территории Волго-Ахтубинской поймы в естественных условиях исчисляется от 60 до 80 % ее площади, в реальности имеем совершенно иную картину. Если еще в начале 2000-х годов степень затопляемости составляла от 30 до 40 % ее площади, то в последние годы наблюдается снижение до 20-30 %. Ежегодному затоплению подвержены лишь территории под водно-болотными угодьями, низинные зоны прирусловой поймы, а также малая часть самой поймы. Средние и возвышенные участки северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы частично затапливаются лишь раз в 3-4 года, и то когда максимальные расходы воды достигают 40 тыс. м³/с. После ввода в эксплуатацию Волжского гидроузла данные площади не затапливались ни разу. Только в 1979 г., когда весенние попуски превысили 34 тыс. м³/с, Волго-Ахтубинская пойма была покрыта водой на 60-75 % (рисунок 1) [1, 2].

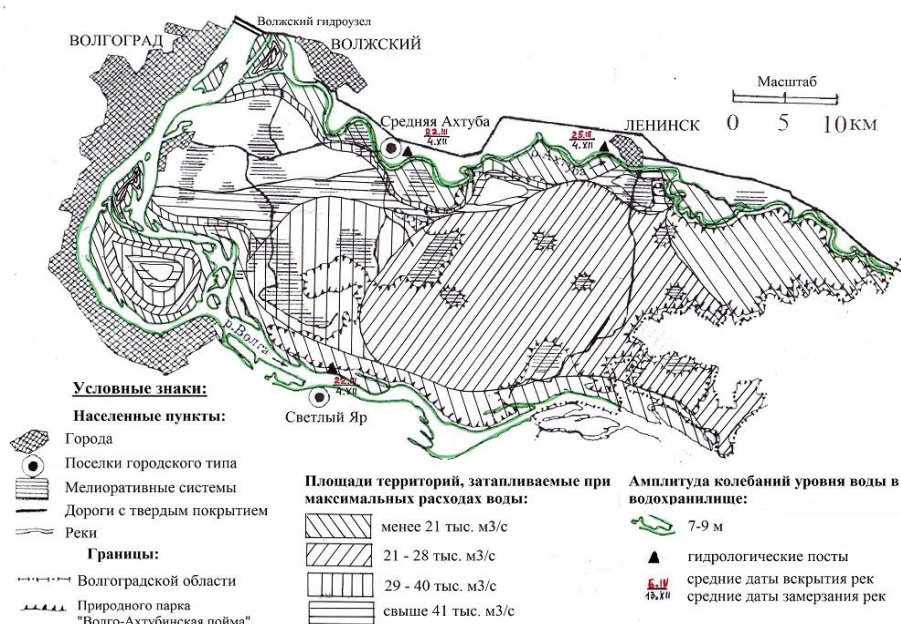


Рисунок 1 – Территории Волго-Ахтубинской поймы, затапливаемые при различных максимальных расходах воды

Для детального изучения состояния затопляемости территорий Волго-Ахтубинской поймы целесообразно провести анализ весенних и зимних сбросов воды через Волжский гидроузел за последние 6 лет.

Для половодья и летне-осенней межени 2013 г. были характерны обильные осадки. Климатические реалии этого года благоприятно сказались и на процессе обводнения Волго-Ахтубинской поймы: предельные расходы воды в 26 тыс. м³/с зафиксированы в течение 12 дней, «рыбная полка» длилась 31 день при расходе воды от 17 до 19 тыс. м³/с. В общей картине половодье 2013 г. продлилось 68 дней. Приток в Волгоградское водохранилище в среднем составил 27 тыс. м³/с. Также необходимо отметить высокие холостые сбросы через водосливную плотину Волжского гидроузла,

предельный расход которых исчислялся в 13,5 тыс. м³/с (4 мая). На протяжении всего пика половодья (12 дней) холостые сбросы были сосредоточены на отметке в 13 тыс. м³/с (рисунок 2, таблица 1) [11].

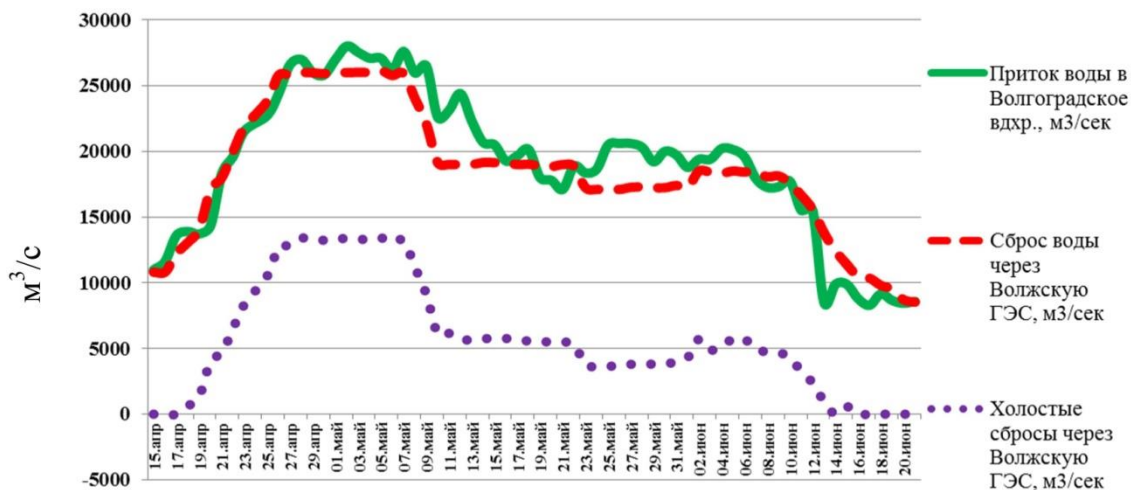


Рисунок 2 – Расходы воды в половодье 2013 г. [8]

Половодье 2014 г. длилось 39 дней. Оно началось 24 апреля, а предельных значений расходы воды достигли к 5 мая, составив около 26 тыс. м³/с в течение 5 дней. Длительность «рыбной полки» составила 13 дней с расходами от 14 до 16 тыс. м³/с. В целом за второй квартал 2014 г. в Волгоградское водохранилище было сброшено всего 84 км³ воды вместо запланированных 106 км³ (таблица 1) [11].

Половодье 2015 г. ознаменовалось самым низким уровнем затопляемости территорий Волго-Ахтубинской поймы не только за последние десятилетия, но и за всю историю наблюдений на Нижней Волге. «Сельскохозяйственная полка» была на уровне 16 тыс. м³/с, и продлилась 6 дней. Весь период половодья составил 39 дней. Синоптики аргументируют данное обстоятельство чрезмерно солнечным мартом: недостаточное количество осадков привело к тому, что в период половодья нижеволжские и камские водохранилища не имели возможности естественного наполнения. Положительным является тот факт, что в конце мая – начале июня количество выпавших осадков значительно возросло, способствуя тем самым дополнительным пускам воды (от 5 до 6 тыс. м³/с) через водосливную плотину сверх меженного уровня. Несмотря на этот факт, половодье 2015 г. стало одним из самых маловодных и коротких по временному отрезку (таблица 1) [11].

Самый продолжительный пик весеннего половодья за последние годы был отмечен в 2016 г. – 25 дней. Исходная дата начала сбросов пришлась на 22 апреля, и в общей сложности половодье продлилось 50 дней. По расходам воды данный год был не самым высоким и удерживался на отметке в 27 тыс. м³/с (таблица 1) [11].

Весеннее половодье 2017 года началось 28 апреля и продолжалось по 2 июня, пропуск воды в это время осуществлялся через турбины Волжской ГЭС и водосливную плотину, т.е. холостыми сбросами. Максимальных расходов воды достигли к 8 мая и до 16 мая удерживали на уровне 25 тыс. м³/с. При этом приток в Волгоградское водохранилище в данный период в среднем составил 22...23 тыс. м³/с, т. е. ниже расходов (рисунок 3, таблица 1). В соответствии с указаниями Федерального агентства водных ресурсов 30 мая 2017 г. Волжская гидроэлектростанция завершила свою работу

в режиме «рыбохозяйственной полки» специализированного весеннего попуска. В течение 10 дней гидроэнергетики поддерживали объемы сброса воды в диапазоне от 13 до 19 тыс. м³/с (таблица 1) [3, 4].



Рисунок 3 – Приток и расход воды в Волгоградское водохранилище, весна 2017 г. [3, 4]

Половодье 2018 г. продолжалось 46 дней (с 18 апреля по 2 июня). Максимальные расходы воды в данном году были установлены с 22 апреля по 6 мая на отметке 25...28 тыс. м³/с. Таким образом, длительность «сельскохозяйственной полки» составила 15 дней. Затем сбросы через гидроузел понизились и вышли на уровень «рыбохозяйственной полки» с расходами воды в 13...19 тыс. м³/с. Она длилась с 10 мая по 3 июня (рисунок 4, таблица 1) [11]. Данный год не отличился от предыдущих лет ни общей продолжительностью половодья, ни длительностью «сельскохозяйственной или рыбохозяйственной полки», оставаясь одним из немногих в череде усредненных показателей по сбросам и срокам.

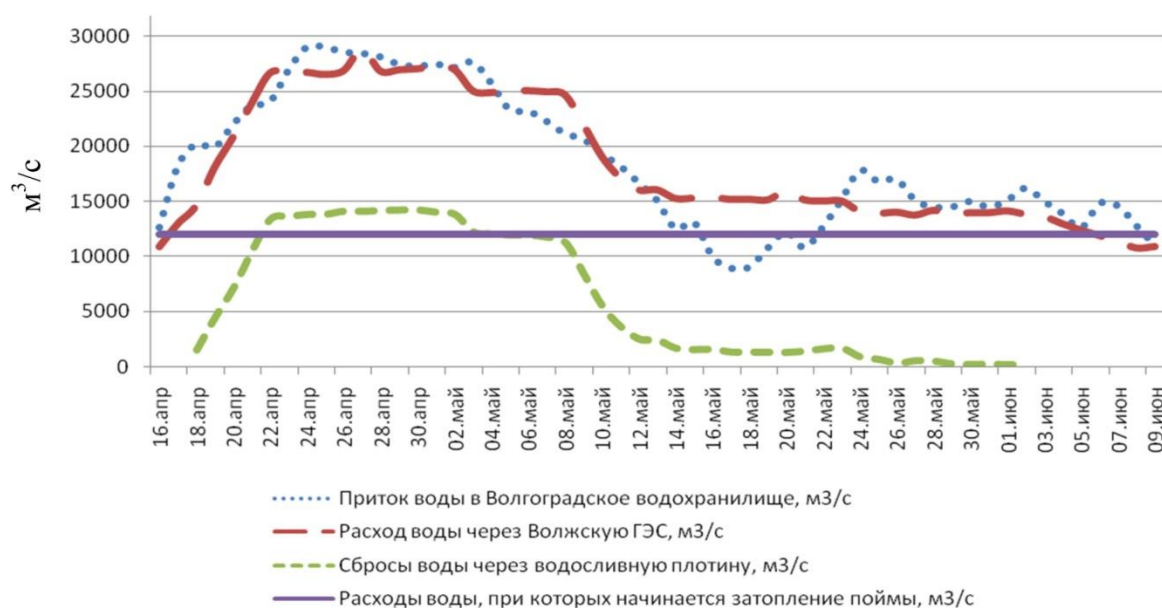


Рисунок 4 – Приток и расход воды через Волжский гидроузел, весна 2018 г. [11]

Таблица 1 – Основные показатели весенних половодий 2013...2018 гг.

Год	Период прохождения половодий, дата	Максимальные расходы воды, м ³ /с	Период максимальных расходов воды, дата	Количество дней всего периода половодья	Период максим. расходов воды, дни
2013	15.04 - 21.06	26000	24.04 - 05.05	68	12
2014	24.04 - 02.06	26000	05.05 - 09.05	39	5
2015	24.04 - 03.06	16000	09.05 - 14.05	38	6
2016	22.04 - 10.06	27000	22.04 - 16.05	50	25
2017	28.04 - 02.06	25000	08.05 - 16.05	36	9
2018	18.04 - 02.06	27000	11.04 - 02.06	46	15

Расходы воды в зимний период 2015...2018 гг. не ознаменовались повышенным зимним попуском (рисунок 5). За данный отрезок времени сбросы превысили нормы в среднем на 40 %. Так, например, зимой 2015...2016 гг. расходы в среднем составили более 6,5 тыс. м³/с, 2016...2017 гг. – 6 тыс. м³/с, 2017...2018 гг. – 8,2 тыс. м³/с. При этом весенние расходы держались на прежних отметках в 27 тыс. м³/с.

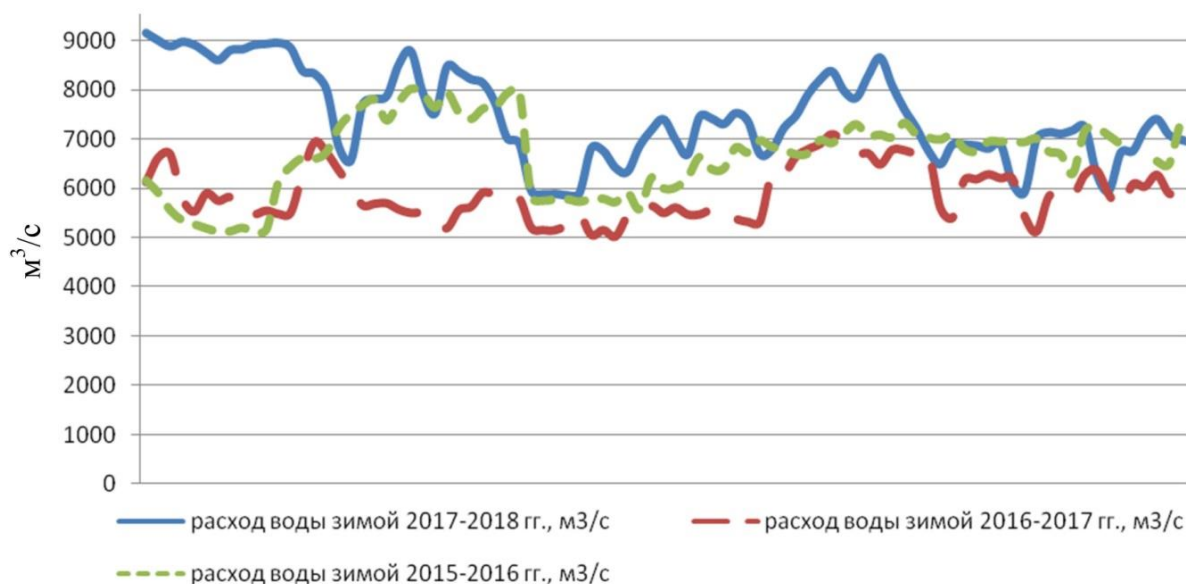


Рисунок 5 – Расходы воды в зимний период 2015...2018 гг.

Заключение. На протяжении последних десятилетий гидрологический режим в низовьях Волги деформировался из года в год, что повлекло за собой нарушение промывного режима водоемов, расположенных в границах Волго-Ахтубинской поймы, и привело к резкому понижению их способности к самоочищению, накоплению пойменного наилка, необходимых органических и неорганических соединений в почвах. Стоит отметить, что неспособность ериков и озер самостоятельно очиститься в весенний период времени приводит к накоплению вредных веществ, поступающих от промышленных, жилищно-коммунальных служб, сельского хозяйства и т.д. [9, 10].

На сегодняшний день для сохранения экологического благополучия поверхностных водоемов на территории природного парка «Волго-Ахтубинская пойма» необходимо существующий режим сбросов воды через Волжский гидроузел максимально приблизить к былым естественным условиям, т.е. к среднесезонным расходам сбросов воды до строительства каскада Волжских ГЭС. Также необходимо

обеспечить планомерное выполнение расчистки водоемов поймы, что приведет к улучшению их пропускной способности. Целесообразно принять меры и по снижению уровня антропогенного и хозяйственно-бытового воздействия:

- нельзя допускать слив неочищенных фекальных и хозяйственных стоков в поверхностные водоемы с территорий, расположенных рядом с поверхностными водоемами;

- необходимо акцентировать внимание на обустройство мест массового купания граждан;

- необходимо координировать забор воды для полива дачных сообществ, чтобы не снижать допустимый уровень воды в поверхностных водоемах на территории Волго-Ахтубинского парка.

Библиографический список

1. Брылев, В. А. Происхождение, состояние природных комплексов и геоэкологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы [Текст]/ В.А. Брылев, А.Ю. Овчарова // Стрежень: научный ежегодник / под ред. М. М. Загоруйко. – Волгоград, 2010. – Вып. 8. – С. 93-101.

2. Бухарицин, П.И. Оценка состояния и формирования гидрологического режима низовьев реки Волги в интересах народного хозяйства [Текст]/ П. И. Бухарицин // Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления: материалы II межрегиональной научно-практической конференции. 25–27 октября 2012 г. / ГАОУ АО ВПО «АИСИ». – Астрахань, 2012. – С. 82-88.

3. Бухарицин, П.И. Анализ весеннего половодья и летнего паводка в 2017 году на Нижней Волге [Текст] / П. И. Бухарицин, А.Ю. Овчарова // Вестник Астраханского технического университета. – 2017. – № 2 (64). – С. 61-66.

4. Бухарицин, П.И. Волго-Ахтубинская пойма: гидрологический режим и состояние ихтиофауны [Текст] / П. И. Бухарицин, А.Ю. Овчарова // География в школе. – 2018. – №1. – С. 20-26.

5. Лобойко, В.Ф. Сохранение биоразнообразия на основных водно-болотных территориях Нижней Волги в условиях техногенной нагрузки [Текст] / В.Ф. Лобойко, П.И. Кузнецов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 3. – С. 25-40.

6. Лобойко, В. Ф. Экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы [Текст]/ В. Ф. Лобойко, Е. В. Ушакова, Т. Н. Сухова // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2015. – С. 339-341.

7. Лобойко, В. Ф. Оптимальное функционирование системы Волго-Ахтубинской поймы в условиях повышения водообеспеченности при недостаточных попусках Волжской ГЭС [Текст] / В. Ф. Лобойко, Е. В. Ушакова, Т. Н. Сухова // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 31 января-3 февраля 2017 г. / ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2017. – Т. 1. – С. 48-53.

8. Овчарова, А. Ю. Современный этап в функционировании Волжского гидроузла [Текст]/ А. Ю. Овчарова // Альманах-2015: Юбилейный /ВолГУ. – Волгоград, 2015. – С. 24-32.

9. Основные правила использования водных ресурсов Волгоградского водохранилища на р. Волге [Текст]. – М., 1983. – 36 с.

10. Шеппель, П. А. Паводок и пойма [Текст]/ П.А. Шеппель. – Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1986. – 77 с.

11. Электронный ресурс – <http://www.volges.rushydro.ru/press/news>

Reference

1. Brylev, V. A. Proisxozhdenie, sostoyanie prirodnih kompleksov i geojekologicheskie problemy Volgo-Ahtubinskoj pojmy [Tekst]/ V. A. Brylev, A. Yu. Ovcharova // Strezhen': nauchnyj ezhegodnik / pod red. M. M. Zagorul'ko. - Volgograd, 2010. - Vyp. 8. - P. 93-101.

2. Buharicin, P. I. Ocenka sostoyaniya i formirovaniya gidrologicheskogo rezhima nizov'ev reki Volgi v interesah narodnogo hozyajstv [Tekst] / P. I. Buharicin // Vodnye resursy Volgi: istoriya, nastoyascheye i budushcheye, problemy upravleniya: materialy II mezhregional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. 25-27 oktyabrya 2012 g. / GAOU AO VPO "AISF". - Astrahan', 2012. - P. 82-88.

3. Buharicin, P. I. Analiz vesennego polovod'ya i letnego pavodka v 2017 godu na Nizhnej Volge [Tekst] / P. I. Buharicin, A. Yu. Ovcharova // Vestnik Astrahanskogo tekhnicheskogo universiteta. - 2017. - № 2 (64). - P. 61-66.

4. Buharicin, P. I. Volgo-Ahtubinskaya pojma: gidrologicheskij rezhim i sostoyanie ihtiofauny [Tekst] / P. I. Buharicin, A. Yu. Ovcharova // Geografiya v shkole. - 2018. - № 1. - P. 20-26.

5. Lobjko, V. F. Sohranenie bioraznoobraziya na osnovnyh vodno-bolotnyh territoriyah Nizhnej Volgi v usloviyah tehnogennoj nagruzki [Tekst] / V. F. Lobjko, P. I. Kuznecov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2009. - № 3. - P. 25-40.

6. Lobjko, V. F. Jekologicheskie problemy Volgo-Ahtubinskoj pojmy [Tekst] / V. F. Lobjko, E. V. Ushakova, T. N. Suhova // Vzaimodejstvie nauki i obschestva: problemy i perspektivy: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd, 2015. - P. 339-341.

7. Lobjko, V. F. Optimal'noe funkcionirovanie sistemy Volgo-Ahtubinskoj pojmy v usloviyah povysheniya vodoobespechennosti pri nedostatochnyh popuskah Volzhskoj GJeS [Tekst] / V. F. Lobjko, E. V. Ushakova, T. N. Suhova // Jekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 31 yanvarya-3 fevralya 2017 g. / FGBOU VO Volgogradskij GAU. - Volgograd, 2017. - T. 1. - P. 48-53.

8. Ovcharova, A. Yu. Sovremennyy etap v funkcionirovanii Volzhskogo gidrouzla [Tekst] / A. Yu. Ovcharova // Al'manah-2015: Yubilejnyj / VolGU. - Volgograd, 2015. - P. 24-32.

9. Osnovnye pravila ispol'zovaniya vodnyh resursov Volgogradskogo vodohranilisha na r. Volge [Tekst]. - M., 1983. - 36 p.

10. Sheppel', P. A. Pavodok i pojma [Tekst] / P. A. Sheppel'. - Volgograd: Nizh.-Volzh. kn. izd-vo, 1986. - 77 p.

11. Jelektronnyj resurs - <http://www.volges.rushydro.ru/press/news>

E-mail: loboykovf@yandex.ru

УДК 631.582:631.412

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-12

**ФАКТОРЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЕМ ПОЧВЫ
В СИСТЕМЕ ОРОШАЕМЫХ СЕВООБОРОТОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ
FACTORS OF SOIL FERTILITY MANAGEMENT IN THE SYSTEM
OF IRRIGATED CROP ROTATIONS OF THE LOWER VOLGA REGION**

В.В. Мелихов, член-корреспондент РАН,

доктор сельскохозяйственных наук

А.А. Зибаров, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.П. Мелихова, кандидат сельскохозяйственных наук

Л.В. Вронская, младший научный сотрудник

V.V. Melikhov, A.A. Zibarov, N.P. Melikhova, L.V. Vronskaya

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия г. Волгоград

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture Volgograd

Полученные экспериментальные данные за первую ротацию семипольных зернокармликовых севооборотов подтвердили положительное влияние чередующихся сельскохозяйственных культур на эффективное плодородие почвы и продуктивность орошаемой севооборотной пашни; научно обоснована роль чередования культур севооборотов для реализации продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от поступления в почву органического вещества, способствующего сохранению и повышению плодородия почвы, положительному балансу гумуса; показана воз-

возможность поддержания плотности почвы как одного из важных факторов плодородия почвы путем оптимального сочетания чередующихся культур, применения научно обоснованных технологий их выращивания; установлена возможность стабилизации сельскохозяйственного производства за счет повышения эффективности использования пашни на основе подбора высокоурожайных сельскохозяйственных культур, сохранения и повышения плодородия почвы.

The experimental data obtained for the first rotation of seven-field grain feed rotations confirmed the positive effect of alternating crops on effective soil fertility and productivity of irrigated crop rotation; scientifically justified the role of alternation of crop rotation for the implementation of the productivity of agricultural crops, depending on the entry into the soil of organic matter, which contributes to the conservation and enhancement of soil fertility, the positive balance of humus; it is shown that it is possible to maintain soil density as one of the important factors of soil fertility, through the optimal combination of alternating crops, the use of scientifically based technologies for their cultivation; the possibility of stabilizing agricultural production has been established by increasing the efficiency of the use of arable land based on the selection of high-yield crops, preserving and improving soil fertility.

Ключевые слова: плодородие почвы, специализированные орошаемые севообороты, органическое вещество почвы, агрофизические свойства и структура, структура почвы.

Key words: soil fertility, specialized irrigated crop rotations, soil organic matter, agrophysical properties and structure, soil structure.

Введение. Проблема правильного использования земли, её сохранения и повышения плодородия почвы остается актуальной в условиях адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

Необходимое условие эффективного развития земледелия, в частности растениеводства, наряду с применением современных агротехнологий, целесообразного размещения сельскохозяйственных культур основывается на использовании основного свойства почвы – её плодородия. Достаточное и устойчивое производство сельскохозяйственной продукции связано с условиями сохранения и улучшения плодородия почв, эффективного использования пашни в целом и орошаемой в том числе [4, 13, 15, 16].

Большая роль в регулировании плодородия принадлежит научно обоснованному чередованию культур [1, 3, 6, 7, 12, 13, 18]. Сельскохозяйственные культуры различаются не только требованиями к почвенному плодородию, но и характером воздействия на основные свойства почвы. С урожаем сельскохозяйственных культур из почвы выносятся элементы питания, расходуются запасы органического вещества, изменяются условия водно-воздушного режима, фитосанитарное состояние и т.д. Уровень плодородия во многом определяется агрофизическими свойствами почвы, их механическими, минералогическими и химическими свойствами, потенциальным запасом элементов питания, содержанием и запасами гумуса [5, 8, 10]. Мировая практика земледелия и многолетние научные исследования убедительно показали, что плодородие почвы и продуктивность растений в значительной степени зависят от содержания в почве гумуса, т.к. в нем сосредоточены основные запасы элементов питания растений [12, 14, 16, 17, 19].

Плодородие почвы является определяющим фактором при проектировании систем земледелия и основных её составляющих: севооборотов, системы обработки почвы и удобрений [1, 6, 8, 9, 13, 15].

Материалы и методы. ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия в 2011-2017 годах в полевом стационарном опыте на тяжелосуглинистых светло-каштановых почвах с низким содержанием гумуса (до 2,5 %) и минерального азота

изучалось влияние чередования адаптированных к местным условиям сельскохозяйственных культур в системе специализированных севооборотов на плодородие почвы и продуктивность орошаемой пашни.

Схема опыта включала два семипольных зернокармликовых севооборота со следующим чередованием культур:

I - 1 – яровые зерновые на монокультуре с подсевом люцерны; 2 -3 – люцерна на зеленую массу; 4 – кукуруза на зерно; 5 – яровые зерновые (ячмень, сорго); 6 – зернобобовые (соя, нут); 7 – озимая пшеница + пожнивно викоовсяная смесь на зеленый корм.

II – 1 – злаково-бобовые смеси (вика + овес) 2 урожая; 2 – яровые зерновые (ячмень, сорго) + пожнивно вика + овес; 3 – кукуруза на силос; 4 – зернобобовые (соя, нут); 5 – яровые зерновые + пожнивно вика + овес; 6 – злаково-бобовые смеси на корм (кукуруза + соя, сорго + соя); 7 – зернобобовые (соя, нут).

В опыте исследовались агрофизические, химические, биологические факторы плодородия, структурное состояние пахотного слоя, состав почвенно-поглощающего комплекса, пищевой режим, определялась урожайность чередующихся культур и продуктивность севооборотной пашни.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований за первую ротацию убедительно доказано, что сохранение плодородия почвы в значительной степени связано с накоплением в ней органического вещества. Органическая часть почвы состоит из гумуса и растительных остатков, являющихся источником образования гумуса, содержание которого характеризует плодородие почвы. Источником поступления в почву органического вещества при выращивании сельскохозяйственных культур являются корневые и надземные послеуборочные остатки.

Процессы гумусообразования и его минерализация дифференцируются в зависимости от состава культур и их чередования (таблица 1).

В первом севообороте с многолетними бобовыми культурами (люцерна) баланс гумуса положительный. В среднем за ротацию севооборота образовалось гумуса на 400 кг больше, чем его минерализовалось. Наибольшее количество гумуса образуется в почве после уборки трёхлетней люцерны (187...214 кг/га), минимальное – после уборки сои (58 кг/га).

Во втором севообороте баланс гумуса отрицательный (-70 кг/га) вследствие недостаточного поступления в почву пожнивно-корневой массы. Увеличению в почве свежего органического вещества может способствовать запахивание соломы зерновых культур, зеленой массы промежуточных культур.

Величина урожая и его качество во многом зависят от наличия в почве доступных элементов минерального питания. Поэтому изучение динамики питательных веществ и их баланса под культурами севооборотов играет важную роль для прогнозирования продуктивности выращиваемых культур и плодородия почвы в целом.

По нашим данным, состав культур и их чередование оказывали положительное влияние на поступление в почву с удобрениями, свежим органическим веществом и другими источниками на баланс доступных элементов питания. В среднем баланс азота (NO_3 , NH_4), фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в обоих севооборотах был положительным: +141,2 и +111,5 кг/га – общего азота; +35,3 и 3,8 кг/га – фосфора и +26,8 и 88,5 кг/га - калия.

Значимыми факторами плодородия почвы являются агрофизические свойства пахотного слоя, которые в современном земледелии рассматриваются как своеобразный регулятор почвенного плодородия. К основным агрофизическим свойствам почвы относятся плотность сложения (объемная масса) и плотность твердой фазы почвы (удельная масса). Контроль динамики агрофизических свойств важен с позиции создания оптимальных условий роста растений, получения планируемой продуктивности сельскохозяйственных растений и сохранения плодородия почвы.

Таблица 1 – Баланс органического вещества под культурами севооборотов в слое 0,5 м, т/га

№ севооборота	Чередование культур	Год исследований	Запас гумуса	Масса пожнивно-корневых остатков	Минерализовалось гумуса	Образовалось гумуса	Баланс гумуса
1	Люцерна под покровом овса	2011	111,0	7,5	1,11	1,5	+0,39
	Люцерна 2 г.ж.	2012	113,2	9,33	1,13	1,87	+0,74
	Люцерна 3 г.ж.	2013	125,14	10,7	1,25	2,14	+0,89
	Кукуруза на зерно	2014	127,74	10,5	1,27	2,1	+0,83
	Ячмень + пожнивно вика+овес	2015	128,5	6,45	1,28	1,29	+0,01
	Соя	2016	122,0	8,77	1,22	1,76	+0,54
	Озимая пшен. + пожнивно вика + овес	2017	116,2	2,9	1,16	0,58	-0,58
В среднем по севообороту		2011-2017	120,54	8,02	1,20	1,60	+0,40
2	Вика – овсяная смесь (2 урж.)	2011	125,87	6,17	1,25	1,23	-0,02
	Ячмень + пожнивно вика + овес	2012	129,3	6,8	1,29	1,36	+0,07
	Кукуруза на силос	2013	127,4	10,7	1,27	2,14	+0,87
	Соя	2014	126,7	3,4	1,27	0,68	-0,59
	Ячмень + пожнивно вика + овес	2015	120,3	6,3	1,20	1,26	+0,06
	Смесь кукуруза + соя на корм + поукосно вика + овес	2016	121,0	10,35	1,21	2,07	+0,86
	Соя	2017	119,9	2,1	1,20	0,42	-0,76
В среднем по севообороту		2011-2017	124,35	6,54	1,24	1,31	-0,07

Таблица 2 – Основные физические свойства почвы в зависимости от чередования культур в севооборотах, среднее за 2011-2017 гг.

№ севооборота	Период наблюдений	Слой почвы, м	Объемная масса почвы, т/м³		Удельная масса, т/м³		Общая порозность, %	
			весна	осень	весна	осень	весна	осень
1	2011	0,0-0,25	1,29	1,30	2,47	2,55	47,8	49,1
		0,25-0,50	1,39	1,37	2,60	2,65	46,5	48,3
	2017	0,0-0,25	1,19	1,27	2,47	2,55	51,8	50,2
		0,25-0,50	1,33	1,36	2,60	2,65	51,2	48,7
В среднем по севообороту		0,0-0,25	1,24	1,28	2,47	2,55	49,8	49,6
		0,25-0,50	1,36	1,36	2,60	2,65	48,8	48,5
	2011	0,0-0,25	1,41	1,39	2,48	2,51	43,1	44,6
		0,25-0,50	1,40	1,37	2,65	2,66	47,2	48,5
2	2017	0,0-0,25	1,25	1,28	2,48	2,51	49,6	49,0
		0,25-0,50	1,34	1,35	2,65	2,66	49,4	49,3
	В среднем по севообороту	0,0-0,25	1,33	1,34	2,48	2,51	46,4	46,8
		0,25-0,50	1,37	1,36	2,65	2,66	48,3	48,9

В соответствии с классификацией Н.А. Качинского [10], пашня считается уплотнённой, если объемная масса почвы превышает $1,2 \text{ м}^3/\text{т}$.

Полученные данные свидетельствуют о повышенной плотности почвы под изучаемыми культурами севооборотов, что может в некоторой степени тормозить развитие растений и формирование продуктивности сельскохозяйственных культур (таблица 2).

Однако правильный подбор, соотношение и чередование культур в севообороте играют существенную роль в поддержании оптимальной плотности сложения почвы. По результатам исследований, показатели объемной массы дифференцируются в зависимости от сроков определения и чередования культур. В первом севообороте, где в чередование культур включались многолетние бобовые травы (люцерна), средние показатели плотности сложения во все сроки определения в пахотном слое ниже, чем во втором севообороте с однолетними злаково-бобовыми смесями ($1,24\text{--}1,28 \text{ м}^3/\text{т}$ против $1,34\text{--}1,35 \text{ м}^3/\text{т}$). В подпахотном слое в обоих севооборотах объемная масса возрастает до $1,36\text{--}1,37 \text{ м}^3/\text{га}$ во все сроки определения.

Плотность твердой фазы почвы соответствовала зональным показателям в зависимости от чередующихся культур и сроков определения. Порозность почвы, определяющая впитывающую способность почвы, имела невысокие значения и не зависела от чередования культур и сроков определения.

В.В. Докучаев [5] важную роль в плодородии почвы отводил структуре почвы и зависимости от неё других свойств. Продуктивность сельскохозяйственных культур во многом зависит от наличия водопрочных и ветроустойчивых агрегатов от 0,25 до 10 мм, способствующих поддержанию оптимального водного, воздушного, пищевого режимов почвы.

По полученным экспериментальным данным, чередующиеся в севооборотах культуры в большинстве случаев оказывают положительное влияние на формирование структуры почвы. Наиболее существенное влияние оказывают многолетние травы. Количество водопрочных агрегатов к концу второго года жизни увеличивалось на 13,65 %, третьего года – на 14,65 %, в посевах однолетних злаково-бобовых смесей только на 9,8 %, а в посевах зерновых культур – лишь на 5,6...7,2 %.

В целом в первом севообороте к концу ротации количество водопрочных агрегатов в пахотном слое увеличивалось на 10,3 %, в подпахотном – на 6,4 %; во втором севообороте – на 7,6 и 5,4 % соответственно. Одновременно увеличивалось количество ветроустойчивых агрегатов: в первом севообороте в пахотном слое на 6,02 %, в подпахотном – на 5,3 %, во втором севообороте – на 3,8% и 4,3 %.

Совокупное влияние изучаемых факторов на элементы плодородия почвы проявляется в уровне урожайности культур севооборотов (таблица 3).

Полученные данные свидетельствуют о возможности получения зеленой массы люцерны в пределах 48,3...60,3 т/га, кукурузы на силос в чистом и смешанных посевах – 44,1...48,9 т/га, в промежуточных посевах – 14,7...25,3 т/га. Из зерновых культур высокую урожайность формировали озимая пшеница – 6,25 т/га, кукуруза – 6,3 т/га, более низкую – ячмень – 2,34...2,92 т/га и соя – 2,2...2,8 т/га.

Более качественные корма и высокий выход с гектара севооборотной площади протеина отмечались на первом севообороте – 1,12 т, против 0,79 т на втором.

Структура севооборота и состав чередующихся культур оказывали влияние на продуктивность севооборотной пашни. Показатели продуктивности характеризуют эффективность агротехнологий и степень реализации культивируемыми растениями эффективного плодородия почвы. По нашим данным, продуктивность первого севооборота, насыщенного многолетними бобовыми травами, составляла 10,53 т к.ед, выход переваримого протеина – 1,12 т/га.

Таблица 3 – Урожайность культур, продуктивность севооборотов, т/га, 2011-2017 гг.

№ сево-оборота	Чередование культур	Год исследования	Урожайность	Содержание		
				к.ед.	п.пр.	п.пр. в к.ед
1	Люцерна под покровом овса	2011	48,3	10,14	1,53	150,5
	Люцерна 2 г.ж.	2012	60,3	12,66	1,9	150,1
	Люцерна 3 г.ж.	2013	52,2	10,96	1,65	150,5
	Кукуруза на зерно	2014	6,3	11,97	0,68	56,8
	Ячмень+пожнивн. вика+овес	2015	2,92 14,7	5,55 3,09	0,28 0,43	50,4 139,2
	Соя	2016	2,2	4,42	0,35	79,2
	Озимая пшен. + пожнив вика + овес	2017	6,25 14,7	11,87 3,09	0,60 0,43	50,5 139,2
В среднем по севообороту				10,53	1,12	106,3
2	Вика – овсяная смесь (2 урож.)	2011	27,4 21,2	5,21 4,45	0,80 0,30	153,6 67,4
	Ячмень + пожнивн. вика + овес	2012	2,34 25,3	4,45 5,31	0,22 0,35	49,4 65,9
	Кукуруза на силос	2013	44,1	6,62	0,93	140,5
	Соя	2014	2,8	5,6	0,45	80,3
	Ячмень + пожнивн. вика + овес	2015	2,72 15,0	5,17 3,15	0,26 0,21	50,3 66,7
	Смесь кукуруза + соя на корм + поукосно вика + овес	2016	48,9 15,8	7,34 3,32	1,44 0,22	196,2 66,3
	Соя	2017	2,21	4,42	0,35	79,2
В среднем по севообороту				7,86	0,79	100,5

Высокую продуктивность обеспечивали люцерна 10,14-12,66 т к.ед., кукуруза на зерно – 11,97 т к.ед., озимая пшеница – 11,87 т к.ед. Продуктивность второго севооборота, в чередование культур которого включались однолетние злаково-бобовые смеси, снижалась в сравнении с первым на 2,67 т к.ед., выход переваримого протеина – на 0,33 т/га.

Заключение. Таким образом, исследованиями установлена возможность стабилизации сельскохозяйственного производства за счет повышения эффективности использования пашни на основе подбора высокоурожайных сельскохозяйственных культур в специализированных севооборотах, сохранения и повышения плодородия почвы. Проблема сохранения и повышения плодородия почвы во многом зависит от содержания в почве органических веществ, восполняемого путем поступления пожнивно-корневой массы, органических удобрений, заправки в почву сидератов. Сочетание основных факторов плодородия с применяемыми агротехнологиями обеспечивает получение планируемых уровней урожайности и продуктивности севооборотной пашни.

Библиографический список

1. Беленков, А.И. Полевые севообороты, основная обработка почвы и приемы регулирования плодородия почв в черноземно-степной, сухо-степной и полупустынной зонах Нижнего Поволжья [Текст] / А.И. Беленков, А.Н. Сухов, К.А. Имангалиев. – Волгоград, 2007. – 268 с.
2. Биологизация земледелия в Нечерноземной зоне [Текст] / М.Н. Новиков, В.М. Тужилин, О.А. Самохин и др. – Владимир: ВНИПТИОУ, 2004. – 260 с.
3. Гаврилов, А.М. Научные основы сохранения и воспроизводства плодородия почв в агроландшафтах Нижнего Поволжья [Текст] / А.М. Гаврилов. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1997. – 238 с.
4. Гудкова, З.П. Роль севооборотов в повышении продуктивности поливного гектара [Текст] / З.П. Гудкова, Н.П. Мелихова, В.И. Кутовой // Эффективность использования орошаемых земель: сб. трудов / ВНИИОЗ. – Волгоград, 1985. – С. 24-32.
5. Докучаев, В.В. Избранные сочинения: в 3 томах [Текст] / В.В. Докучаев. – М.: ОГИЗ – Сельхозиз, 1948-1949.

6. Дудкин, В.М. Севообороты в современном земледелии России. [Текст] / В.М. Дудкин. – Курск: КГСХА, 1997. – 155 с.
7. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства [Текст] / А.А. Жученко. – Пушино. 1994. – 147 с.
8. Иванов, А.Л. Основные направления развития агроландшафтного земледелия [Текст] / А.Л. Иванов, А.В. Захаренко // Севооборот в современном земледелии / МСХА. – М., 2004. – С. 20-24.
9. Казаков, Г.И. Севообороты в Среднем Поволжье [Текст] / Г.И. Казаков, Р.В. Авраменко. – Самара, 2008. – 136 с.
10. Качинский, М.А. Физика почв [Текст] / М.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1970. – Ч. 2. – 360 с.
11. Кирюшин, В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия [Текст] / В.И. Кирюшин. – Пушино, 1993. – 64 с.
12. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах [Текст] / В.И. Кирюшин, Н.Ф. Ганжара, И.С. Кауричев и др. – М.: Изд. МСХА, 1993. – 96 с.
13. Кружилин, И.П. Сочетание орошения дождеванием с агромелиоративными приемами обеспечивает сохранение и повышение плодородия почвы [Текст] / И.П. Кружилин, Н.В. Кузнецова, О.В. Козинская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – №57-1. – С. 84-89.
14. Лошаков, В.Г. Севооборот и плодородие почвы [Текст] / В.Г. Лошаков. – М.: Изд. ВНИИА, 2012. – 512 с.
15. Лыкова, М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья [Текст] / М. Лыкова, А.И. Еськов, М.Н. Новиков. – М.: РАСХН, 2004. – 730 с.
16. Мамин, В.Ф. Экологически обоснованные севообороты – гарантия высокой эффективности орошаемой пашни и сохранения плодородия почвы [Текст] / В.Ф. Мамин, Н.П. Мелихова // Вестник АПК Волгоградской области. – 2003. – №6 (226). – С. 24.
17. Мелихов, В.В. Проблемы повышения продуктивности орошаемых земель Юга России [Текст] / В.В. Мелихов // Эффективность оросительных мелиораций на Юге России. – Волгоград, 2004. – С. 13-17.
18. Сычев, В.Г. Результаты мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах географической сети [Текст] / В.Г. Сычев, М.В. Беличенко, В.А. Романенков // Плодородие. – 2017. – №6. – С. 2-5.
19. Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России [Текст] / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. – №1 (94). – С. 1-4.

Reference

1. Belenkov, A. I. Polevye sevooboroty, osnovnaya obrabotka pochvy i priemy regulirovaniya plodorodiya pochv v chernozemno-stepnoj, suho-stepnoj i polupustynnoj zonah Nizhnego Povolzh'ya [Текст] / A. I. Belenkov, A. N. Suhov, K. A. Imangaliev. - Volgograd, 2007. - 268 p.
2. Biologizaciya zemledeliya v Nечernozemnoj zone [Текст] / M. N. Novikov, V. M. Tuzhilin, O. A. Samohin i dr. - Vladimir: VNIPTIOU, 2004. - 260 p.
3. Gavrilov, A. M. Nauchnye osnovy sohraneniya i vosproizvodstva plodorodiya pochv v agrolandshaftah Nizhnego Povolzh'ya [Текст] / A. M. Gavrilov. - Volgograd: Nizhne-Volzhskoe kn. izd-vo, 1997. - 238 p.
4. Gudkova, Z. P. Rol' sevooborotov v povyshenii produktivnosti polivnogo hektara [Текст] / Z. P. Gudkova, N. P. Melihova, V. I. Kutovoj // Jeффекtivnost' ispol'zovaniya oroshaemyh zemel': sb. trudov / VNIIOZ. - Volgograd, 1985. -P. 24-32.
5. Dokuchaev, V. V. Izbrannye sochineniya: v 3 tomah [Текст] / V. V. Dokuchaev. - М.: OGIZ - Sel'hoziz, 1948-1949.
6. Dudkin, V. M. Sevooboroty v sovremennom zemledelii Rossii. [Текст] / V. M. Dudkin. - Kursk: KGSXA, 1997. - 155 p.
7. Zhuchenko, A. A. Strategiya adaptivnoj intensivifikacii sel'skogo hozyajstva [Текст] / A. A. Zhuchenko. - Puschino. 1994. - 147 p.
8. Ivanov, A.L. Osnovnye napravleniya razvitiya agrolandshaftnogo zemledeliya [Текст] / A.L. Ivanov, A.V. Zaharenko // Sevooborot v sovremennom zemledelii / MSXA. - М., 2004. - P. 20-24.

9. Kazakov, G. I. Sevooboroty v Srednem Povolzh'e [Tekst] / G. I. Kazakov, R. V. Avramenko. - Samara, 2008. - 136 p.
10. Kachinskij, M. A. Fizika pochv [Tekst] / M. A. Kachinskij. - M.: Vysshaya shkola, 1970. - Ch. 2. - 360 p.
11. Kiryushin, V. I. Konceptiya adaptivno-landshaftnogo zemledeliya [Tekst] / V. I. Kiryushin. - Puschino, 1993. - 64 p.
12. Konceptiya optimizacii rezhima organicheskogo veshchestva pochv v agrolandshaftah [Tekst] / V. I. Kiryushin, N. F. Ganzhara, I. S. Kaurichev i dr. - M.: Izd. MSXA, 1993. - 96 p.
13. Kruzhilin, I.P. Sochetanie orosheniya dozhddevaniem s agromeliorativnymi priemami obespechivaet sohranenie i povyshenie plodorodiya pochvy [Tekst] / I.P. Kruzhilin, N.V. Kuznecova, O.V. Kozinskaya // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2015. - №57-1. - P. 84-89.
14. Loshakov, V. G. Sevooborot i plodorodie pochvy [Tekst] / V. G. Loshakov. - M.: Izd. VNIIA, 2012. - 512 p.
15. Lykova, M. Organicheskoe veshchestvo pahotnyh pochv Nechernozem'ya [Tekst] / M. Lykova, A. I. Es'kov, M. N. Novikov. - M.: RASXN, 2004. - 730 p.
16. Mamin, V. F. Jekologicheski obosnovannye sevooboroty - garantiya vysokoj jeffektivnosti oroshaemoj pashni i sohraneniya plodorodiya pochvy [Tekst] / V. F. Mamin, N. P. Melihova // Vestnik APK Volgogradskoj oblasti. - 2003. - №6 (226). - P. 24.
17. Melihov, V. V. Problemy povysheniya produktivnosti oroshaemyh zemel' Yuga Rossii [Tekst] / V. V. Melihov // Jeffektivnost' orositel'nyh melioracij na Yuge Rossii. - Volgograd, 2004. - P. 13-17.
18. Sychev, V. G. Rezul'taty monitoringa urozhajnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur, produktivnosti sevooborotov i izmeneniya svojstv pochv v dlitel'nyh opytah geograficheskoy seti [Tekst] / V. G. Sychev, M. V. Belichenko, V. A. Romanenkov // Plodorodie. - 2017. - №6. - P. 2-5.
19. Sychev, V. G. O balanse pitatel'nyh veshchestv v zemledelii Rossii [Tekst] / V. G. Sychev, S. A. Shafran // Plodorodie. - 2017. - №1 (94). - P. 1-4.

E-mail: vniiioz@yandex.ru

УДК 631.526.325:632.3:631.67 (470.56)

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-13

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ К ПАТОГЕНАМ В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

SUSTAINABILITY OF HYBRIDS OF POTATO TO PATHOGENS IN IRRIGATED CONDITIONS IN THE STEPPE ZONE OF ORENBURG URALS

А.А. Мушинский¹, доктор сельскохозяйственных наук

Е.В. Аминова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Т.Т. Дергилева², старший научный сотрудник

A. A. Mushinskiy¹, E. V. Aminova¹, T. T. Dergileva²

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

²ФГБНУ «Южно-Уральский научно-исследовательский институт садоводства и картофелеводства», г. Челябинск

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

²South-Ural Research Institute of Horticulture and Potato-Growing Russia, Chelyabinsk

В статье представлены результаты исследований устойчивости гибридов картофеля к различным патогенам и вирусам в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья. Эксперимент проводили в 2012...2015 гг. на орошаемом участке ООО «Агрофирма Краснохолмская» Илекского района. Цель исследований заключалась в оценке устойчивости гибридов к наиболее вредоносным патогенам. На сегодняшний день особое внимание специа-

листов по защите растений привлекает вредоносность различных патогенов на картофеле во многих странах. Потери в разные годы находятся в очень широких пределах – от нескольких процентов до полной гибели товарного урожая в зависимости от степени и характера зараженного материала. Установлено, что гибриды 10.76.8 и 05.16.25 не имели поражения вирусами (PVM, PVS, PVX и PVY). По результатам исследований выявлено, что у образца 10.02.19 отсутствовало поражение растений и клубней картофеля такими патогенами, как *Erwinia carotovora atroseptica*, *Clavibacter michiganensis sepedonicus*, *Dickeya pectobacterium atrosepticum*, *Phytophthora infestans*, *Streptomyces scabies*. На протяжении 4-х лет исследований гибриды 10.76.8 и 05.16.25 не имели поражения растений и клубней картофеля вышеперечисленными патогенами. Таким образом, в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья изучена устойчивость гибридного материала к комплексу основных патогенов и выделены образцы 10.76.8 и 05.16.25 с групповой устойчивостью к болезням.

The article presents the results of studies of potato hybrids to various pathogens and viruses in irrigated conditions of the Orenburg Urals steppe zone. The experiment was carried out in 2012...2015 on the irrigated area of LLC «Agrofirma-Krasnokholmskaya» of Ilek district. The aim of the study was to assess the resistance of hybrids to the most harmful pathogens. Today, plant protection specialists are particularly interested in the harmfulness of various pathogens on potatoes in many countries. Losses in different years are within a very wide range—from a few percent to the total loss of commercial crops, depending on the degree and nature of the infected material. It is established that the hybrids 10.76.8 and 05.16.25 didn't defeat the viruses (PVM, PVS, PVX and PVY). According to the results of the studies, the sample of 10.02.19 was free of damage to plants and potato tubers by such pathogens as: *Erwinia carotovora atroseptica*, *Erwinia carotovora atroseptica*, *Clavibacter michiganensis sepedonicus*, *Dickeya pectobacterium atrosepticum*, *Phytophthora infestans*, *Streptomyces scabies*. Over 4 years of research hybrids 10.76.8 and 05.16.25 had no infection of plants and tubers of the above listed pathogens. Thus, in the irrigated conditions of the steppe zone of the Orenburg Urals, a hybrid material to the complex of main pathogens was studied and samples 10.76.8 and 05.16.25 with group resistance to diseases were isolated.

Ключевые слова: патогены, картофель, гибриды картофеля, болезни картофеля.

Key words: pathogen, potato, potato hybrids, potato diseases.

**Статья подготовлена в рамках плана выполнения
фундаментальных научных исследований по программе РАН № 0761-2018-0024**

Введение. Растущие требования к вновь создаваемым сортам картофеля, прежде всего к их устойчивости к распространенным и адаптирующимся популяциям болезней, а также способности противостоять действию абиотических и биотических стрессоров, способствуют постоянному расширению сортимента картофеля [7].

На Южном Урале преобладают сорта зарубежной селекции, недостаточно приспособленные к местным условиям.

Картофель относится к ряду культур, которые поражаются различными вирусными, грибными и бактериальными заболеваниями. На данный момент известно около 400 фитопатогенных вирусов [4], из которых 52 поражают картофель, из них только 16 встречаются на территории Южной Америки [10], а остальные 36 наблюдаются в других странах мира. В прошлом столетии количество известных вирусов картофеля ограничивалось 25 возбудителями заболеваний [8], на настоящее время уже известно 37 вирусов [9]. В Российской Федерации наиболее опасными вирусами считаются X вирус картофеля (PVX); S вирус картофеля (PVS); M вирус картофеля (PVM), а наиболее часто встречаемым и вредоносным считается Y вирус картофеля (PVY) [5].

На сегодняшний день в мире создан огромный сортимент картофеля, среди которых есть устойчивые к возбудителям инфекционных заболеваний сорта. Так, например, мировая коллекция картофеля ВИР в 2007 году насчитывала 9000 образцов, из них 3000 – диких видов, 3500 – культурных видов, 2100 селекционных сортов, 400 – дигаметоидов и межвидовых гибридов [3].

Материалы и методы. Исследования проводили в 2012...2015 гг. на орошаемом участке ООО «Агрофирма Краснохолмская» Илекского района. Опыт закладывался по однофакторной схеме в 3-х кратной повторности. Ширина междурядий 0,75 м², общая площадь 3600 м². Почва экспериментального участка – чернозем южный остаточнолуговатый слабогумусированный среднесуглинистый с содержанием гумуса в пахотном слое 3,2 %, характеризуется низкой обеспеченностью подвижными формами азота – 6,35 мг/100 г почвы и фосфора – 8,63...9,96 мг/100 г почвы и средней – подвижным калием – 22 мг/100 г почвы.

Объектами исследований послужили селекционные гибриды картофеля, полученные в лаборатории селекции картофеля ФГБНУ «Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства»: 10.76.8 (Крепыш х BoraValley); 10.76.1 (Крепыш х Bora Valley); 99.21.5-1 (Прилукский х Кондор); 99.5.2.-5 (Чернский х Гранола); 02.33.8 (Ван Гог х Фреско); 05.16.25 (Джаерла х 95.4.244); 05.57.32 (Спиридон х Шурминский); 10.02.19 (Лазарь х Конкорд). В качестве контроля был взят районированный сорт картофеля Невский. Эти гибриды (1 поколение) получены в результате скрещивания полиплоидных форм различных диких видов (*S. andigenum*, *S. stoloniferum*, *S. vernei*, *S. Chacoense*) с тщательно подобранными в соответствии с целями селекции сортами картофеля.

Предшественник – коострец безостый. Под зяблевую вспашку вносили калийные удобрения, весной – аммофос и аммиачную селитру, общая норма – N₇₅P₁₂₀K₁₁₂.

Закладки полевых опытов в исследуемые годы проводили с 12 по 16 мая. Посадку картофеля проводили в полугребни картофелесажалкой GRIMME с одновременным протравливанием клубней. Нарезку гребней осуществляли гребнеобразователем GRIMME. Гибриды выращивали в относительно чистых фитосанитарных условиях, где предусматривался комплекс обязательных агроприемов. За время вегетации посеы 3 раза обрабатывали гербицидами и 2 раза фунгицидами. Поливы проводили дождевальнoй машиной ДМ-100 «Фрегат» от 6 до 9 раз в зависимости от погодных условий с оросительной нормой 2750...3350 м³/га, поливная норма изменялась от 250 до 450 м³/га.

Содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия определяли по ГОСТ 26205-84 (метод Мачигина). Пораженность вирусными и грибными болезнями по методике «Международный классификатор СЭВ» [1]. Апробацию посадок гибридного материала проводили методом проб, т.е. по диагонали поля в количестве 20 растений.

Учеты болезней и вирусов (Y, X, M, S) осуществляли визуальным осмотром каждого растения в пробе по ГОСТ 29267-91, ГОСТ Р 55329-2012 и диагностированием ИФА-тестом. Степень поражения фитофторозом, кольцевой гнилью, паршой обыкновенной, черной ножкой и вирусами определяли по 9-балльной шкале по методике ВИР «Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля» [2].

Результаты и обсуждение. Пораженность растений и клубней картофеля во многом зависела от погодных условий в период исследования. Наиболее благоприятные метеорологические условия сложились в 2013 и 2015 гг., вегетационные периоды характеризовались достаточным количеством осадков и тепла (соответственно 192 и 143 мм, при сумме эффективных температур 2220 и 2260 °C). За время вегетации в эти годы отмечено 19 и 34 дня с минимальной относительной влажностью воздуха 30 % и

менее при ГТК 0,64 и 0,57 соответственно. Вегетационные периоды 2012 и 2014 гг. оказались жаркими и сухими, сумма осадков составил 86 и 72 мм при сумме эффективных температур 2560 и 2310 °С соответственно.

Такие погодные условия дали нам возможность определить степень пораженности гибридов картофеля наиболее опасными формами патогенов.

Все исследуемые гибриды картофеля, а также контрольный вариант (сорт Невский) за годы наблюдения не поражались патогенами - *Erwinia carotovora atroseptica*, *Clavibacter michiganensis sepedonicus*, *Dickeya pectosabae* (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка пораженности гибридов картофеля патогенами
(в среднем за 2012...2015 гг.)

№	Сорт, номер	<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Streptomyces scabies</i>	<i>Clavibacter michiganensis sepedonicus</i>	<i>Erwinia carotovora atroseptica</i> / <i>Dickeya pectosabae</i>
1	Невский	3	5	9	9
2	10.76.8	7	9	9	9
3	10.76.1	7	7	9	9
4	99.21.5-1	9	7	9	9
5	99.5.2.-5	5	7	9	9
6	02.33.8	7	7	9	9
7	05.16.25	7	7	9	9
8	05.57.32	7	5	9	9
9	10.02.19	9	9	9	9

По сведениям ученых [6], фитофтороз остается одной из самых серьезных агрономических и экономических проблем в картофелеводстве. В степной зоне Южного Урала в полевых условиях заражение растений картофеля этим патогеном происходило вследствие воздействия разных факторов, особенно он быстро распространялся в дождливые годы (в 2013 и 2015 гг.), а также при резкой смене дневных и ночных температур в августе. Поэтому поиски и создание исходного материала с устойчивостью к фитофторозу всегда остаются весьма актуальными. На протяжении 4-х лет наблюдений отсутствовало поражение растений и клубней *Phytophthora infestans* у гибридов 99.21.5-1, 10.02.19.

Первичные симптомы фитофтороза наблюдались на листьях в начале третьей декады июля. Средняя степень поражения растений фитофторозом (5 баллов) отмечалась у образца 99.5.2-5, а на контрольном сорте Невский поражение растений в первых числах августа наблюдалось до 45 % (3 балла). На остальных гибридах степень пораженности растений отмечалась до 10 % (7 балла). Поражение клубней фитофторозом отмечалось на гибридах: 99.5.2.-5 (12,6 %), 02.33.8 (8,2 %), 05.16.25 (6,4 %), 05.57.32, 10.76.8 и 10.76.1 (5,9 %).

За годы проведения исследований *Streptomyces scabies* интенсивно проявлялся в 2015 году. Наиболее уязвимыми в исследуемые годы к парше обыкновенной оказался контрольный сорт Невский (поражённость клубней от 12,8 % до 13,6 %), а также гибрид - 05.57.32 (от 11,2 % до 14,5%), что составляло 5 баллов. Следует отметить, что гибриды 10.76.1, 99.21.5-1, 99.5.2.-5, 02.33.8, 05.16.25 имели степень поражения *Streptomyces scabies* в 7 баллов.

В результате проведенных исследований в 8 изученных гибридах не был отмечен патоген PVX и PVY, в то же время патоген PVM был обнаружен в исследуемых образцах 05.57.32, 02.33.8, 99.21.5-1, 99.5.2.-5, 10.02.19; а патоген PVS – у гибрида 10.76.1 (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка пораженности гибридов картофеля вирусами
(в среднем за 2012....2015 гг.)

№	Сорт, номер	Вирусы			
		PVX	PVS	PVM	PVY
1	Невский	1	1	1	1
2	10.76.8	9	9	9	9
3	10.76.1	9	1	9	9
4	99.21.5-1	9	1	1	9
5	99.5.2.-5	9	9	1	9
6	02.33.8	9	9	1	9
7	05.16.25	9	9	9	9
8	05.57.32	9	9	1	9
9	10.02.19	9	1	1	9

Установлено, что гибриды 10.76.8 и 05.16.25 не имели поражения растений и клубней картофеля вышеперечисленными патогенами на протяжении 4-х лет исследования.

Заключение. Таким образом, для дальнейшей селекционной работы в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья представляют особый интерес следующие выделившиеся селекционные гибриды картофеля: 10.76.8 и 05.16.25, обладающие устойчивостью к следующим патогенам: *Erwinia carotovora atroseptica*, *Clavibacter michiganensis sepeidonicus*, *Dickeya pectoscedentis atrosepticum*, *Phytophthora infestans*, *Streptomyces scabies*, PVM, PVS, PVX и PVY.

Библиографический список

1. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции Tuberarium (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. [Текст]. – Л.: ВИР, 1984. – 41с.
2. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля [Текст]. – Санкт-Петербург: ГНУ ГНЦ РФ ВИР, 2010. – 27 с.
3. Сохранение, изучение и использование в селекции генетического разнообразия картофеля во ВНИИР им. Н.И. Вавилова (ВИР) [Текст]/ С.Д. Киру, Т.А. Гавриленко, Л.И. Костина и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 7. – С. 2-6.
4. Adams M.J. DPV web: a comprehensive database of plant and fungal virus genes and genomes / M.J. Adams, J.F. Antoniw // Nucleic Acids Research. – 2006. – V.34. – P.382–385.
5. Calvez R., H. Mendoza, Fernandez-Northcote E. Herencia de la inmunidad al virus Y de la papa (PVY) en *Solanum tuberosum* susp. andigena. // Fitopatologia. – 1990. - V. 25 (1).
6. Fry W.E. *Phytophthora infestans*: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management. Annu. Rev. Phytopathol. - 2016. 54: 529-547 (doi: 10.1146/annurevphyto-080615-095951).
7. Haverkort J., Boris V. Anisimov. Potato production and innovation technologies. Edited by Anton J. Haverkort, Boris V. Anisimov. – The Netherlands, 2007. – 424 p.
8. Hooker W.J. Virus diseases of potato // Technical information Bulletin 19 International Potato Center. Lima. Peru. – 1982. – 20 p.
9. Jeffries C.J. Potato. In: FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm. – 1998. – N 19. – P. 178.
10. Jones R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue. In: The Potato, botany, production and uses. Ed. Navarre R. and Pavec M. – Washington State University, 2014. – P. 202–225.

Reference

1. Mezhdunarodnyj klassifikator SJeV vidov kartofelya sekcii Tuberarium (Dun.) Buk. roda *Solanum* L. [Текст]. -L.: VIR, 1984. - 41s.
2. Metodicheskie ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoj kollekcii kartofelya [Текст]. - Sankt-Peterburg: GNU GNC RF VIR, 2010. - 27 s.

3. Sohranenie, izuchenie i ispol'zovanie v selekcii geneticheskogo raznoobraziya kartofelya vo VNIIR im. N. I. Vavilova (VIR) [Tekst]/ S. D. Kiru, T. A. Gavrilenko, L. I. Kostina i dr. // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2007. - № 7. - S. 2-6.
4. Adams M.J. DPV web: a comprehensive database of plant and fungal virus genes and genomes / M.J. Adams, J.F. Antoniw // Nucleic Acids Research. – 2006. – V.34. – P. 382–385.
5. Calvez R., H. Mendoza, Fernandez-Northcote E. Herencia de la inmunidad al virus Y de la papa (PVY) en Solanum tuberosum susp. andigena. //Fitopatologia. – 1990. - V. 25 (1).
6. Fry W.E. Phytophthora infestans: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management. Annu. Rev. Phytopathol. - 2016. 54: 529-547 (doi: 10.1146/annurevphyto-080615-095951).
7. Haverkort J., Boris V. Anisimov. Potato production and innovation technologies. Edited by Anton /J. Haverkort, Boris V. Anisimov. –The Netherlands, 2007. – 424 p.
8. Hooker W.J. Virus diseases of potato // Technical information Bulletin 19 International Potato Center. Lima. Peru. – 1982. – 20 p.
9. Jeffries C.J. Potato. In: FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm. – 1998. – № 19. – P. 178.
10. Jones R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue. In: The Potato, botany, production and uses. Ed. Navarre R. and Pavec M. – Washington State University, 2014. – P. 202–225.

E-mail: san2127@yandex.ru

УДК 539.3

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-14

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ IMPROVED METHOD OF CALCULATION OF ELEMENTS OF ENGINEERING-RECLAMATION SYSTEMS

А.С. Овчинников, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А.П. Киселёв, кандидат технических наук, доцент
Р.З. Киселёва, кандидат технических наук, доцент
A.S. Ovchinnikov, A.P. Kiselev, R.S. Kiseleva

*Волгоградский государственный аграрный университет
Volgograd State Agrarian University*

Для расчета прочности гидротехнических сооружений и определения напряжений в конструктивных элементах трубопроводного оборудования предлагается кольцевой конечный элемент, основанный на аппроксимации искомых величин в векторной формулировке, при осесимметричном нагружении. За узловые искомые величины четырехузловой сечения принимались перемещения и их производные. Приведенный пример расчета показывает корректность разработанного алгоритма получения матрицы жесткости элемента, основанного на разработанных аппроксимирующих функциях. Значения нормальных перемещений и напряжений, полученные в результате расчета, совпадают с результатами аналитического решения. С использованием разработанных аппроксимирующих функций наблюдается быстрая сходимость вычислительного процесса к точному решению.

To calculate the strength of hydraulic structures and determine the stresses in the structural elements of pipeline equipment, an annular finite element is proposed, based on approximation of the desired quantities in a vector formulation, under axisymmetric loading. The displacements and their derivatives were taken as the key sought-for quantities of the four-node section. The given example of calculation

shows the correctness of the developed algorithm for obtaining the stiffness matrix of an element based on the designed approximating functions. The values of normal displacements and stresses obtained as a result of the calculation coincide with the results of the analytical solution. With the use of the developed approximating functions, fast convergence of the computational process to the exact solution is observed.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, напряженно-деформированное состояние, метод конечных элементов, осесимметричное нагружение, оболочка, кольцевой конечный элемент.

Key words: hydraulic structures, stress-strain state, finite element method, axisymmetric loading, shell, ring finite element.

Введение. Вследствие агрессивного воздействия окружающей среды происходят постепенные изменения физико-механических свойств материалов существующих инженерных объектов (грунтовые и железобетонные плотины, подпорные стены, подземные части зданий и сооружений и др.), приводящие к изменению напряжений и деформаций (смещения конструкций, образование трещин), что может оказаться недопустимым по условиям эксплуатации. Актуальной становится задача по инженерному обследованию, выполнению прочностных расчетов с целью принятия решений о сроках дальнейшей эксплуатации существующих сооружений водохозяйственного назначения и обоснованию экономической целесообразности строительства новых сооружений, поэтому для надежной эксплуатации сооружения необходим уточнённый расчет на прочность и устойчивость.

Целью научного исследования является корректное определение напряженно-деформированного состояния (НДС) трубопровода. Широко распространенные расчеты прочности тонкостенных элементов инженерных сооружений основаны на использовании гипотез о деформировании волокон, нормальных к срединной поверхности этих элементов, что приводит к пренебрежению деформациями сдвига. Возможные неточности в расчетах могут привести к некорректному определению НДС и, как следствие, разрушению конструкции и сокращению сроков эксплуатации. В представленной работе при определении напряженно-деформированного состояния в тонкостенных элементах используются соотношения теории упругости без ограничительных гипотез.

В расчётах прочности строительных конструкций часто используется метод конечных элементов (МКЭ) [7, 2, 3, 10, 5, 8], который считается для определения параметров прочности сложных конструкций одним из широко распространённых численных методов.

МКЭ включает в себя автоматизацию трудоёмких операций, составление и решение систем алгебраических уравнений с удобным способом предоставления исходной информации и получения результатов.

Материалы и методы. Для прочностных расчетов берегоукрепительных конструкций, а также для определения напряжений в конструктивных элементах трубопроводного оборудования предлагается кольцевой конечный элемент на основе разработанной аппроксимации искомых величин в векторной постановке.

Произвольная точка M отчетного меридиана имеет положение в системе координат xOz , и определяемое выражением

$$\vec{R} = x\vec{i} + r(x)\vec{k}, \quad (1)$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ являются ортами координатной системы; r является радиусом вращения произвольной точки.

Базисные векторы точки M определяются по формулам:

$$\vec{a}_1 = \vec{R}_{,s} = x_{,s} \vec{i} + r_{,s} \vec{k}; \quad \vec{a} = \vec{a}_1 \times \vec{j} = (x_{,s} \vec{i} + r_{,s} \vec{k}) \times \vec{j} = -r_{,s} \vec{i} + x_{,s} \vec{k}, \quad (2)$$

где s является координатой дуги отсчётного меридиана; $r_{,s} = r_{,x} x_{,s}$ является производной по дуге s .

Точки M^ζ располагаются на расстоянии ζ от отчетного меридиана и определяются радиус-вектором:

$$\vec{R}^\zeta = \vec{R} + \zeta \vec{a} \quad (3)$$

Базисные векторы точки M^ζ , которые определяются дифференцированием (3) по координатам s и ζ , имеют вид:

$$\vec{g}_1 = \vec{R}_{,s}^\zeta = \vec{a}_{1,s} + \zeta a_{,s}; \quad \vec{g}_3 = \vec{R}_{,\zeta}^\zeta = \vec{a}. \quad (4)$$

Используя выражение (2), можно составить матричные зависимости:

$$\begin{Bmatrix} \vec{g} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \vec{i} \end{Bmatrix}, \quad \begin{Bmatrix} \vec{i} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} s \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} \vec{g} \end{Bmatrix}, \quad (5)$$

где $\begin{Bmatrix} \vec{g} \end{Bmatrix}^T = \{\vec{g}_1 \ \vec{g}_3\}$, $\begin{Bmatrix} \vec{i} \end{Bmatrix}^T = \{\vec{i} \ \vec{k}\}$

Дифференцированием соотношения (5) можно записать матричные выражения:

$$\{g_{,s}\} = [s_{,s}] \begin{Bmatrix} \vec{i} \end{Bmatrix} = [s_{,s}] [s]^{-1} \{\vec{g}\} = [\gamma] \{\vec{g}\}; \quad \{g_{,\zeta}\} = [s_{,\zeta}] \begin{Bmatrix} \vec{i} \end{Bmatrix} = [s_{,\zeta}] [s]^{-1} \{\vec{g}\} = [\omega] \{\vec{g}\}. \quad (6)$$

Действие на произвольную точку M^ζ оболочки заданной нагрузки повлечет перемещение $\vec{v}$ в базисе соответствующей точки отчетного меридиана:

$$\vec{v} = v^1 \vec{g}_1 + v \vec{g}_3. \quad (7)$$

Соотношение (7) после дифференцирования с учетом (6) имеет вид:

$$\begin{aligned} v_{,s} &= (v^1 \vec{g}_1 + v \vec{g}_3)_{,s} = v_{,s}^1 \vec{g}_1 + v^1 \vec{g}_{1,s} + v_{,s} \vec{g}_3 + v \vec{g}_{3,s} = \\ &= v_{,s}^1 \vec{g}_1 + v^1 (\gamma_{11} \vec{g}_1 + \gamma_{12} \vec{g}_3) + v_{,s} \vec{g}_3 + v (\gamma_{21} \vec{g}_1 + \gamma_{22} \vec{g}_3) = \\ &= \vec{g}_1 (v_{,s}^1 + v^1 \gamma_{11} + v \gamma_{21}) + \vec{g}_3 (v^1 \gamma_{12} + v_{,s} + v \gamma_{22}) = f_1^1 \vec{g}_1 + f_1^3 \vec{g}_3; \\ \vec{v}_{,\zeta} &= (v^1 \vec{g}_1 + v \vec{g}_3)_{,\zeta} = v_{,\zeta}^1 \vec{g}_1 + v^1 \vec{g}_{1,\zeta} + v_{,\zeta} \vec{g}_3 + v \vec{g}_{3,\zeta} = f_{,3}^1 \vec{g}_1 + v_{,\zeta} \vec{g}_3. \end{aligned} \quad (8)$$

Деформированное состояние точки M^ζ в $M^{\zeta*}$ определяется векторами локальных базисов соотношениями:

$$\vec{g}_1^* = \vec{R}_{,s}^{\zeta*} = \vec{R}_{,s}^\zeta + \vec{v}_{,s} = \vec{g}_1 + \vec{v}_{,s}; \quad \vec{g}_3^* = \vec{R}_{,\zeta}^{\zeta*} = \vec{R}_{,\zeta}^\zeta + \vec{v}_{,\zeta} = \vec{g}_3 + \vec{v}_{,\zeta}. \quad (9)$$

Деформации в точке $M^{\zeta*}$ находятся по формулам [10] и имеют вид:

$$\varepsilon_{\alpha\beta} = (g_{\alpha\beta}^* - g_{\alpha\beta})/2. \quad (10)$$

Имея в виду выражения (8), (5) и (6), деформации можно представить через функции вектора перемещения:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= [\vec{g}_1(1 + \zeta \gamma_{21}) + \vec{g}_3 \zeta \gamma_{22}] \cdot [\vec{g}_1 d^1 + d \vec{g}_3] = d^1(1 + \zeta \gamma_{21}) + d \zeta \gamma_{22} = v_{,s}^1(1 + \zeta \gamma_{21}) + \\ &+ v^1[\gamma_{11}(1 + \zeta \gamma_{21}) + \gamma_{22} \zeta \gamma_{21}] + v[\gamma_{21}(1 + \zeta \gamma_{21}) + \gamma_{22} \zeta \gamma_{22}] + v_{,s} \zeta \gamma_{22}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{33} &= \bar{g}_3 \cdot \bar{v}_{,\zeta} = \bar{g}_3 \cdot (v_{,\zeta}^1 \bar{g}_1 + v_{,\zeta} \bar{g}_3) = v_{,\zeta}; \\ 2\varepsilon_{13} &= [\bar{g}_1(1 + \zeta \gamma_{21}) + \bar{g}_3 \zeta \gamma_{22}] \cdot (v_{,\zeta}^1 \bar{g}_1 + v_{,\zeta} \bar{g}_3) + \bar{g}_3(d^1 \bar{g}_1 + d \bar{g}_3) = \\ &= v_{,\zeta}^1(1 + \zeta \gamma_{21}) + \zeta \gamma_{22} v_{,\zeta} + v^1 \gamma_{12} + v_{,s} + v \gamma_{22},\end{aligned}\quad (11)$$

или в виде:

$$\{\varepsilon\} = [L] \{v\}, \quad (12)$$

$4 \times 1 \quad 4 \times 2 \quad 2 \times 1$

где $\{\varepsilon\}^T = \{\varepsilon_{11} \varepsilon_{22} \varepsilon_{33} 2\varepsilon_{13}\}$ – строка деформаций в произвольной точке оболочки; $\{v\}^T = \{v^1 v\}$ – строка перемещений произвольной точки оболочки.

Отношения, связывающие напряжения и деформации, определяются по формулам [9] и имеют вид:

$$\sigma^{\alpha\beta} = \lambda I_1(\varepsilon) g^{\alpha\beta} + 2\mu g^{\alpha\gamma} g^{\beta\rho} \varepsilon_{\gamma\rho}, \quad (13)$$

где λ, μ являются коэффициентами Ламе; $I_1(\varepsilon) = \varepsilon_{11} g^{11} + g^{22} \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33} g^{33} + 2\varepsilon_{12} g^{13}$; g^{ab} , g_{ab} – компоненты метрического тензора.

Зависимости (13) представляются в матричном виде:

$$\{\sigma\} = [C] \{\varepsilon\}. \quad (14)$$

$4 \times 1 \quad 4 \times 4 \quad 4 \times 1$

Кольцевой объёмный дискретный элемент имеет четырёхугольное поперечное сечение [6]. Для удобства решения используется локальная система координат ξ, η , которая изменяется в пределах $-1 \leq \xi, \eta \leq 1$. Глобальные координаты внутренней точки s и ζ элемента дискретизации с помощью билинейных функций локальных координат ξ, η могут быть выражены через узловые значения s и ζ :

$$s = \{f(\xi, \eta)\}^T \{s_y\}, \quad \zeta = \{f(\xi, \eta)\}^T \{\zeta_y\}, \quad (15)$$

где $\{s_y\}^T = \{s^i s^j s^k s^l\}$, $\{\zeta_y\}^T = \{\zeta^i \zeta^j \zeta^k \zeta^l\}$ – узловые координаты элемента; i, j, k, l – узлы четырёхугольника.

Дифференцирование соотношений (15) позволяет получить прямые и обратные производные координат локальной и глобальной систем $\xi_{,s}, \eta_{,\zeta}, \xi_{,\zeta}, \eta_{,s}$.

В качестве узловых неизвестных принимаются векторы перемещений и их первые производные в локальной и в глобальной системах координат записываются выражениями:

$$\left\{ \bar{v}_y^{\Gamma} \right\}_{1 \times 2}^T = \left\{ \bar{v}^i, \bar{v}^j, \bar{v}^k, \bar{v}^l, \bar{v}_{,\xi}^i, \bar{v}_{,\xi}^j, \bar{v}_{,\xi}^k, \bar{v}_{,\xi}^l, \bar{v}_{,\eta}^i, \bar{v}_{,\eta}^j, \bar{v}_{,\eta}^k, \bar{v}_{,\eta}^l \right\} \quad (16)$$

$$\left\{ \bar{v}_y^{\Gamma} \right\}_{1 \times 2}^T = \left\{ \bar{v}^i, \bar{v}^j, \bar{v}^k, \bar{v}^l, \bar{v}_{,s}^i, \bar{v}_{,s}^j, \bar{v}_{,s}^k, \bar{v}_{,s}^l, \bar{v}_{,\zeta}^i, \bar{v}_{,\zeta}^j, \bar{v}_{,\zeta}^k, \bar{v}_{,\zeta}^l \right\}. \quad (17)$$

Имеет место дифференцирование зависимости:

$$\bar{v}_{,\xi} = \bar{v}_{,s} s_{,\xi} + \bar{v}_{,\zeta} \zeta_{,\xi}; \quad \bar{v}_{,\eta} = \bar{v}_{,s} s_{,\eta} + \bar{v}_{,\zeta} \zeta_{,\eta}. \quad (18)$$

И на основании (18) формируется матричное выражение между векторами (16) и (17):

$$\left\{ \vec{V}_{,y} \right\}_{12 \times 1} = [R]_{12 \times 12} \left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}_{12 \times 1}. \quad (19)$$

Вектор перемещения произвольной точки дискретного элемента имеет вид:

$$\vec{V} = \{\psi\}_{1 \times 12}^T \left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}_{12 \times 1} = \{\psi\}_{1 \times 12}^T [R]_{12 \times 12} \left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}_{12 \times 1} = \{\varphi\}_{1 \times 12}^T \left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}_{12 \times 1}, \quad (20)$$

где $\{\psi\}^T$ – строка аппроксимирующих функций, элементами которой являются полиномы Эрмита третьей степени:

$$\varphi_1 = \psi_1; \varphi_2 = \psi_2; \varphi_3 = \psi_3; \varphi_4 = \psi_4; \varphi_5 = \psi_5 s_{,\xi}^i + \psi_9 s_{,\eta}^i; \varphi_6 = \psi_6 s_{,\xi}^j + \psi_{10} s_{,\eta}^j;$$

$$\varphi_7 = \psi_7 s_{,\xi}^k + \psi_{11} s_{,\eta}^k; \varphi_8 = \psi_8 s_{,\xi}^l + \psi_{12} s_{,\eta}^l; \varphi_9 = \psi_5 \zeta_{,\xi}^i + \psi_9 \zeta_{,\eta}^i;$$

$$\varphi_{10} = \psi_6 \zeta_{,\xi}^j + \psi_{10} \zeta_{,\eta}^j; \varphi_{11} = \psi_7 \zeta_{,\xi}^k + \psi_{11} \zeta_{,\eta}^k; \varphi_{12} = \psi_8 \zeta_{,\xi}^l + \psi_{12} \zeta_{,\eta}^l.$$

Дифференцированием (20) получаем:

$$\left\{ \vec{V}_{,s} \right\} = \{\varphi_{,s}\}_{1 \times 12}^T \left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}, \quad \left\{ \vec{V}_{,\zeta} \right\} = \{\varphi_{,\zeta}\}_{1 \times 12}^T \left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}$$

Матричное произведение столбцов узловых векторов перемещения (17) имеет вид:

$$\left\{ \vec{V}_{,y}^{\Gamma} \right\}_{12 \times 1} = [\vec{A}]_{12 \times 24} \left\{ f_{,y}^{\Gamma} \right\}_{24 \times 1}. \quad (21)$$

Элементы матрицы $[\vec{A}]$ включают базисные векторы узловых точек конечного элемента:

$$\left\{ f_{,y}^{\Gamma} \right\}_{1 \times 24}^T = \left\{ v^{1i} v^{1j} v^{1l} v^{1l} f_1^{li} f_1^{3i} f_1^{1j} f_1^{3j} \dots v_{,\zeta}^l \right\}. \quad (22)$$

Базисные векторы узловых точек конечного элемента и базисные векторы его внутренней точки имеют матричную связь:

$$\left[\vec{g}^m \right]_{2 \times 1} = [S^m]_{2 \times 2} [S]_{2 \times 2}^{-1} \left\{ \vec{g} \right\}_{9 \times 1} = [Z^m]_{2 \times 2} \left\{ \vec{g} \right\}_{2 \times 1}, \quad (m = i, j, k, l). \quad (23)$$

Соотношение (20) при использовании (21) и (23) запишется в вид

$$\vec{V} = \left\{ \vec{g} \right\}_{2 \times 24}^T [h]_{24 \times 1} \left\{ f_{,y}^{\Gamma} \right\}, \quad (24)$$

$$\text{где } [h]_{2 \times 24} = [\varphi_1 [Z^i]^T \dots \varphi_4 [Z^l]^T : \varphi_5 [Z^i]^T \dots \varphi_8 [Z^l]^T \dots \varphi_9 [Z^i]^T \dots \varphi_{12} [Z^l]^T].$$

Дифференцируя (24), получаем выражения:

$$\vec{V}_{,s} = \left\{ \vec{g} \right\}_{1 \times 2}^T [h_{,s}]_{2 \times 24} \left\{ f_{,y}^{\Gamma} \right\}_{24 \times 1}, \quad (25)$$

$$\vec{V}_{,\zeta} = \left\{ \vec{g} \right\}_{1 \times 2}^T [h_{,\zeta}]_{2 \times 24} \left\{ f_{,y}^{\Gamma} \right\}_{24 \times 1}, \quad (26)$$

$$\text{где } [h_{,s}] = [\varphi_{1,s} [Z^i]^T \dots \varphi_{7,s} [Z^l]^T \dots \varphi_{12,s} [Z^l]^T]; \quad [h_{,\zeta}] = [\varphi_{1,\zeta} [Z^i]^T \dots \varphi_{7,\zeta} [Z^l]^T \dots \varphi_{12,\zeta} [Z^l]^T].$$

Если приравнять правые части (7) и (24), то можно получить аппроксимирующие выражения для компонент вектора перемещения:

$$v^1 = \{l_1\}^T \{f_y^r\}, \quad v = \{l_2\}^T \{f_y^r\}, \quad (27)$$

где строки $\{l_1\}^T$ и $\{l_2\}^T$ являются первой и второй строками матрицы $[h]$.

Сравнивая правые части (25), (26) и (8), получим соотношения для производных координатных составляющих вектора перемещения внутренней точки конечного элемента:

$$v_{,s}^1 = \{l_3\}^T \{f_y^r\}, \quad v_{,s} = \{l_4\}^T \{f_y^r\}, \quad v_{,\zeta}^1 = \{l_5\}^T \{f_y^r\}, \quad v_{,\zeta} = \{l_6\}^T \{f_y^r\} \quad (28)$$

Столбец неизвестных $\{f_y^r\}$ представляется выражением

$$\{f_y^r\} = [N] \{u_y^r\}, \quad (29)$$

где $\{u_y^r\}^T = \{v^{1i}, v^{1j}, v^{1k}, v^{1l}, v_{,s}^{1i}, \dots, v_{,\zeta}^{1i}, \dots, v^i, v^j, v^k, v^l, v_{,s}^i, \dots, v_{,\zeta}^i\}$ – вектор-строка компонент вектора узловых перемещений; $[N]$ является матрицей перехода.

Перемещения и их производные для внутренней точки дискретного элемента традиционной аппроксимации представлены соотношениями:

$$v^1 = \{\psi\}^T \{v_y^1\}, \quad v = \{\psi\}^T \{v_y\}, \quad v_{,s}^1 = \{\psi_{,s}\}^T \{v_y^1\}, \quad v_{,s} = \{\psi_{,s}\}^T \{v_y\}, \quad (30)$$

$$v_{,\zeta}^1 = \{\psi_{,\zeta}\}^T \{v_y^1\}, \quad v_{,\zeta} = \{\psi_{,\zeta}\}^T \{v_y\}.$$

Использование соотношений (27), (28) и (29) приведет к формированию матрицы жесткости кольцевого объемного конечного элемента [4, 11]:

$$[K] \{u_y^r\} = \{F\}, \quad (31)$$

где $[K]$ – является матрицей жесткости элемента в глобальной системе координат; $\{F\}$ – является вектором узловых нагрузок элемента в глобальной системе координат.

Результаты и обсуждение. Пример расчета. Рассчитывалась цилиндрическая оболочка (элемент трубопровода).

Таблица – Результаты расчета, полученные с различным числом конечных элементов

№ п.п.	Густота сетки n x n	Число степеней свободы	Вариант нагрузки			
			Внутреннее давление	Линейная нагрузка		
				Величина перемещения, см	Напряжения, кПа	
			Величина перемещения, см		Внешние волокна	Внутренние волокна
1	2	3	4	5	6	7
1	1x1	16	0.4762	0.42404	-21.66	18.82
2	2x1	28	0.4762	0.42509	-19.31	19.18
3	3x1	40	0.4762	0.42510	- 19.01	19.20
4	5x1	64	0.4762	0.42510	- 19.01	19.20
5	10x1	124	0.4762	0.42510	- 19.01	19.20

Аналитическое решение [4] 0.4762 см 0.42510 см 19.08 кПа

Были приняты следующие исходные данные: $h=0,1$ см и $r=10,00$ см, $E=21000$ кН/см², $\nu=0,3$. Расчет выполнялся для двух случаев нагрузки:

- равномерное внутреннее давление интенсивностью $q = 0,1$ кН/см²;
- сжатие оболочки равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью $q=0,1$ кН/см, приложенной вдоль прямолинейной образующей.

В расчетах использовался четырехузловой конечный элемент в сечении кольца.

На основании полученных результатов расчета, которые приведены в таблице, можно сделать вывод, что численные значения перемещений и напряжений, полученные с использованием разработанной векторной аппроксимации, находятся в корректном соответствии с аналитическим решением.

Заключение. Для прочностных расчетов гидротехнических сооружений, а также для определения напряжений в конструктивных элементах трубопроводного оборудования приведены основные соотношения метода конечных элементов. Использование разработанного дискретного элемента позволяет расширить возможности исследования напряженно-деформированного состояния элементов трубопровода различного радиуса.

Библиографический список

1. Беляев, Н. М. Соппротивление материалов [Текст] / Н. М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
2. Галлагер, Р. Метод конечных элементов. Основы [Текст] / Р. Галлагер. – М.: Мир, 1984. – 428 с.
3. Голованов, А.И. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций [Текст] / А.И. Голованов, О.Н. Тюленева, А.Ф. Шигабутдинов. – М.: Физматлит, 2006. – 392 с.
4. Киселев, А. П. К расчету оболочек на основе метода конечных элементов [Текст] / А. П. Киселев, А. П. Николаев // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Инж. исследования. – 2002. – № 1. – С. 107-112.
5. Новожилов, В.В. Теория тонких оболочек [Текст] / В.В. Новожилов. – Л.: Судпромгиз, 1962. – 432 с.
6. Овчинников, А.С. Напряженно-деформированное состояние арочных бетонных плотин с использованием высокоточных конечных элементов [Текст] / А.С. Овчинников, А.П. Киселев // Материалы национальной научно-практической конференции. – Волгоград, 2017. – Т. 2. – С. 235-241.
7. Оден, Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред [Текст] / Дж. Оден. – М.: Изд-во Мир, 1976. – 464 с.
8. Рикардс, Р. Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин [Текст] / Р. Б. Рикардс. – Рига: Зинатне, 1988. – 284 с.
9. Седов, Л.И. Механика сплошной среды [Текст] Т.1. / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1976. – 536 с.
10. Скопинский, В.Н. Напряжения в пересекающихся оболочках [Текст] / В.Н. Скопинский. – М.: Физматлит, 2008. – 400 с.
11. Kiselyev, A. The finite elements of a quadrilateral shape for analysis of shells taking into consideration a displacement of a body with rigid body modes [Текст] / A. Kiselyev Yu. Klochkov, A. Nikolaev // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2011. – № 3. – С. 49-59.

Reference

1. Belyaev, N. M. Soprotivlenie materialov [Tekst] / N. M. Belyaev. - M.: Nauka, 1976. - 608 p.
2. Gallager, R. Metod konechnyh jelementov. Osnovy [Tekst] / R. Gallager. - M: Mir, 1984. - 428 p.
3. Golovanov, A. I. Metod konechnyh jelementov v statike i dinamike tonkostennyh konstrukcij [Tekst] / A. I. Golovanov, O. N. Tyuleneva, A. F. Shigabutdinov. - M.: Fizmatlit, 2006. - 392 p.
4. Kiselev, A. P. K raschetu obolochek na osnove metoda konechnyh jelementov [Tekst] / A. P. Kiselev, A. P. Nikolaev // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Ser. Inzh. issledovaniya. - 2002. - № 1. - P. 107-112.

5. Novozhilov, V. V. Teoriya tonkih obolochek [Tekst] / V. V. Novozhilov. - L.: Sudpromgiz, 1962. - 432 p.
6. Ovchinnikov, A. S. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie arochnykh betonnykh plotin s ispol'zovaniem vysokotochnykh konechnykh jelementov [Tekst] / A. S. Ovchinnikov, A. P. Kiselev // Materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd, 2017. - T. 2. - P. 235-241.
7. Oden, Dzh. Konechnye jelementy v nelinejnoj mehanike sploshnykh sred [Tekst] / Dzh. Oden. - M.: Izd-vo Mir, 1976. - 464 p.
8. Rikards, R. B. Metod konechnykh jelementov v teorii obolochek i plastin [Tekst] / R. B. Rikards. - Riga: Zinatne, 1988. - 284 p.
9. Sedov, L. I. Mehanika sploshnoj sredy [Tekst] T.1. / L. I. Sedov. - M.: Nauka, 1976. - 536 p.
10. Skopinskij, V. N. Napryazheniya v peresekayuschih obolochkah [Tekst] / V. N. Skopinskij. - M.: Fizmatlit, 2008. - 400 p.
11. Kiselyev, A. The finite elements of a quadrilateral shape for analysis of shells taking into consideration a displacement of a body with rigid body modes [Текст] / A. Kiselyev Yu. Klochkov, A. Nikolaev // Stroitel'naya mehanika inzhenernykh konstrukcij i sooruzhenij. - 2011. - № 3. - P. 49-59.

E-mail: vhs2010@yandex.ru

УДК 625.72:634.93

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-15

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

GEOINFORMATION PROVISION OF PRECISION AGRICULTURE

А.С. Рулев^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

С.С. Шинкаренко^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук

В.Н. Бодрова², Н.В. Сидорова²

A. S. Rulev^{1,2}, S. S. Shinkarenko^{1,2}, V. N. Bodrova², N. V. Sidorova²

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

² Волгоградский государственный университет

¹ Federal scientific center of agroecology, complex meliorations and agroforestry of RAS,
Volgograd

² Volgograd State University

В статье представлены возможности геоинформационного моделирования для организации системы принятия решений в рамках концепции точного земледелия. В современных условиях в ведущих агропромышленных компаниях складывается тенденция необходимости внедрения современных информационных и технологических разработок, из которых и складывается система точного земледелия. Целью исследований являлось определение роли геоинформационных технологий в подсистеме принятия решений и возможностей, которые для этого предоставляются. Для тестового полигона х. Плотников-1 разработана геоинформационная система (ГИС) структуры землепользования, содержащая данные о посевных площадях, культурах, морфометрических характеристиках и состоянии почвенного покрова. Для каждого из 96 полей тестового полигона определены преобладающие уклоны, экспозиция, смытость почв, возделываемая культура. Продукт может служить для решения информационно-справочных задач, пространственного анализа и моделирования, принятия решений, оценки эффективности агротехнологий. Данный подход может быть рекомендован для внедрения в хозяйствах различных категорий как Волгоградской области, так и за её пределами.

The article presents the possibilities of geoinformation modeling for the organization of the decision-making system within the framework of the concept of exact agriculture. In modern conditions, the leading agro-industrial companies are developing the trend of the need to introduce modern information and technology-logical developments, of which the system of exact farming is developing.

The purpose of the research was to determine the role of geoinformation technologies in the decision making subsystem and the opportunities that are provided for this. For the Plotnikov-1 test site, a geoinformation system (GIS) of the land use structure was developed, containing data on crop areas, crops, morphometric characteristics and soil cover. For each of the 96 fields of the test site, the prevailing bias, exposure, soil washout, cultivated crop were determined. The product can serve to solve information and reference tasks, spatial analysis and modeling, decision making, and evaluation of the effectiveness of agricultural technologies. This approach can be recommended for implementation in farms of various categories, both in the Volgograd Region and beyond.

Ключевые слова: агроландшафты, точное земледелие, мониторинг смывости почв, структура посевных площадей, геоинформационные системы, дистанционное зондирование.

Key words: agrolandscape, precision agriculture, soil erosion monitoring, structure of sown areas, geoinformation systems, remote sensing.

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

Введение. Современные тенденции развития сельскохозяйственного хозяйства направлены на специализацию и концентрацию аграрного производства, использование научных достижений и информационных технологий. Одно из таких направлений – система точного земледелия – основана на принятии стратегических решений на базе информационных технологий и различных источников данных (сельскохозяйственное производство, финансы и т.д.). Потенциал точного сельского хозяйства заключается в управлении производством с учетом пространственно-временной изменчивости почвенного плодородия, природно-климатических условий и состояния растительности, а также на мониторинге этих и других показателей [8, 15].

В современных условиях функционирования агробизнеса в ведущих агропромышленных компаниях складывается тенденция необходимости внедрения современных информационных и технологических разработок. Точное земледелие является интегрирующим комплексом технологий, состоящим из нескольких подсистем: принятия решений, мониторинга, агротехнических приемов, специализированной техники и т.п. [12]. Компьютерные технологии и телекоммуникации позволяют ускорить и оптимизировать производство за счет объединения техники и людей, что способствует сокращению затрат [10].

Концепция точного земледелия невозможна без использования современных достижений в сфере сбора, обработки и хранения различной, зачастую разнородной, сельскохозяйственной информации. В условиях снижения стоимости и повышения доступности и оперативности получения данных дистанционного зондирования Земли, систем мобильной навигации, навигационной информации и устройств складываются все условия для развития сельского хозяйства как отдельных регионов, так и в масштабах страны.

Данная концепция:

- 1) предусматривает создание и применение высокоточных ресурсосберегающих агротехнологий;
- 2) обеспечивает качественный и количественный скачок в развитии сельского хозяйства для достижения конкурентоспособности на мировом рынке;
- 3) базируется на новейших достижениях в области высоких технологий, прежде всего на использовании: глобальной системы позиционирования, дистанционного зондирования земли, дешифрирования тематической информации, прогнозирования на этой основе урожайности в привязке с высокой точностью к выбранной системе координат.

Прогресс агропромышленного производства невозможно представить без высокоэффективной системы точного земледелия, включающей в том числе современные технологии сбора, обработки и хранения информации. Оптимальный инструмент для этих целей – геоинформационные технологии (ГИС), являющиеся основой подсистемы поддержки принятия технологических решений в точном земледелии. ГИС вместе с высокотехнологичными системами (системы спутниковой навигации, бортовые компьютеры, роботизированные машины и агрегаты) являются технологическим ядром в области точного земледелия [3, 11]. Например, измерения влажности, температуры и агрохимических показателей почвы в сочетании с метеоданными и данными дистанционного зондирования Земли, загруженные в виде слоев ГИС, позволят проанализировать тренды и построить прогноз изменения значений этих показателей, в соответствии с которым будут приняты решения о сроках обработок, сева и т.д. [5, 13].

Геоинформационные технологии для картографирования земель сельскохозяйственного назначения на сегодняшний день широко применяются в развитых странах, где являются стратегическим направлением аграрной политики. Вопрос изучения роли ГИС-технологий как неотъемлемого элемента картографирования земель сельскохозяйственного назначения является актуальным [8, 14]. Это связано с тем, что электронные карты полей (угодий) являются основой любой информационной системы контроля производства как элементарные операционные единицы хранения информации. Многие компании агрокомплекса постоянно модернизируются, вкладывая значительные финансовые ресурсы в закупку оборудования для точного земледелия и контроля работ тяжелой техники. Однако данные технологии становятся неэффективными при отсутствии точных электронных карт полей, позволяющих заранее планировать многочисленные операции (траектории движения техники, маршруты, их протяженность и продолжительность, постанализ работ), оперативно оценивать состояние агросистем, принимать своевременные управленческие решения [2]. Также становится возможным анализ пространственных характеристик угодий – величин уклонов, экспозиции и т.п. Данные дистанционного зондирования могут также быть использованы при составлении управляющих карт для проведения операций агроцикла, в том числе и для дифференцированного внесения минеральных удобрений, химических средств защиты растений и мелиорантов [3]. Перспективно применение методов точного сельского хозяйства и для лесомелиоративного обустройства агроландшафтов [6].

В работе на примере тестового полигона х. Плотников-1 (50°17'36" с. ш. 43°57'15" в. д.) рассматривается возможность применения геоинформационных технологий для обеспечения системы точного земледелия.

Материалы и методы. Концепция точного земледелия необходима для разработки новых ресурсосберегающих технологий в растениеводстве, призванных увеличить производительность труда, повысить управляемость агропроизводства, найти выгодные в экономическом отношении культуры сорта, обеспечить рациональное использование земельных ресурсов и сократить издержки за счет оптимизации использования производственных ресурсов, например, горюче-смазочных материалов, средств защиты растений, гербицидов и ядохимикатов, семян, ресурса техники, трудовых затрат и т.п. Это невозможно без комплексного использования современных информационных технологий и глобальных систем спутниковой навигации.

Практика применения ГИС-технологий в точном земледелии позволяет классифицировать задачи, решаемые в среде ГИС, следующим образом [1]:

- информационно-справочные задачи;
- пространственный анализ;

- моделирование (интеграция ГИС и моделей для определения показателей агротехнологий на единицах управления);
- анализ и принятие решений (анализ в среде ГИС эффективности различных агротехнологий).

На основе дешифрирования спутниковых снимков высокого разрешения Sentinel-2 была составлена карта структуры землепользования тестового полигона, определены границы полей. Геоинформационная обработка осуществлялась в программе QGIS 2.14. В атрибутивную информацию картографического слоя с границами полей внесены данные о структуре посевных площадей. На основе цифровой модели местности SRTM3 в результате морфометрического анализа определены величины углов наклонов и экспозиций склонов. С помощью инструментов пространственного анализа и зональной статистики для контуров полей определены величины средних углов наклонов и преобладающей экспозиции. По методике ВНИАЛМИ [7] определены уровни деградации почв на полях. Итоговые карты представлены в системе координат WGS84, проекция UTM, зона 38N.

Результаты и обсуждение. В результате функционального анализа тестового полигона по космоснимку были выделены следующие территориальные зоны: земли лесного фонда (4280,1 га), к которым относятся искусственные насаждения (1569,1 га) и естественная растительность (2711,0 га), земли сельскохозяйственного назначения (богарные пашни – 11 587,2 га, пастбища и сенокосы – 5562,8 га), гидрографический фонд (250,6 га), земли населенных пунктов (807 га), дорожный фонд (рисунок 1).



Рисунок 1 – Функциональное зонирование исследуемой территории

Использование функционального зонирования представляется достаточно актуальным и эффективным инструментом для решения проблем формирования и использования земель различных категорий. Тематический слой с границами полей является основой для создания картографической базы данных системы земледелия изучаемой территории. Слой содержит 96 объектов площадью от 6,4 га до 463 га, каждому

присвоен уникальный идентификатор. В атрибутивную информацию внесены данные о возделываемых на полях культурах, в результате стала возможной визуализация структуры посевов (рисунок 2).

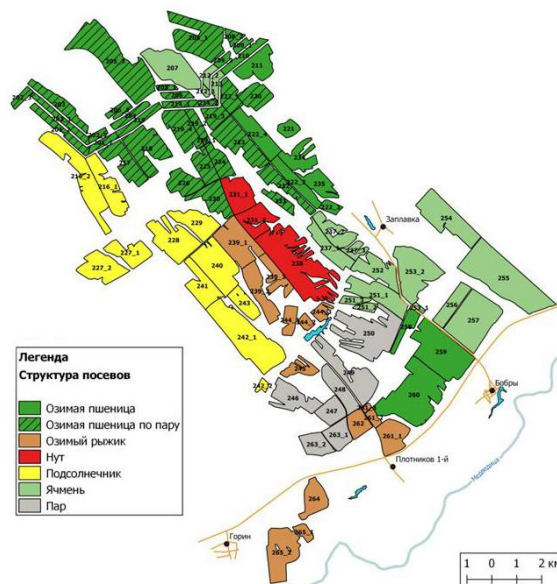


Рисунок 2 – Структура посевных площадей

Наполнение атрибутивных данных сведениями о структуре посевов, урожайности, агротехнических приемах за разные годы позволит получить базу, которая будет являться инструментом эффективного управления сельскохозяйственным производством.

Для исследования углов наклона склонов в среде ГИС построен соответствующий растровый слой, иллюстрирующий пространственное положение участков ландшафта с различными величинами углов наклона (рисунок 3а). На основе растрового слоя определены средние значения углов наклона в пределах полей (рисунок 3б).

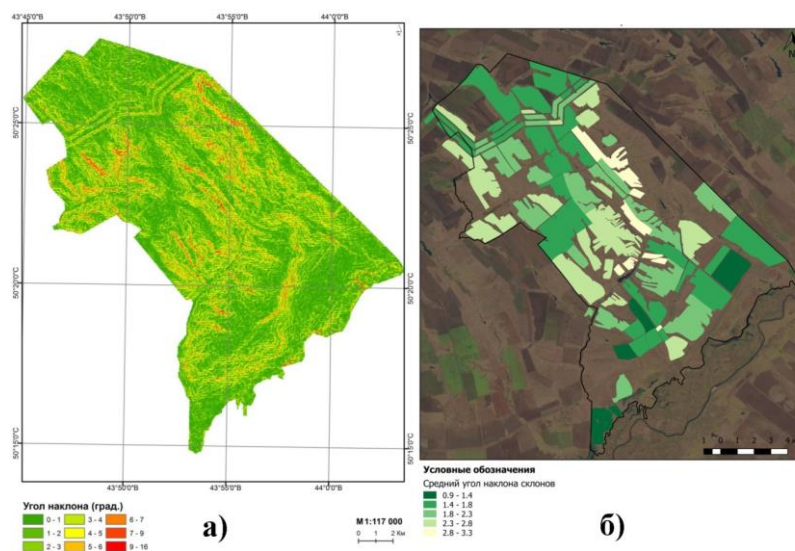


Рисунок 3 – Величины углов наклонов склонов:
а) в результате морфометрического анализа модели SRTM;
б) средние величины углов наклона на полях

Карта углов наклона склонов не только наглядно иллюстрирует результаты статистического анализа распределения углов, но и дает точную географическую привязку тех или иных склонов, что имеет большое значение при организации сельскохозяйственного производства. В результате установлено, что около 51 % площади пашни имеют углы наклона от 2° до 3°, а площадь поверхности с углами от 3° составляет всего 324,35 га (3 %). Таким образом, возможно обоснование выбора агротехнических приемов для каждого поля для снижения эрозионной опасности.

Для ведения сельскохозяйственной деятельности в агролесоландшафтах важное значение имеет экспозиция склонов. Инструментарий геоинформационных программ позволяет получать растровые модели экспозиций методами морфометрического анализа. На рисунке 4 представлен результат определения экспозиций исследуемой территории: растр разрешения исходных данных SRTM (рисунок 4а) и результат вычисления преобладающей экспозиции по границам полей (рисунок 4б). На исследуемом полигоне преобладают поля южной и восточной экспозиции.

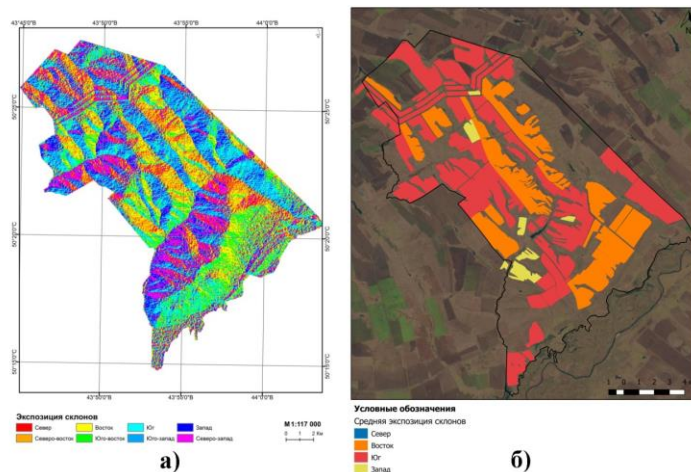


Рисунок 4 – Экспозиция склонов:

- а) в результате морфометрического анализа модели SRTM;
б) преобладающая экспозиция на полях



Рисунок 5 – Уровень смытости почвы на полях

Определение изменчивости состояния почвенного покрова и соответствующей реакции растительности является неотъемлемой частью системы точного земледелия. Измерение параметров почвы, которые влияют на рост и развитие растения, их интерпретация и принятие оптимальных управленческих решений являются одной из задач точного земледелия [3, 14].

Одним из таких показателей является деградация почвенного покрова в результате водной эрозии. На рисунке 5 приведены результаты определения уровней смывости почв на полях исследуемого тестового полигона. Очень слабый уровень деградации имеют 30 % угодий общей площадью 3273 га, слабый – 50 % (5794 га) и слабо- и среднеумеренный – 20 %.

Закключение. В работе рассмотрен опыт разработки геоинформационной системы для обеспечения функционирования системы точного земледелия на примере тестового полигона х. Плотников-1. Векторный слой с границами полей позволяет проводить операции морфометрического анализа и пространственной статистики непосредственно для каждого поля. ГИС с данными об агротехнических приемах, структуре посевов, положении в рельефе, состоянии почв и т.п. в атрибутивной информации служит основой для принятия технологических решений в аграрном производстве.

Библиографический список

1. Баденко, В.В. Особенности геоинформационного обеспечения технологий точного земледелия [Текст] / В.В. Баденко, Н.К. Латышев, С.Г. Слинчук // Геоматика. – 2009. – № 4. – С. 53-58.
2. Бодрова, В.Н. Методы дистанционного контроля сельскохозяйственных угодий [Текст] / В.Н. Бодрова // Антропогенная трансформация геопространства: история и современность: матер. IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 15-19 мая 2017 г. / отв. ред. С.Н. Канищев [и др.]; ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет». – Волгоград, 2017. – С. 149-159.
3. Личман, Г.И. Использование космического мониторинга и дистанционного зондирования в системе точного земледелия [Текст] / Г.И. Личман, Н.М. Марченко // Геоматика. – 2011. – № 4. – С. 89-93.
4. Михайленко, И. М. Управление системами точного земледелия [Текст] / И.М. Михайленко. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2005. – 234 с.
5. Михайленко, И. М. Управление сроками сева по данным дистанционного зондирования Земли [Текст] / И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. –Т. 14. – № 5. – С. 149-160.
6. Рулев, А.С. Инновационная технология лесомелиоративного обустройства деградированных ландшафтов на основе ГИС-технологий и космоснимков [Текст] / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, А.М. Пугачева // Инноватика и экспертиза. – 2017. – № 2 (20). – С. 33-45.
7. Рулев, А.С. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов [Текст] / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, М.В. Юферев. – Волгоград: ВНИИ агролесомелиорации, 2015. – 153 с.
8. Рунов, Б.А. Новейшие технологии (точное земледелие) – основа развития выгодного сельского хозяйства [Текст] / Б.А. Рунов, Н.В. Пильникова // Экономика сельского хозяйства России. – 2010. – № 2. – С. 25-34.
9. Шинкаренко, С.С. Геоинформационное обеспечение противодефляционных мероприятий в муниципальных образованиях Волгоградской области [Текст] / С.С. Шинкаренко, А.А. Пономарева // Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке: сб. науч. статей / ФГБНУ «ПНИИАЗ». – с. Соленое Займище, 2016. – С. 94-101.
10. Якушев, В.П. К проблеме агрофизических основ систем земледелия нового поколения [Текст] / В.П. Якушев // Плодородие. – 2008. – № 6. – С. 22-24.
11. Якушев, В.П. Геоинформационное обеспечение прецизионных экспериментов в земледелии [Текст] / В.П. Якушев, А.В. Конев, В.В. Якушев // Геоинформатика. – 2015. – № 3. – С. 96-101.

12. Якушев, В.П. Точное земледелие: опыт применения и потенциал развития [Текст] / В.П. Якушев, П.В. Лekomцев, А.Ф. Петрушин // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 32-38.
13. Becker F., Li Z.-L. Temperature – independent spectral indices in thermal infrared bands / Li Z.-L. Becker F. // Remote Sensing Environmental. – 1990. – Vol. 32. – №. 3. – P. 17-33.
14. A technical opportunity index adapted to zone-specific management / P. Roudier, B. Tisseyre, H. Poilve et al. // Precision Agriculture. – 2011. – Vol. 12. – P. 130-145.
15. Remote Sensing and GIS for Habitat Quality Monitoring: New Approaches and Future Research / A. Zlinszky, H. Heilmeyer, H. Balzter et al. // Remote Sensing. – 2015. – №. 7 (6). – P. 7987-7994.

Reference

1. Badenko, V. V. Osobennosti geoinformacionnogo obespecheniya tehnologij tochnogo zemledeliya [Tekst] / V. V. Badenko, N. K. Latyshev, S. G. Slinchuk // Geomatika. - 2009. - № 4. - P. 53-58.
2. Bodrova, V. N. Metody distancionnogo kontrolya sel'skohozyajstvennyh ugodij [Tekst] / V. N. Bodrova // Antropogennaya transformaciya geoprostranstva: istoriya i sovremennost': mater. IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Volgograd, 15-19 maya 2017 g. / otv. red. S. N. Kanishev [i dr.]; FGAOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj universitet». - Volgograd, 2017. - P. 149-159.
3. Lichman, G. I. Ispolzovanie kosmicheskogo monitoringa i distancionnogo zondirovaniya v sisteme tochnogo zemledeliya [Tekst] / G. I. Lichman, N. M. Marchenko // Geomatika. - 2011. - № 4. - P. 89-93.
4. Mihajlenko, I. M. Upravlenie sistemami tochnogo zemledeliya [Tekst] / I. M. Mihajlenko. - SPb.: Izd-vo S. -- Peterburgskogo un-ta, 2005. - 234 p.
5. Mihajlenko, I. M. Upravlenie srokami seva po dannym distancionnogo zondirovaniya Zemli [Tekst] / I. M. Mihajlenko, V. N. Timoshin // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. - 2017. -T. 14. - № 5. - P. 149-160.
6. Rulev, A. S. Innovacionnaya tehnologiya lesomeliorativnogo obustrojstva degradirovannyh landshaftov na osnove GIS-tehnologij i kosmosnimkov [Tekst] / A. S. Rulev, V. G. Yuferev, A. M. Pugacheva // Innovatika i jekspertiza. - 2017. - № 2 (20). - P. 33-45.
7. Rulev, A. S. Geoinformacionnoe kartografirovanie i modelirovanie jerozionnyh landshaftov [Tekst] / A. S. Rulev, V. G. Yuferev, M. V. Yuferev. - Volgograd: VNII agrolesomeliioracii, 2015. - 153 p.
8. Runov, B. A. Novejshie tehnologii (tochnoe zemledelie) - osnova razvitiya vygodnogo sel'skogo hozyajstva [Tekst] / B. A. Runov, N. V. Pil'nikova // Jekonomika sel'skogo hozyajstva Ros-sii. - 2010. - № 2. - P. 25-34.
9. Shinkarenko, S. S. Geoinformacionnoe obespechenie protivodeflyacionnyh meropriyatij v municipal'nyh obrazovaniyah Volgogradskoj oblasti [Tekst] / S. S. Shinkarenko, A. A. Ponomareva // Formirovanie i razvitie sel'skohozyajstvennoj nauki v XXI veke: sb. nauch. statej / FGBNU "PNI-IAZ". - C. Salty loan, 2016. - P. 94-101.
10. Yakushev, V. P. K probleme agrofizicheskikh osnov sistem zemledeliya novogo pokoleniya [Tekst] / V. P. Yakushev // Plodorodie. - 2008. - № 6. - P. 22-24.
11. Yakushev, V. P. Geoinformacionnoe obespechenie precizionnyh jeksperimentov v zemledelii [Tekst] / V. P. Yakushev, A. V. Konev, V. V. Yakushev // Geoinformatika. – 2015. – №3. - P. 96-101.
12. Yakushev, V. P. Tochnoe zemledelie: opyt primeneniya i potencial razvitiya [Tekst] / V. P. Yakushev, P. V. Lekomcev, A. F. Petrushin // Geoinformatika. - 2014. - № 3. - P. 32-38.
13. Becker F., Li Z. - L. Temperature - independent spectral indices in thermal infrared bands / Li Z. -- L. Becker F. // Remote Sensing Environmental. - 1990. - Vol. 32. - №. 3. - P. 17-33.
14. A technical opportunity index adapted to zone-specific management / P. Roudier, B. Tisseyre, H. Poilve i dr. // Precision Agriculture. - 2011. - Vol. 12. - P. 130-145.
15. Remote Sensing and GIS for Habitat Quality Monitoring: New Approaches and Future Research / A. Zlinszky, H. Heilmeyer, H. Balzter i dr. // Remote Sensing. - 2015. - №. 7 (6). - P. 7987-7994.

E-mail: shinkarenko@volsu.ru

**СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ СОРТОВ СОИ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕМЕНОВОДСТВА
В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ****PRESERVATION OF GENETIC IDENTITY OF SOYBEAN VARIETIES
AND IMPROVEMENT OF SEED-GROWING TECHNOLOGY
IN IRRIGATION CONDITIONS**

В.В. Толоконников¹, доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

Г.П. Канцер¹, научный сотрудник

Т.С. Кошкарлова¹, младший научный сотрудник

С.В. Иленева², кандидат технических наук, доцент

V. V. Tolokonnikov¹, G.P. Kancer¹, T.S. Koshkarova¹, S.V. Peneva²

¹Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹The All-Russian scientific research institute of the irrigated agriculture

²Volgograd State Agrarian University (VolGAU)

Белки, как основа жизни на Земле, являются дефицитной и дорогостоящей частью рациона питания людей. В основном они снабжают наш организм строительным материалом. Отсутствие необходимого белка в продуктах питания вызывает отклонения в функционировании организма, провоцирует различные болезни. Так, согласно рекомендациям Совета производителей соевых белков, среднестатистический житель Земли для нормального существования ежедневно должен получать 70 грамм полноценного белка, из которого 55 % должно быть животного происхождения и 45 % – растительного. Однако в настоящее время в мире наблюдается острый дефицит белка, составляющий более 15 млн тонн в год, во многом из-за катастрофического уменьшения поголовья скота. Только в России за последние годы оно сократилось почти наполовину, в связи с чем дефицит потребления белка ежегодно составляет около 1 млн тонн. Поэтому наша страна по объемам потребления белковых продуктов стоит позади многих стран мира. Расширение посевных площадей и получение высоких урожаев сои возможно только при хорошо налаженном семеноводстве районированных сортов и оптимизации агротехники, особенно в условиях орошаемого земледелия. В результате проведения многолетней селекционной работы в ФГБНУ ВНИИОЗ в условиях орошения создан ценный Нижневолжский генофонд сои. На его основе выведены адаптированные к жестким природным условиям высокоурожайные, в условиях орошения Нижнего Поволжья, сорта сои (Волгоградка 1, ВНИИОЗ 86, ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 31). Они внесены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Нижневолжскому, Уральскому и Дальневосточному регионам, и возделываются в сельскохозяйственном производстве.

Proteins, as the basis of life on earth, are a scarce and expensive part of the human diet. Basically they supply our body with building material. The lack of the necessary protein in food causes abnormalities in the functioning of the body, provokes various diseases. So, according to the recommendations of the Council of Soy Protein Producers, an average inhabitant of the earth for a normal life should receive daily 70 grams of complete protein, of which 55% should be of animal origin and 45% of vegetable origin. However, at present in the world there is an especially acute shortage of protein, amounting to more than 15 million tons per year, largely due to the catastrophic decrease in livestock numbers. Only in Russia in recent years, it has decreased by almost half, and therefore the deficit of protein consumption is about 1 million tons annually. Therefore, our country is behind many countries in the world in terms of consumption of protein products. Expansion of sown areas and obtaining high yields of soybeans is possible only with well-established seed production of zoned varieties and optimization of agricultural technology, especially in conditions of irrigated agriculture. As a result of

many years of breeding work at the Research Institute of Epidemiology in Irrigation, a valuable Lower Volga soybean gene pool has been created. On its basis, highly productive, adapted to harsh natural conditions, under irrigation conditions of the Lower Volga region, soybean varieties have been developed (Vologradka 1, VNIOZ 86, VNIOZ 76, VNIOZ 31). They are listed in the State Register of breeding achievements approved for use in the Nizhnevolzhsky, Ural and Far Eastern regions and are cultivated in agricultural production.

Ключевые слова: *соя, сорт сои, семена сои, семеноводство, урожайность сои, питомники испытания и размножения, режимы орошения сои.*

Key words: *soybean, soybean variety, soybean seeds, seed production, soybean yields, nurseries testing and breeding, irrigation regimes of soybean.*

Введение. Применение высоких оросительных норм за вегетацию и в период налива семян способствует существенному росту урожайности товарного зерна, но в то же время оказывает влияние на усиление проявления разнокачественности семян. Это обусловлено следующим. Соя – культура, характеризующаяся растянутыми сроками цветения и формирования репродуктивных органов. Семена, образующиеся первыми на растении, находятся в преимущественном положении в отношении снабжения их пластическими веществами. Семена первых сроков образования на нижнем и среднем ярусах всегда более высококачественны. Семена, расположенные на нижнем и среднем ярусе растений среднеспелых сроков орошения сои, характеризуется более высокими показателями энергии прорастания (до 88,3-97,5 %) и массы зерна (до 110,1-135,8 г), чем сформированные на верхнем ярусе (соответственно до 81,3-89,8 % и 112,6-120,7 г) [7].

Материалы и методы. При проведении комбайновой уборки малокачественные семена с верхнего яруса попадают в общую массу и, даже при проведении калибрования мало выделяются в отход и, таким образом, снижают посевные качества всей партии семян.

Кроме того, оптимальный для товарных посевов сои полив приводит к существенному удлинению вегетационного периода сортов на 8-12 дней, чем при возделывании их без орошения. Полная спелость посевов орошаемой сои среднеспелых сортов наступает в 3-й декаде сентября 1-й декаде октября. В годы с избыточным количеством осадков в период налива семян (2-я декада августа – 1-я декада сентября) посевной материал имеет повышенную уборочную (до 18-20 %) и послеуборочную (16-18 %) влажность относительно ГОСТ Р 52325-2005 – (14 %), что требует дополнительного проведения искусственного вентилирования семян, повышающего их себестоимость.

Известна схема первичного семеноводства на основе метода индивидуально-семенного отбора (общепринятая) [3], а также в условиях орошения [1], включающая необходимость использования двухгодичной оценки индивидуально отобранных элитных семей.

Недостатками известных способов семеноводства сои являются:

- увеличение сроков сортообновления за счет необходимости использования питомников испытания потомств 1-го и 2-го года, что повышает себестоимость семян;
- удлинение продолжительности вегетационного периода сохраняемого в чистоте сорта за счет отбора в питомниках испытания потомств самых урожайных семей, которые в дальнейшем, при пересеве, затягивают вегетацию, поскольку между этими признаками существует прямая связь;
- изменение биотипного состава сорта, способствующее преимущественному формированию более позднеспелого агроценоза.

Поэтому изменяются многие признаки и свойства сорта, что приводит к снижению урожайности, а уменьшение массы 1000 зерен оказывает отрицательное влияние на посевные и урожайные свойства семян [4].

Разработку новой технологии семеноводства сои осуществляли в ОПХ «Орошаемое» в 2007-2014 гг. с использованием среднеспелого сорта сои Волгоградка 1.

В опыте применяли разработанный способ семеноводства, содержащий: 1 – питомник предварительного размножения с нормой высева оригинальных семян не более 250 тыс. шт. всхожих семян на один гектар; 2 – питомник размножения 1-го года; 3 – питомник размножения 2-го года; 4 – участок суперэлиты; 5 – участок элиты.

В контроле применяли известный способ семеноводства с питомниками испытания потомств 1-го и 2-го года.

Норма высева семян в контроле составляет 450-550 тыс. шт. на гектар всхожих семян, в опыте составляла 380-400 тыс. шт.

Влажность в активном слое почвы поддерживали: в контроле не ниже 70-80-70 % НВ по схеме 70 % НВ в период «всходы – бутонизация», 80 % от бутонизации до налива семян, 70 % в период «налив – полная спелость семян»; в опыте 67-80-63 % НВ по схеме 67 % НВ в период «всходы – цветение», 80 % от цветения до налива семян, 63 % в период «налив – полная спелость семян».

Результаты и обсуждение. В питомнике предварительного размножения происходит наиболее точная оценка каждого растения на соответствие признаков и свойств поддерживаемого сорта. Ускоренное размножение семян достигается за счет сверхразряженного посева (0,45×0,09 м) с площадью питания одного растения 0,04 м² при посеве нормой 250 тыс. всхожих семян на один гектар.

Таблица 1 – Показатели хозяйственной полезности среднеспелого сорта сои Волгоградка 1 по результатам конкурсного сортоиспытания в период передачи в Госсорткомиссию (1985...1987 гг.) и после проведения первичного семеноводства (2007...2014 гг.) по общепринятой (контроль) и предлагаемой (опыт) схеме в условиях орошения

№	Показатели хозяйственной полезности сорта сои Волгоградка 1			
	Наименование показателей	Перед передачей в Госсорткомиссию (1985...1987 гг.)	В период исследований (2012...2014 гг.)	
			контроль	опыт
Высоконаследуемые признаки и свойства				
1	Индекс урожая	32	25,2	34
2	Масса 1000 зерен, г	121	114,8	122
3	Продолжительность дней от всходов до цветения	50	36	48
4	Продолжительность дней от всходов до созревания	108	116	110
5	Высота растений, м	0,75	0,81	0,78
6	Среднее количество семян в бобе, шт.	2	2,2	1,9
7	Среднее количество бобов в узле, шт.	1,8	1,5	1,9
8	Количество идентифицированных биотипов	6	4	6
Малонаследуемые признаки и свойства				
1	Урожайность, т/га	2,51	2,35	2,65
2	Продолжительность дней от цветения до созревания	58	80	62
3	Высота прикрепления нижнего боба, м	0,15	0,16	0,15
4	Оптимальная плотность продуктивного стеблестоя, шт./м ²	31	33	34
5	Масса зерен одного растения, г	8	8,2	7,9
6	Количество ветвей, шт.	3	2,3	3,2

Небольшая площадь посева питомника предварительного размножения – до 0,1 га и сверхразряженный посев дают возможность осмотреть и оценить каждое растение, провести негативный отбор в период цветения и созревания растений, получить высокий коэффициент размножения семян – 133 единицы по сравнению с контролем – 26,5 единиц, подготовить значительное количество высокосортных семян с высокими посевами качествами – энергией прорастания 95 %, массой 1000 зерен 122 (на контроле – соответственно 88 % и 115 г), для закладки питомника размножения 1-го года на максимально большой площади и более быстрого выхода на репродукционное семеноводство и товарные посевы, чем на контроле.

Разработанная технология семеноводства сои (опыт) дает возможность сократить звенья первичного семеноводства сои (ПиП 1 и ПиП 2), являющиеся наиболее трудоемкими при воспроизводстве сортов всех культур, особенно сои в условиях орошения (с привлечением ручного труда), а также ускорить производство семян при сортообновлении, быстрее размножить семена как новых, так и поддерживаемых сортов, сохраняя сорта в первозданном виде на момент передачи их в Госсорткомиссию (таблица 1).

Заключение. Практически по всем наследуемым признакам предлагаемый способ семеноводства методом пересева семян с проведением двукратного негативного отбора (опыт) в более значительной степени сохраняет сорт в первозданном виде, чем общепринятая схема с проведением индивидуально-семенного отбора (контроль).

В контроле происходит формирование позднеспелого агроценоза (116 дней), изменяются многие признаки и свойства данного сорта, снижается урожайность. Уменьшение массы 1000 зерен оказывает отрицательное влияние на посевные и урожайные свойства семян.

В опыте происходит формирование более раннеспелого агроценоза соответствующего сорта Волгоградка 1 (110 дней), поэтому сохраняются все признаки и свойства данного сорта.

Разработанная технология производства качественных семян в условиях орошения защищена патентом РФ № 2606921 от 10.01.2017 г.

Формула изобретения:

1. Способ производства семян сои в условиях орошения, преимущественно для среднеспелых сортов, предусматривающий широкорядный посев семян сои, полив, уход за растениями и уборку, отличающийся тем, что для посева применяют семена, полученные способом первичного семеноводства по ПиП 2, содержащим: 1 – питомник предварительного размножения с номой высева оригинальных семян не более 250 тыс. шт. всхожих семян на один гектар; 2 – питомник размножения 1-го года; 3 – питомник размножения 2-го года; 4 – участок суперэлиты; 5 – участок элиты, посев осуществляется нормой 380...400 тыс. шт. всхожих семян на один гектар, при этом влажность активного слоя почвы поддерживают не ниже 67...80...63 % НВ по схеме: 67 % НВ в период «всходы – цветение»; 80 % – от цветения до налива семян; 63 % в период «налив – полная спелость семян», а последний полив проводят в первой декаде августа.

2. Способ первичного семеноводства сои в условиях орошения, предусматривающий последовательное размножение оригинальных семян сои в питомниках размножения 1-го и 2-го года, участках суперэлиты и элиты, отличающийся тем, что дополнительно вводят питомник предварительного размножения, в котором норма высева семян составляет не более 250 тыс. шт. всхожих семян на один гектар, влажность активного слоя почвы поддерживают во всех звеньях первичного семеноводства не ниже

67...80...63 % НВ по схеме: 67 % НВ в период всходы – цветение; 80 % – от цветения до налива семян; 63 % в период налива – полная спелость семян, причем во всех трех питомниках размножения проводят негативный отбор удалением нетипичных растений и примесей в период цветения и созревания.

Библиографический список

1. Кочегура, А.В. Селекция сортов сои разных направлений использования [Текст]: автореф. дис... докт. с.-х. наук / Кочегура Александр Васильевич. – Краснодар, 1998 – 47 с.
2. Лобойко, В.Ф. Эффективность предпосевной обработки семян различных сортов сои биологически активными препаратами в условиях капельного орошения [Текст] / В.Ф. Лобойко, В.В. Толоконников, Н.С. Дезорцев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №2(30). – С. 35-38.
3. Методические рекомендации по производству семян элиты зерновых, зернобобовых и крупяных культур [Текст]. – М., 1990. – 33 с.
4. Методы селекции и семеноводства сои в условиях орошения [Текст] / В.В. Толоконников, А.А. Новиков, Т.С. Кошкарлова и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3(47). – С. 86-90.
5. Плешаков, В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст] / В.Н. Плешаков. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 148 с.
6. Совершенствование селекции сои в условиях орошения [Текст] / В.В. Толоконников, И.П. Кружилин, Т.С. Кошкарлова и др. // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы Междунар. научно-практ. интернет-конференции, посвященной 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель. – Волгоград, 2016. – С. 272-281.
7. Толоконников, В.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологий возделывания и селекция адаптированных к природным условиям Нижнего Поволжья сортов сои [Текст]: автореферат дисс. ... доктора сельскохозяйственных наук / В.В. Толоконников. – Волгоград, 2010. – 48 с.
8. Толоконников, В.В. Эффективность сортосмены сои в условиях орошения [Текст] / В.В. Толоконников, Т.С. Кошкарлова, Г.П. Канцер // Орошаемое земледелие. – 2016. – №4. – С. 11-12.
9. Толоконников, В.В. Сортотехнологии возделывания сои в условиях орошения [Текст] / В.В. Толоконников, Т.С. Кошкарлова, С.В. Иленева // Перспектива развития аграрной науки в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2016. – С. 116-120.
10. Эсхаджиева, Х.Х. Научные основы повышения продуктивности сои на орошаемых землях степной зоны Чеченской Республики [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Х.Х. Эсхаджиева. – Владикавказ, 2008. – 19 с.

Reference

1. Kochegura, A. V. Selekcija sortov soi raznyh napravlenij ispol'zovaniya [Tekst]: avtoref. dis... dokt. s.-h. nauk / Kochegura Aleksandr Vasil'evich. - Krasnodar, 1998 - 47 p.
2. Lobjko, V. F. Jefferktivnost' predposevnoj obrabotki semyan razlichnyh sortov soi biologicheski aktivnymi preparatami v usloviyah kapel'nogo orosheniya [Tekst] / V. F. Lobjko, V. V. Tolokonnikov, N. S. Dezorcev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2013. - №2(30). - P. 35-38.
3. Metodicheskie rekomendacii po proizvodstvu semyan jelity zernovyh, zernobobo-vyh i krupyanyh kul'tur [Tekst]. - M., 1990. - 33 p.
4. Metody selekcii i semenovodstva soi v usloviyah orosheniya [Tekst] / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, T. S. Koshkarova i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - № 3(47). - P. 86-90.
5. Pleshakov, V. N. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Tekst] / V. N. Pleshakov. - Volgograd: VNIIOZ, 1983. - 148 p.
6. Sovershenstvovanie selekcii soi v usloviyah orosheniya [Tekst] / V. V. Tolokonnikov, I. P. Kruzhilin, T. S. Koshkarova i dr. // Melioraciya v Rossii: potencial i strategiya razvitiya: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. internet-konferencii, posvyaschennoj 50-letiyu masshtabnoj programmy razvitiya melioracii zemel'. - Volgograd, 2016. - P. 272-281.

7. Tolokonnikov, V. V. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe obosnovanie tehnologij vzdelyvaniya i selekciya adaptirovannyh k prirodnyh usloviyam Nizhnego Povolzh'ya sortov soi [Tekst]: avtoreferat diss. ... doktora sel'skohozyajstvennyh nauk / V. V. Tolokonnikov. - Volgograd, 2010. - 48 p.

8. Tolokonnikov, V. V. Jefferktivnost' sortosmeny soi v usloviyah orosheniya [Tekst]/ V. V. Tolokonnikov, T. S. Koshkarova, G. P. Kancer // Oroshaemoe zemledelie. - 2016. - №4. - P. 11-12.

9. Tolokonnikov, V. V. Sortovye tehnologii vzdelyvaniya soi v usloviyah orosheniya [Tekst]/ V. V. Tolokonnikov, T. S. Koshkarova, S. V. Ileneva// Perspektiva razvitiya agrarnoj nauki v sovremennyh jekonomicheskikh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd, 2016. - P. 116-120.

10. Jesxadzhieva, H. H. Nauchnye osnovy povysheniya produktivnosti soi na oroshaemyh zemlyah stepnoj zony Chechenskoj Respubliki [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk / H. H. Jsxadzhieva. - Vladikavkaz, 2008. - 19 p.

E-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru

УДК 633.11:631.526.32

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-17

**РОЛЬ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
В НАКОПЛЕНИИ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE ROLE OF METHODS OF THE MAIN SOIL TREATMENT
IN ACCUMULATION OF THE SOIL MOISTURE AND THE USE
OF ATMOSPHERIC DRAINS UNDER CULTIVATION WINTER WHEAT
ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION**

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

Доля почвенной влаги в структуре суммарного водопотребления в 2016 и 2017 годах при величине атмосферных осадков в летний период соответственно 263,3 и 176,3 мм составила от 24,9 до 26,7 % (2016 год) и 37,1...37,8 % в 2017 году. В 2018 году при отсутствии осадков за летний периоды вегетации (8,7 мм) доля почвенной влаги возростала до 90,2 %. Выше урожайность у озимой пшеницы отмечалась в 2016 и 2017 годах на вариантах применения препарата БиоГумат «ЭКОСС-20» в варианте обработки рабочим органом «Ропа» и «Ранчо», прибавка к контролю достигала от 1,13 до 0,58 т/га. В условиях 2018 мелкая обработка черного пара снизила урожайность озимой пшеницы от 1,04 т/га на контроле до 1,24 т/га на варианте применения препарата БиоГумат «ЭКОСС-20». Эффективным приёмом повышения качества зерна является применение препаратов БиоГумат «ЭКОСС-20» и Гумат+7 Калия.

The share of soil moisture in the structure of total water consumption in 2016 and 2017, with precipitation during the summer period of 263,3 and 176,3 mm, respectively, ranged from 24,9 to 26,7 % (2016) and 37,1...37,8 % in 2017. In 2018, in the absence of precipitation over the summer growing season (8.7 mm), the share of soil moisture increased to 90,2 %. Higher yields of winter wheat were observed in 2016 and 2017 on the BioGumat «EKOSS-20» use cases in the treatment variant with the working body «Ropa» and «Rancho», the gain to the control reached from 1,13 to 0,58 t/ha. Under the conditions of 2018, the fine treatment of black steam re-duced the yield of winter wheat from 1,04 t / ha in control, to 1,24 t / ha in the use case of the BioGumat «EKOSS-20» preparation. The effective method of improving the quality of grain is the use of BioGumat «EKOSS-20» and Humat + 7 Potassium preparations.

Ключевые слова: способы основной обработки черного пара, запасы продуктивной влаги, чернотелый пар, структура суммарного водопотребления, урожайность озимой пшеницы, качество зерна.

Key words: the methods of main processing of black steam, stocks of productive moisture black steam, the structure of total water consumption, winter wheat yield, grain quality.

Введение. Задача проведенных исследований заключалась в оценке влияния способов обработки черного пара на накопление почвенной влаги и эффективности атмосферных осадков при применении препаратов Гумат+7 Калия и БиоГумат «ЭКОСС-20» на урожайность и качество зерна в посевах озимой пшеницы Камышанка 5.

Технология обработки почвы под озимую пшеницу применительно к зоне исследований и применение биопрепаратов вызывают дискуссии и различные оценки ученых и практиков [4, 3, 1, 2, 5].

Материалы и методы. Полевые исследования проводятся на полях учебного хозяйства УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ.

Влияние способов основной обработки под озимую пшеницу и применения препаратов Гумата+7 Калия и БиоГумата «ЭКОСС-20» изучалось в двухфакторном опыте, где **фактор А** – способы основной обработки почвы, **фактор В** – способы питания.

Размещение вариантов систематическое, повторность 3-х кратная, учетная площадь – 72 м². Норма высева 3,5 млн всхожих семян на гектар. Сорт озимой пшеницы Камышанка 5.

Результаты и обсуждение. Период исследований характеризовался значительными различиями по количеству атмосферных осадков, неустойчивой величине продуктивной влаги в пару к периоду сева по годам исследований. В зоне исследований осадки осенне-зимнего периода определяют величину весенних запасов влаги в метровом слое, которые обеспечивали стабильность урожаев озимой пшеницы по годам исследований.

Таблица 1 – Запасы продуктивной влаги в паровом поле весной и при посеве по вариантам обработки почвы

Период определения	Отвальная обработка		Обработка рабочим органом «Ранчо»		Мелкая обработка		Обработка рабочим органом «Ропа»	
	Влажность, % от абс. сух. почвы	Запасы доступной влаги, мм	Влажность, % от абс. сух. почвы	Запасы доступной влаги, мм	Влажность, % от абс. сух. почвы	Запасы доступной влаги, мм	Влажность, % от абс. сух. почвы	Запасы доступной влаги, мм
2015 год								
20.04.15 г. (0-1,0 м)	15,1	93,8	15,3	96,6	15,0	92,5	15,3	96,6
20.09.15 г. (0-1,0 м)	14,5	85,6	14,9	91,1	14,2	81,4	14,6	86,9
2016 год								
12.04.16 г. (0-1,0 м)	16,1	107,6	16,1	107,6	15,2	95,2	15,8	103,5
16.09.16 г. (0-1,0 м)	17,6	128,9	18,0	133,8	17,5	127,0	17,7	130,0
2017 год								
10.04.17 г. (0-1,0 м)	15,4	98,0	15,8	103,5	15,1	93,8	-	-
10.09.17 г. (0-1,0 м)	16,1	107,6	16,4	111,8	15,6	100,7	-	-
2018 год								
09.04.18 г.	14,3	82,8	14,1	80,0	13,8	75,9	-	-

Плотность сложения в слое 0,0-1,0 м – 1,38 т/м³. Влажность завядания – 8,30 % от абс. сухой почвы.

При разовом количестве осадков 5-10 мм влага лучше сохраняется по мелкой обработке за счет мульчирующего слоя на поверхности почвы.

Величина продуктивной влаги в период парования (таблица 1) изменялась по обработкам. Так, за счет атмосферных осадков отмечается повышение запасов продуктивной влаги к посеву. Появление всходов и их развитие зависит от осадков в сентябре и последующие месяцы вплоть до прекращения осенней вегетации растений. Роль атмосферных осадков в развитии растений в осенний период также отмечается и другими авторами [4, 2, 6, 7, 9]. Приведенные данные показывают, что в 2015 году запасы продуктивной влаги к посеву уменьшились и достигали по обработкам от 84,4 до 91, мм. Мелкая обработка обеспечивает лучшую сохранность продуктивной влаги в поверхностном слое почвы за счет мульчирующего слоя, что способствует снижению диффузно-конвекционного испарения.

В 2016 году осадки летнего периода в количестве 263,3 мм обеспечили запасы продуктивной влаги от 127,0 мм по мелкой обработке и до 128,9 мм по отвальной обработке, до 133,8 мм на варианте «Ранчо».

В 2017 году за счет атмосферных осадков в летний период количество продуктивной влаги ко времени посева составило от 100,7 мм (мелкая обработка) до 111,8 мм (обработка «Ранчо»), что обеспечило хорошее развитие растений в осенний период вегетации.

Различия по величине весенних запасов продуктивной влаги и количеству атмосферных осадков по годам исследований повлияли на показатели структуры водопотребления в посевах озимой пшеницы по годам исследований (таблица 2).

Таблица 2 – Структура суммарного водопотребления в посевах озимой пшеницы по годам исследований, сорт Камышанка 5

Год	Запасы продук- тивной влаги, мм		Использовано влаг из почвы		Осадки за вегета- цию, мм	Использовано осадков		Суммарное водопотреб- ление, мм
	вес- ной	Полная спелость	мм	% от суммар- ного водопо- требления		мм	% от суммар- ного водопо- требления	
Обработка рабочим органом «Ранчо»								
2016	107,6	40,3	67,3	26,7	263,3	184,3	73,3	251,6
2017	103,5	28,7	74,8	37,8	176,0	123,2	62,2	198,0
2018	80,0	0,0	80,0	90,2	8,7	8,7	9,8	88,7
Среднее	97,0	23,0	74,0	41,2	149,3	105,4	58,8	179,4
Мелкая обработка								
2016	95,2	34,2	61,0	24,9	263,3	184,3	75,1	245,3
2017	93,8	21,2	72,6	37,1	176,3	123,2	62,9	195,8
2018	75,9	0,0	75,9	89,7	8,7	8,7	10,3	84,6
Среднее	88,3	18,5	69,8	39,8	149,4	105,4	60,2	175,2

Величина суммарного водопотребления в количестве 245,3...251,6 мм в 2016 году и соответственно 198,0...195,8 в 2017 году в условиях зоны исследований обеспечивала урожайность озимой пшеницы с применением препаратов от 5,83 до 4,40 т/га, прибавка к контролю достигала от 1,13 до 0,58 т/га (таблица 3).

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.

Проведенные исследования показали, что важная роль в улучшении качества зерна принадлежит и приемам агротехники. Так, в урожае 2016...2017 годов содержание клейковины изменялось по обработкам на контроле от 30,0 % на мелкой обработке, до 27,1 % по отвальной обработке. Значительно выше содержание клейковины 34,0 % при применении препарата БиоГумат «ЭКОСС-20» на варианте обработки «Ранчо».

Таблица 3 – Влияние способов основной обработки почвы и препаратов
на урожайность озимой пшеницы, т/га

Вариант	Отвальная обработка	«Ранчо»	«Ропа»	Мелкая
2016 год				
Контроль (б/о)	4,72	4,80	4,70	4,20
БиоГумат «ЭКОСС-20»	5,80	5,30	5,83	4,70
Прибавка	1,08	0,50	1,13	0,50
2017 год				
Контроль, б/о	3,36	3,60	3,47	3,39
БиоГумат «ЭКОСС-20»	4,05	4,40	4,20	3,97
Прибавка	0,69	0,80	0,73	0,58
Гумат+7 Калия	3,68	3,86	3,95	3,40
Прибавка	0,32	0,26	0,48	0,01
2018 год				
Контроль, б/о	1,80	1,61	-	1,04
БиоГумат «ЭКОСС-20»	2,30	2,10	-	1,24
Прибавка	0,50	0,49	-	0,20
Гумат+7 Калия	2,20	1,94	-	1,20
Прибавка	0,40	0,33	-	0,16

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.

В 2018 году погодные условия летнего периода вегетации озимой пшеницы в отличие от предыдущих лет позволили получить зерно с высокими качественными показателями по содержанию клейковины, белка, при слабых показателях по ИДК (таблица 4).

Таблица 4 – Качественные характеристики зерна у сорта Камышанка 5, 2018 г.

Вариант	Показатель					
	Натура зерна, г	Стекловидность, %	Содержание клейковины, %	Показатель ИДК	Влажность, %	Белок, %
Отвальная обработка						
Контроль, б/о	770	63,0	38,5	103,2	6,8	15,9
БиоГумат «ЭКОСС-20»	770	61,0	38,2	103	7,3	16,8
Гумат+7 Калия	765	61,0	39,8	107,1	8,1	17,4
Обработка «Ранчо»						
Контроль, б/о	740	59,0	41,9	95,9	7,7	18,2
БиоГумат «ЭКОСС-20»	745	57,0	48,2	99,5	7,7	20,3
Гумат+7 Калия	750	61,0	50,2	104,1	7,0	19,9
Мелкая обработка						
Контроль, б/о	775	75,0	37,1	99,4	7,9	16,9
БиоГумат «ЭКОСС-20»	770	72,0	44,7	100,7	7,9	19,5
Гумат+7 Калия	770	71,0	44,8	113,8	7,8	19,5

Заключение. Проведенные исследования показали, что стабильность урожая озимой пшеницы в зоне исследований определяют весенние запасы продуктивной влаги. Величина суммарного водопотребления в количестве 245,3-251,6 мм в 2016 году и соответственно 198,0-195,8 в 2017 году обеспечивала урожайность озимой пшеницы с применением препаратов от 5,83 до 4,40 т/га, прибавка к контролю достигала от 1,13 до 0,58 т/га.

Эффективным приёмом повышения урожайности и качества является применение препаратов БиоГумат «ЭКОСС-20». Так, в урожае 2016...2017 годов содержание клейковины изменялось по обработкам на контроле от 30,0 % на мелкой обработке, до 27,1 % по отвальной обработке. Содержание клейковины при применении препарата БиоГумат «ЭКОСС-20» на варианте обработки «Ранчо» достигало 34,0 %. В 2018 году в отличие от предыдущих лет получено зерно с высокими качественными показателями по содержанию клейковины, белка при слабых показателях по ИДК. При отсутствии осадков в летний период мелкая обработка значительно снижала урожайность.

Библиографический список

1. Влияние Альбита на качество урожая сельскохозяйственных культур [Текст] / А.К. Злотников, К.М. Злотников, А.Э. Модонкаева и др. // Защита и карантин растений. – 2016. – № 2. – С. 41-44.
2. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на использование влаги посевами озимой пшеницы [Текст] / В.И. Каргин, А.А. Ерофеев, И.А. Латышова и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 11. – С. 14-16.
3. Дубовик, Д.В. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов возделывания в различных погодных условиях [Текст] / Д.В. Дубовик, Д.Ю. Виноградов // Достижения науки и техники в АПК. – 2015. – № 2. – С. 30-32.
4. Изменение продуктивности сельскохозяйственных культур под воздействием однотипных способов основной обработки почвы [Текст] / А.В. Алабушев, А.А. Сухарев, А.С. Попов и др. // Земледелие. – 2015. – № 8. – С. 25-28.
5. Казаков, Г.И. Рациональные обработки почвы в условиях Среднего Поволжья [Текст] / Г.И. Казаков // Современные системы земледелия: опыт, проблемы, перспективы: мат. Межд. научно-практич. конф., посвященной 80-летию со дня рождения профессора Морозова В.И. / Ульяновская ГСХА. – Ульяновск, 2011. – С. 110-118.
6. Серебряков, А.А. Влияние способов основной обработки черного пара и регуляторов роста растений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области [Текст]: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Серебряков Андрей Александрович. – Волгоград, 2015. – 21 с.
7. Сапунков, В.Л. Влияние микроудобрений на урожайность новых сортов озимой пшеницы в зоне черноземных почв Волгоградской области [Текст] / В.Л. Сапунков, Н.И. Тихонов // Фермер Поволжья. – №10. – С. 42-45.
8. Тихонов, Н.И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от микроудобрений и сортов в степной зоне черноземных почв Волгоградской области [Текст] / Н.И. Тихонов, В.Л. Сапунков // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – №6. – С. 28-31.
9. 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.

Reference

1. Vliyanie Al'bita na kachestvo urozhaya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] / A. K. Zlotnikov, K. M. Zlotnikov, A. Je. Modonkaeva i dr. // Zashchita i karantin rastenij. - 2016. - № 2. - P. 41-44.
2. Vliyanie mineral'nyh udobrenij i biopreparatov na ispol'zovanie vlagi posevami ozimoy pshenicy [Tekst] / V. I. Kargin, A. A. Erofeev, I. A. Latyshova i dr. // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2013. - № 11. - P. 14-16.
3. Dubovik, D. V. Kachestvo zerna ozimoy pshenicy v zavisimosti ot agrotehnicheskikh priemov vozdeleyvaniya v razlichnyh pogodnyh usloviyah [Tekst] / D. V. Dubovik, D. Yu. Vinogradov // Dostizheniya nauki i tehniki v APK. - 2015. - № 2. - P. 30-32.
4. Izmenenie produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur pod vozdeystviem odnotipnyh sposobov osnovnoj obrabotki pochvy [Tekst] / A. V. Alabushev, A. A. Suharev, A. S. Popov i dr. // Zemledelie. - 2015. - № 8. - P. 25-28.

5. Kazakov, G. I. Racional'nye obrabotki pochvy v usloviyah Srednego Povolzh'ya [Tekst] /G. I. Kazakov // Sovremennye sistemy zemledeliya: opyt, problemy, perspektivy: mat. Mezhd. nauchno-praktich. konf., posvyaschennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya professora Morozova V. I. /Ul'yanovskaya GSXA. - Ul'yanovsk, 2011. - P. 110-118.

6. Serebryakov, A. A. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki chernogo para i regulatorov rosta rastenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti [Tekst]: avtoref. dis. ... kand. s. -- h. nauk: 06.01.01 / Serebryakov Andrej Aleksandrovich. - Volgograd, 2015. - 21 p.

7. Sapunkov, V. L. Vliyanie mikroudobrenij na urozhajnost' novyh sortov ozimoy pshenicy v zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti [Tekst] / V. L. Sapunkov, N. I. Tihonov // Fermer Povolzh'ya. - GOD. - №10. - P. 42-45.

8. Tihonov, N. I. Urozhajnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot mikroudobrenij i sortov v stepnoj zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti [Tekst] / N. I. Tihonov, V. L. Sapunkov // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. - 2015. - №6. - P. 28-31.

9. Churzin, V. N. Rol' atmosferyh osadkov i pochvennoj vlagi v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki chernogo para pri vyraschivanii ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti [Tekst] / V. N. Churzin, A. A. Serebryakov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 3 (35). - P. 83-88.

E-mail: rastenievodstvo44@mail.ru

УДК 634.54 (470.6)

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-18

ПОЛИМОРФИЗМ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ПЛОДОВ ЛЕЩИНЫ В ПОПУЛЯЦИИ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

POLYMORPHISM OF QUANTITATIVE ECONOMIC AND VALUABLE SIGNS OF HAZELNUT FRUIT IN THE POPULATION IN THE NORTHWEST CAUCASUS

Ю.И. Сухоруких¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С.Г. Биганова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Э.К. Пчихачев², кандидат сельскохозяйственных наук

Yu.I. Sukhorukih¹, S.G. Biganova¹, E.K. Pchikhachev²

¹ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

²Адыгейский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
цветоводства и субтропических культур»

¹Maykop State Technological University

²Adygea branch «All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops»

Лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.) относится к особо ценным орехоплодным видам. Одним из направлений её селекции является изучение полиморфизма естественных популяций и отбор в них перспективного генофонда. На Северо-Западном Кавказе в популяции средняя масса орехов составила $1,31 \pm 0,02$ г. Распределение показателя имеет правостороннюю асимметрию. Большая часть плодов (70,3 %) отнесена к категории «очень мелкие»; категория «очень крупные» отсутствовала. Средняя масса ядра составила $0,49 \pm 0,01$ г. В селекционном отношении в выборке преобладают плоды с очень мелкими ядрами – 71,34 % и отсутствуют очень крупные и крупные. Выход ядра имеет невысокое значение – $37,39 \pm 0,26$ %. По селекционным категориям в популяции преобладают особи с очень низким выходом ядра (38 % и менее). Общий балл качества плодов равен $34,63 \pm 0,16$ балла, что соответствует селекционной категории «рядовые». В популяции не выявлены плоды высшей категории качества (53 балла и более). Качественные (43...52,9 балла) составили 0,13 % от всей выборки. Все лучшие формы имели плоды категории «качественные». Улучшение данного генофонда будет связано с селекционными работами, направленными на повышение этих показателей.

Common hazel (*Corylus avellana* L.) refers to the valuable nut-bearing species. One of the directions of its selection is the study of the polymorphism of natural populations and the selection of a promising gene pool. In the North-Western Caucasus the average weight of nuts in the population made up $1,31 \pm 0,02$ g. Most of the fruits (70,3 %) are classified as «very small»; category «very large» fruits was absent. The average kernel mass was $0,49 \pm 0,01$ g. The sample in selection is dominated by fruits with very small kernels – 71,34 % but very large fruits and large ones are absent. The output of the kernel has a low value – $37,39 \pm 0,26$ %. According to selection categories in the population the species with a very low output of the kernel (38 % or less) are predominated. The overall quality points of fruit are $34,63 \pm 0,16$ points that corresponds to the selection category «common». Fruits of the highest quality category in the population were not revealed (53 points or more). Qualitative fruits (43...52,9 points) accounted for 0,13 % of the total sample. The fruits of the «quality» category had available forms. This is connected with the small size of fruits mass and kernel in the local species. Improvement of the local gene pool will be connected with breeding activities aimed at improving these indicators.

Ключевые слова: полиморфизм, лещина, популяция лещины, масса плода лещины, масса ядра лещины, общий балл качества плодов лещины, перспективные формы лещины.

Key words: polymorphism, filbert, population of filbert, the mass of the filbert fruit, the mass of the filbert kernel, the overall quality score of the filbert fruit, promising forms of filbert..

Введение. Изучение полиморфизма хозяйственно-ценных признаков растений имеет исключительно важное значение для науки и практики. Знание биоразнообразия позволяет выделить из него особи с нужными человеку признаками и использовать их для конкретных целей [1].

Лещина (*Corylus avellana* L.), или фундук, относится к ценнейшим орехоплодным видам и в мировом производстве орехов занимает третье место после грецкого ореха и миндаля [10]. Её плоды широко используются человеком для пищевых и некоторых технических целей [5, 8, 3]. В мире наблюдается значительный дефицит в ядрах этого вида. Это сопровождается постоянным расширением площадей, занимаемых этой культурой [3, 8, 10]. Также осуществляется масштабная разработка стратегических программ по долговременному культивированию вида, включая периоды глобального изменения климата [11].

Выращивание высокопродуктивных плантаций неразрывно связано с селекционной работой. Одним из её направлений является изучение естественных популяций и отбор в них ценного генофонда, поскольку селекция с участием представителей дикорастущих видов имеет очень большое значение [5, 8]. Северо-Западный Кавказ является одним из наиболее перспективных регионов для выращивания этого растения. Здесь сосредоточено его значительное разнообразие [3]. В предыдущей работе проанализирован полиморфизм качественных хозяйственно-ценных признаков плодов лещины [7]. Их количественные показатели потребовали отдельного изучения.

Материалы и методы. Объектом исследований являлась естественная популяция лещины в горной части Северо-Западного Кавказа на высотах от 180 до 1600 м над уровнем моря. Рендомизированно в популяции по одному с растения был собран 771 орех. В качестве перспективных в период созревания целенаправленно отбирали формы, имеющие более крупные орехи с качественным ядром. Из этих особей для анализа заготавливали по 30-40 плодов. Количественные хозяйственно-ценные признаки плодов лещины изучали согласно методике [3] с уточнениями [4]. Селекционные категории массы плода и выхода ядра устанавливали по Ф.Л. Щепотьеву [6]. Для массы ядра, определённой из произведение массы плода, и доли выхода ядра соответствующих селекционных категорий установлены следующие градации: 1,52 г и более – очень крупные; 1,16...1,51 г – крупные;

0,85...1,15 г – средние; 0,58...0,84 г – мелкие; 0,57 г и менее – очень мелкие ядра. К лучшим относили формы, имеющие общий балл качества плодов 43 и более [3, 6]. Обработку данных проводили согласно общепринятым методам [2, 9].

Результаты и обсуждение. Масса плода. В популяции средняя масса орехов составила $1,31 \pm 0,02$ г. Медиана и мода имели равное значение – 1,28. Близкие значения показателей предполагают их возможное нормальное распределение в популяционной выборке. Однако проверка не подтвердила эту гипотезу при значениях $\chi^2_{\text{факт.}} = 58,3$ и $\chi^2_{\text{ст } 0,001} = 27,88$. Также отношение асимметрии к её ошибке составило 4,00, что указывает на правостороннюю асимметрию (таблица 1), следовательно, в популяции масса орехов смещена в сторону увеличения.

Таблица 1 – Статистические характеристики хозяйственно-ценных количественных показателей плодов лещины в популяции на Северо-Западном Кавказе

Показатель	Общий балл качества	Масса плода, г	Масса ядра, г	Выход ядра, %
Среднее	34,63	1,31	0,49	37,39
Стандартная ошибка	0,16	0,02	0,01	0,26
Коэффициент вариации	12,31	31,80	35,86	19,07
Медиана	35,33	1,28	0,46	37,5
Мода	36,18	1,28	0,45	38,53
Асимметрия	-0,46	0,36	0,58	-0,09
Ошибка асимметрии	0,09	0,09	0,09	0,09
Существенность асимметрии	-5,11	4,00	6,44	-1,00
Минимум	18,77	0,39	0,10	18,52
Максимум	46,62	2,76	1,05	55,96

Очевидно, это связано с тем, что размножение вида семенным путём происходит преимущественно за счёт разноса семян дикой фауной, предпочитающей плоды большего размера в урожай, и образующих из них запасы в почве (в естественных условиях семена лещины прорастают только при заделывании в почву). Более мелкие орехи, остающиеся на поверхности после опадения, обычно поедаются в течение зимы и, соответственно, не дают потомства. Распределение плодов в популяции лещины по категориям крупности представлено на рисунке 1. Из данных следует, что основная масса плодов – 70,3 % относится к категории «очень мелкие» (1,5 г и менее), к «крупным» (2,39 – 2,8 г) – 0,78 %, а «очень крупные» (2,81 г и более) отсутствуют.

Таблица 2 – Показатели плодов лучших форм лещины

N	Цвет, балл	Масса плода		Крепость, балл	Шелуха, балл	Неразрушаемость ядра, балл	Масса ядра		Вкус, балл	Одномерность по форме, балл	Одномерность по величине, балл	Выход ядра		Повреждаемость, балл	Общий балл качества
		г	балл				г	балл				%	балл		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Форма 2	1,33	1,84	0,67	4,00	3,33	10	0,90	6,07	15,00	1,33	1,33	49,70	6,67	1,33	51,07
Форма 4	1,33	1,87	0,69	4,00	3,33	10	0,90	6,07	15,00	1,32	1,11	48,13	6,67	0,95	50,46
Форма 5	0,22	2,21	0,85	3,00	1,50	10	1,03	7,18	15,00	1,33	1,33	46,60	6,67	1,33	48,41
Форма 7	1,33	1,55	0,54	4,00	1,53	10	0,80	5,22	14,37	1,24	1,33	51,61	6,67	0,90	47,13
Форма 17	0,56	1,94	0,72	3,79	3,33	10	0,90	6,07	13,74	1,32	1,30	46,39	6,60	1,15	48,58

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Форма 18	0,56	2,21	0,85	4,00	3,33	10	0,85	5,65	15,00	1,33	1,33	38,36	1,55	1,33	44,93
Форма 23	0,56	1,53	0,53	3,15	1,50	10	0,72	4,54	14,54	1,33	1,33	46,90	6,67	1,33	45,48
Черкесский 2	0,89	1,91	0,71	3,60	3,33	10	0,95	6,50	13,50	1,32	1,11	49,74	6,67	0,86	48,48
Планируемые к созданию (новые) сорта	1,33	2,5	0,99	3	3,33	10	1,5	11,2	14,4	1,33	1,33	45	5,73	1,33	53,96

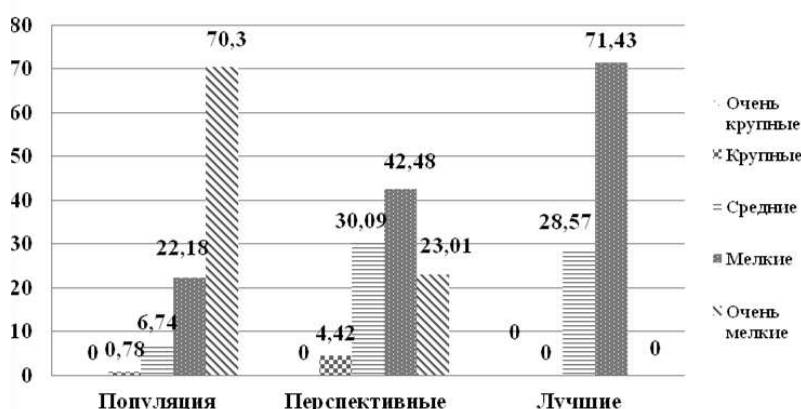


Рисунок 1 – Распределение селекционных категорий плодов лещины в популяции у перспективных и лучших форм по массе орехов, в %

Целенаправленный отбор, в значительной степени ориентированный на выделение особей с более крупными плодами, также не выявил наличия форм с очень крупными плодами. Из 113 перспективных форм только 4,42 % имели плоды категории «крупные» (рисунок 1). Это согласуется с выводом о редкости форм с плодами крупных категорий в местной популяции. Основная часть среди них – 42,48 % – были с мелкими плодами массой 1,53...1,95 г. Средних, массой 1,96...2,38 г, было 30,09 %, очень мелких – 23,01 %.

Выделенные по комплексу признаков 7 лучших особей имели массу ореха от 1,53 до 2,21 г, что соответствует категории «мелкие» – «средние» (таблица 2). При этом мелких по массе было в 2,5 раза больше, чем средних. Отобранные при полевых работах более крупноплодные формы при комплексной лабораторной оценке не набрали необходимой суммы баллов – 43 и более – для отнесения к лучшим (селекционная категория «качественная» и «высшая»). Однако коэффициент вариации – 31,7 % – указывает на значительный полиморфизм признака и перспективность отбора в популяции по массе плода, которая, согласно требованиям к новым сортам, должна быть не менее 2,5 г [5].

Масса ядра. В изучаемой популяции средняя масса ядра орехов составила $0,49 \pm 0,01$ г, мода – 0,45, медиана – 0,46. Асимметрия правосторонняя, её отношение к ошибке – 6,44. Распределение показателя отличается от нормального $\chi^2_{\text{факт.}} = 61,0$ и $\chi^2_{\text{ст0,001}} = 27,88$. Это, как и в случае с массой плода, связано с деятельностью дикой фауны, предпочитающей делать запасы из орехов с более крупным ядром.

В селекционном отношении в популяционной выборке преобладают плоды с очень мелкими ядрами – 71,34 %, а отсутствуют – массой 1,5 г и более, которые должны иметь новые сорта [5].

При целенаправленном отборе среди перспективных форм не выявлено особей с очень крупными ядрами, а с крупными ядрами отобрано всего 0,88 % (рисунок 2). Особей с массой ядра 1,5 г и более не обнаружено. Здесь преобладали орехи с ядрами категории «мелкие» – 58,41 %. По результатам комплексной оценки в числе лучших оказались только формы, имеющие средние и мелкие ядра. Отсутствие плодов с массой 1,5 г и более указывает на необходимость проведения селекционных работ с привлечением соответствующей инорайонной геноплазмы. В местной популяции такой материал не выявлен.

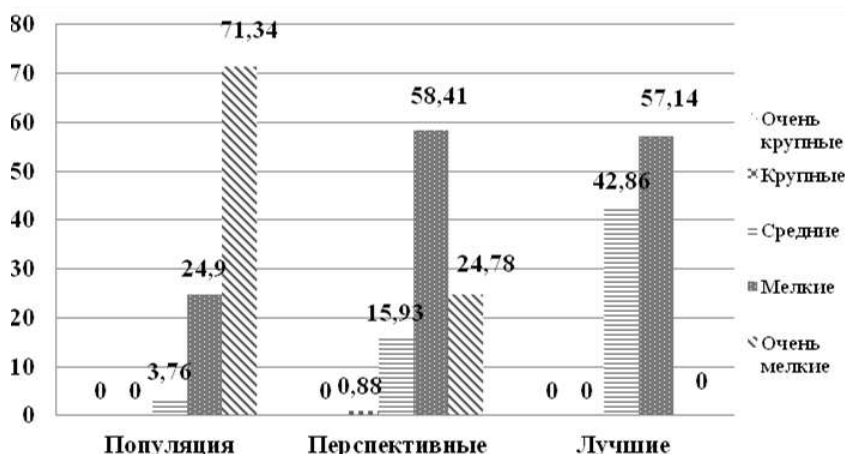


Рисунок 2 – Распределение селекционных категорий плодов лещины в популяции у перспективных и лучших форм по массе ядра, в %

Выход ядра. Определяется из соотношения массы ядра к массе ореха и выражается в процентах. В изучаемой популяции он имеет невысокое значение – $37,39 \pm 0,26$ %. Медиана – 37,5 – близка к средней, однако мода имеет большую величину – 38,53. Существенность асимметрии, равной 1,00, указывает на нормальное распределение признака. Однако оценка нормального распределения при $\chi^2_{\text{факт}}=49,5$ и $\chi^2_{\text{ст0,001}}=27,88$ отвергает гипотезу. Очевидно, признак имеет распределение отличное от нормального (рисунок 3).

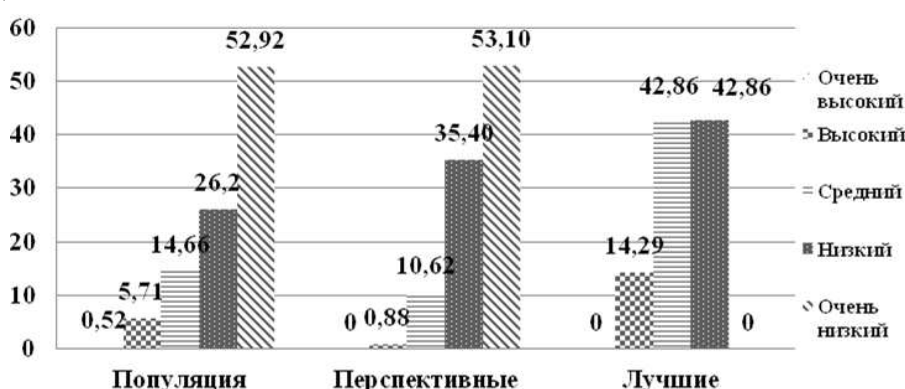


Рисунок 3 – Распределение селекционных категорий плодов лещины в популяции у перспективных и лучших форм по выходу ядра, в %

По селекционным категориям в популяции преобладают особи с очень низким выходом ядра (38 % и менее). Их величина превышает половину выборки – 52,92 %. Новые сорта должны иметь выход ядра 45 % и более. Подобных особей с высоким (46,7...53,9 %) и очень высоким выходом ядра (54 % и более) в популяции крайне мало – 5,71 и 0,52 % соответственно.

Среди перспективного генофонда отсутствовали формы с очень высоким выходом ядра, а на растения с высоким выходом пришлось всего 0,88 % от общего количества. Почти все лучшие формы (за исключением формы 18) имели выход ядра не ниже, чем у районированного сорта. Отбор генофонда по данному показателю может быть перспективен в местной популяции.

Общий балл качества плодов. Данный показатель является интегрированным и представляет сумму балльной оценки 11 хозяйственно-ценных признаков плодов лещины (рисунок 4).

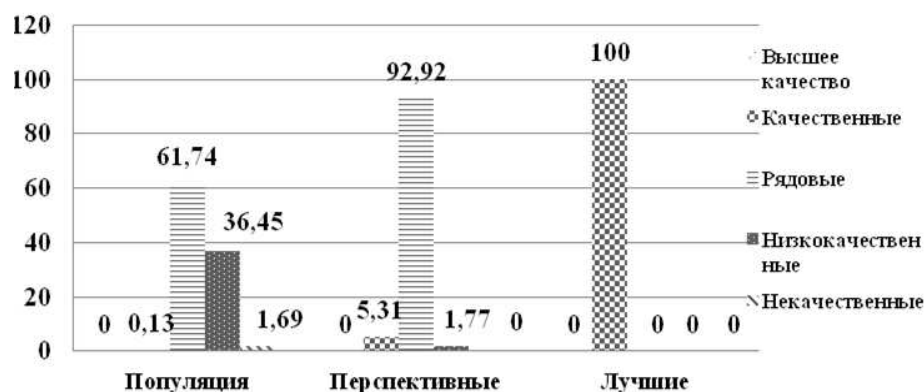


Рисунок 4 – Распределение селекционных категорий плодов лещины в популяции у перспективных и лучших форм по общему баллу качества плодов, в %

В популяции его среднее значение составило $34,63 \pm 0,16$ балла. По существующей классификации это соответствует селекционной категории «рядовые» (33...42,9 балла). Мода и медиана, равные 36,18 и 35,33 соответственно, различаются между собой и от среднего арифметического. Отношение асимметрии к её ошибке равно 5,11, что указывает на левостороннюю асимметрию. В популяции не выявлены плоды «высшей» категории качества (53 балла и более), а «качественные» (43-52,9 балла) составили 0,13 % от всей выборки, т.е. плоды таких категорий в популяции в первом случае не установлены, а во втором крайне редки.

Целенаправленный отбор также не привёл к выявлению особей с плодами высшей категории, а качественных среди перспективного генофонда оказалось 5,31 %. Основная масса 92,92 % была представлена формами с плодами рядового качества (33...42,9 балла). Все 7 форм, выделенные в качестве лучших, имели плоды категории «качественные». Такая оценка связана с небольшой по массе величиной плодов и ядер у местных форм. Из этого следует, что улучшение местного генофонда будет связано с селекционными работами, направленными в первую очередь на получение растений с этими более высокими показателями.

Сравнение показателей трёх лучших выделенных форм 2, 4, 17 с районированным сортом Черкесский-2 показало, что их общая оценка превосходит его на 0,1...2,59 балла. Другие лучшие формы – 5, 7, 18, 23 имеют меньший на 0,07...3,55 балл ценности, но превышают сорт по массе плода на 0,3 г (формы 5, 18); массе ядра – на 0,08 г (форма 5); выходу ядра – на 1,87 % (форма 7). Из этого можно предположить, что в популяции возможен отбор форм, не уступающих или несколько превосходящих по общей ценности и отдельным показателям районированный сорт. По сравнению с сортами будущего общий балл ценности у лучших форм ниже на 2,89...9,03 балла. Увеличение массы ядра у лучших форм до 1,5 г и более будет сопровождаться возрастанием массы орехов и общей ценности до 55...56 баллов, что соответствует показателям будущих сортов.

Заключение. В популяции лещины на Северо-Западном Кавказе преобладают «очень мелкие» по массе плоды и отсутствуют «очень крупные». Распределение орехов по этому показателю имеет правостороннюю асимметрию. В селекционном отношении в популяции преимущественно произрастают особи с ядрами категории «очень мелкие» и отсутствуют крупноядерные формы. Средний выход ядра у лещины в изучаемой популяции очень низкий – $37,39 \pm 0,26$ %. Растений, имеющих плоды с очень высоким выходом ядра, не выявлено. По общему баллу качества плодов популяция имеет орехи селекционной категории «рядовые». В местной популяции имеются отдельные формы, несколько превышающие районированный сорт по общей ценности, а по отдельным показателям плодов не уступающие будущим сортам. Создание сортов будущего с использованием лучшего местного генофонда целесообразно ориентировать на увеличение массы ядра и ореха лещины.

Библиографический список

1. Вавилов, Н. И. Теоретические основы селекции растений. Том 1 Общая селекция растений [Текст]/ Н. И. Вавилов. – М.-Л.: Гос. изд-во сельскохозяйственной совхозной и колхозной литературы, 1935. – 1043 с.
2. Лакин, Г. Ф. Биометрия [Текст]/ Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
3. Лесные плодовые виды Северо-Западного Кавказа [Текст]/ Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова, М. И. Уджуху и др. – Майкоп: ООО «Качество», 2010. – 192 с.
4. Некоторые программные и методические аспекты селекции лещины (фундука) на Западном Кавказе [Текст]/ С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких, Э. К. Пчихачев и др. // Новые технологии. – 2016. – № 4. – С. 103-109.
5. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года [Текст]/ под общ. ред. Е. А. Егорова. – Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2013. – 202 с.
6. Программа и методика селекции и сортоизучения орехоплодных культур [Текст]/ Ф. Л. Щепотьев, В. И. Чебанов, В. М. Образцов и др. – Воронеж, 1976. – 57 с.
7. Сухоруких, Ю. И. Полиморфизм качественных признаков лещины обыкновенной на Северо-Западном Кавказе [Текст]/ Ю. И. Сухоруких, С. Г. Биганова // Новые технологии. – № 3. – С. 115-123.
8. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве [Текст]/ под ред. Е. А. Егорова. – Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2012. – 569 с.
9. Теория статистики [Текст]/ Р. А. Шмойлова, В. Г. Минашкин, Н. А. Садовникова и др. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.
10. Bregaglio, S. Development and evaluation of new modelling solutions to simulate hazelnut (*Corylus avellana* L.) growth and development / S. Bregaglio, F. Orlando, E. Forni // Applied Ecological modeling. – 2016. – № 329. – P. 86-99.
11. Ustaoglu, B. The effects of climate change on spatiotemporal changes of hazelnut (*Corylus avellana*) cultivation areas in the Black Sea region, Turkey / B. Ustaoglu, M. Karaca // Applied Ecology and environmental research. – 2014. – № 12(2). – P. 309-324.

References

1. Vavilov, N. I. Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij. Tom 1 Obschaya selekciya rastenij [Текст]/ N. I. Vavilov. - M.-L.: Gos. izd-vo sel'skohozyajstvennoj sovhoznoj i kolhoznoj literatury, 1935. - 1043 p.
2. Lakin, G. F. Biometriya [Текст]/ G. F. Lakin. - M.: Vysshaya shkola, 1990. - 352 p.
3. Lesnye plodovye vidy Severo-Zapadnogo Kavkaza [Текст]/ Yu. I. Suhorukih, S. G. Biganova, M. I. Udzhuhu i dr. - Majkop: ООО "Kachestvo", 2010. - 192 p.
4. Nekotorye programmnye i metodicheskie aspekty selekcii leschiny (funduka) na Zapadnom Kavkaze [Текст]/ S. G. Biganova, Yu. I. Suhorukih, Je. K. Pchihachev i dr. // Novye tehnologii. - 2016. - № 4. - P. 103-109.

5. Programma Severo-Kavkazskogo centra po selekcii plodovyh, yagodnyh, cvetochno-dekorativnyh kul'tur i vinograda na period do 2030 goda [Tekst]/ pod obsch. red. E. A. Egorova. - Krasnodar: SKZNIISiV, 2013. - 202 p.
6. Programma i metodika selekcii i sortoizucheniya orehoplodnyh kul'tur [Tekst]/ F. L. Schepot'ev, V. I. Chebanov, V. M. Obrazcov i dr. - Voronezh, 1976. - 57 p.
7. Suhorukih, Yu. I. Polimorfizm kachestvennyh priznakov leschiny obyknovnoy na Severo-Zapadnom Kavkaze [Tekst]/ Yu. I. Suhorukih, S. G. Biganova // Novye tehnologii. - № 3. - P. 115-123.
8. Sovremennye metodologicheskie aspekty organizacii selekcionnogo processa v sadovodstve i vinogradarstve [Tekst]/ pod red. E. A. Egorova. - Krasnodar: SKZNIISiV, 2012. - 569 p.
9. Teoriya statistiki [Tekst]/ R. A. Shmojlova, V. G. Minashkin, N. A. Sadovnikova i dr. - M.: Finansy i statistika, 2004. - 656 p.
10. Bregaglio, S. Development and evaluation of new modelling solutions to simulate hazelnut (*Corylus avellana* L.) growth and development / S. Bregaglio, F. Orlando, E. Forni // Applied Ecological modeling. – 2016. – № 329. – P. 86-99.
11. Ustaoglu, B. The effects of climate change on spatiotemporal changes of hazelnut (*Corylus avellana*) cultivation areas in the Black Sea region, Turkey / B. Ustaoglu, M. Karaca // Applied Ecology and environmental research. – 2014. – № 12(2). – P. 309-324.

E-mail: drsuchor@rambler.ru

УДК 631.95

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-19

**ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ Р. ВОЛГИ НА МИГРАЦИЮ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ**
**INFLUENCE OF SPRING FLOOD OF THE VOLGA RIVER ON THE MIGRATION
OF HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN**

Н.В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук

А.В. Кудряшов, зав. лабораторией

А.А. Баканева, младший научный сотрудник

Е.В. Хюпинина младший научный сотрудник

N.V. Tyutyuma, A.V. Kudryashov, A.A. Bakaneva, E.V. Hupinina

Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия,

Астраханская область, Черный район, с. Соленое Займище

Caspian Research Institute of Arid Agriculture

Волго-Ахтубинская пойма является уникальной природной экосистемой. Наличие лесных массивов, водно-болотных угодий, заливных лугов, прибрежных песчаных пляжей, а также высокое разнообразие флоры и фауны обуславливают высокую рекреационную и народнохозяйственную ценность данной территории. Основной вид деятельности человека - сельскохозяйственный, аграрный. Именно это в последнее столетие резко меняет значение Волго-Ахтубинской поймы, это уже не просто экосистема, а агроэкосистема. Поэтому в 2015...2017 гг. в ФГБНУ «ПНИИАЗ» проводился мониторинг влияния агроэкосистем на экологическое состояние почвы территории Волго-Ахтубинской поймы. По результатам трехлетних исследований было выявлено, что на химический состав почв и лугово-пастбищной растительности Волго-Ахтубинской поймы оказывает влияние весенне-летнее половодье, ведущее к уменьшению концентрации поллютантов. После половодья содержание тяжелых металлов в почве на всех исследованных участках снизилось, в том числе железа – в 2,7...2,9 раз или на 65,2 %, марганца – в 1,3...1,8 раз или на 45,8 %, свинца – в 3,9...5,7 раз или на 32...82 % по участкам. Содержание остальных тяжелых металлов, кроме кобальта и кадмия, уменьшилось в 1,0...2,7 раза. Содержание кобальта увеличилось на 4 %, кадмия – на 5 %.

The Volga-Akhtuba floodplain is a unique natural ecosystem. The presence of forests, wetlands, floodplain meadows, coastal sandy beaches, as well as a high diversity of flora and fauna determine the high recreational and national economic value of this territory. The main type of human activity is agri-

cultural, agrarian. It is this that in the last century dramatically changes the importance of the Volga-Akhtuba floodplain, it is not just an ecosystem, but an agroecosystem. Therefore, in 2015...2017, the monitoring of the influence of agroecosystems on the ecological condition of the soil of the territory of the Volga-Akhtuba floodplain was conducted at the FGIBNU «PNIAZ». According to the results of three-year studies, it was found that the chemical composition of soils and meadow-pasture vegetation of the Volga-Akhtuba floodplain is influenced by spring-summer high water, which leads to a decrease in the concentration of pollutants. After high water, the content of heavy metals in the soil in all the sites studied decreased, including iron – 2,7...2,9 times or 65,2 %, manganese – 1,3...1,8 times or 45,8 %, lead - in 3,9-5,7 times or on 32...82 % on sites. The content of other heavy metals except cobalt and cadmium decreased by 1,0...2,7 times. The content of cobalt - increased by 4 %, cadmium – by 5 %.

Ключевые слова: Волго-Ахтубинская пойма, загрязнения почвы металлами, свинец, кадмий, железо, никель, кобальт, весеннее половодье, тяжелые металлы, миграция тяжелых металлов.

Key words: Volga-Akhtuba floodplain, soil contamination with metals, lead, cadmium, iron, nickel, cobalt, spring flood, heavy metals, migration of heavy metals.

Введение. Одним из главных индикаторов окружающей среды является почва. Атмосферные осадки, поверхностные отходы загрязняют почву. Также существенная часть загрязнителей вносится в почвенный слой при помощи почвенных пород и подземных вод [1]. Тяжелые металлы – биохимически активные элементы, которые входят в круговорот органических веществ и воздействуют в основном на объекты живой природы. Тяжелыми металлами считают следующие элементы: цинк, никель, свинец, кадмий, медь, кобальт и некоторые другие [5]. К группе тяжелых металлов относятся все цветные металлы, плотность которых превышает плотность железа. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности объектов живой природы эти элементы необходимы, но в определенных количествах. Ведь их избыточное количество в организмах приводит к тяжелым заболеваниям и даже гибели.

Выделяют четыре категории загрязнения земель тяжелыми металлами, которые учитывают в сельском хозяйстве: допустимая; умеренно опасная; высоко-опасная; чрезвычайно опасная. Также существуют 3 класса опасности тяжелых металлов. Самыми опасными (по мнению Всемирной организации здравоохранения) считаются свинец, ртуть и кадмий. Но и повышенное содержание других тяжелых металлов также опасно для здоровья человека. Накопление тяжелых металлов в почве влечет за собой тяжелые последствия для состояния здоровья человека и окружающей среды в целом [7].

Щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия, определяющие разнообразные почвенно-геохимические обстановки, влияют на миграцию тяжелых металлов в почвах. Почвы, в которых создаются условия промывного и периодически промывного режимов, выделяются в особую группу, в которой происходит вынос тяжелых металлов из профиля. Отличается от остальных и геохимическая обстановка миграции тяжелых металлов в почвах речных пойм, где в условиях высокой обводненности значительно увеличивается подвижность химических элементов и соединений. Специфика геохимических процессов в таких почвах обуславливается чаще всего сильно выраженной сезонностью смены окислительно-восстановительных условий. Это объясняется особенностями гидрологического режима рек: длительностью весеннего половодья, наличием или отсутствием осеннего паводка, характером меженного периода. Продолжительность периода затопления половодьем пойменных террас определяет преобладание либо окислительно-восстановительных (долгопоемный режим), либо окислительных (кратковременное затопление поймы) условий [6, 8].

Волго-Ахтубинская пойма является такой уникальной природной экосистемой. Наличие лесных массивов, водно-болотных угодий, заливных лугов, прибрежных песчаных пляжей, а также высокое разнообразие флоры и фауны обуславливают высокую рекреационную и народнохозяйственную ценность данной территории.

Основной вид деятельности человека – сельскохозяйственный, аграрный. Именно это в последнее столетие резко меняет значение Волго-Ахтубинской поймы, и она уже не просто экосистема, а агроэкосистема.

Именно всевозрастающее антропогенное воздействие на пойменную экосистему, связанное с изменениями природно-климатических условий, зарегулированием стока, распашкой и сенокошением, выпасом скота, рекреационными нагрузками, вызывает нежелательные экологические последствия – снижение защитных функций пойменных лесов, лугов и озер, уменьшение их эстетичной и кормовой ценности и, в результате, постепенную деградацию [4, 11, 14]. Эти негативные процессы особенно очевидны в местах массового использования и посещения лугово-лесных массивов, а также в непосредственной близости от населенных пунктов. Поэтому в 2013 году с целью сохранения биоресурсов Волго-Ахтубинской поймы, по инициативе ФГБНУ «ПНИИ-АЗ» и его непосредственном участии на территории Волго-Ахтубинской поймы был создан национальный природный парк «Волго-Ахтубинское междуречье», состояние территории которого изучается учеными института.

Материалы и методы. В 2015...2017 гг. в ФГБНУ «ПНИИАЗ» проводился мониторинг влияния агроэкосистем на экологическое состояние почвы территории Волго-Ахтубинской поймы. Для этого проводился анализ почвы на содержание тяжелых металлов по сезонам года (весной, летом и осенью). Определение тяжелых металлов было выполнено атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре фирмы Hitachi AAS 180-50 с пламенной атомизацией. Анализ взятых проб был произведен на базе лаборатории кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технологического университета. Определение валового содержания микроэлементов в почве производилось согласно методике ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 [12, 10]. Каждую пробу определяли на наличие свинца, кадмия, кобальта, никеля, марганца, меди, цинка, железа и хрома. Отбор проб почвы проводился по ГОСТ 28168-89 [9].

Мониторинговые исследования почв проводились на территории Волго-Ахтубинской поймы Енотаевского и Черноярского районов в поймах сел: Зубовка, Солёное Займище и Грачи.

Результаты и обсуждение. С каждым годом увеличивается антропогенное воздействие и загрязнение, распространяемое на всю экосистему поймы, создаются принципиально новые условия для существования, отличные от тех, к которым в течение тысячелетий были адаптированы растения, животные и человек. Химический состав почвы и растений пойменных участков позволяет оценить характер геохимической и техногенно-химической миграции веществ, прежде всего микроэлементов на затопляемых территориях.

В то же время развитие луговодства в современных условиях предполагает максимальную мобилизацию сенокосно-пастбищных угодий, расположенных на пойменных землях, так как это источник получения дешевых кормов, а также они имеют большое ресурсное значение в качестве кормовой базы животноводства и сбора лекарственного сырья [2]. Изучение химического состояния почв и растений пойм, процессов аккумуляции различных веществ позволяет решать экологические проблемы, связанные с антропогенным загрязнением речных бассейнов, и определением их качества [3, 15]. Результаты анализа тяжелых металлов в почве представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Среднее валовое содержание тяжелых металлов в почве по сезонам года, мг/кг, ФГБНУ «ПНИИАЗ», среднее за 2015-2017 гг.

Металлы, мг/кг	ПДК, мг/кг	Период	Участок 1 с. Зубовка	Участок 2 с. Соленое Займище	Участок 3 с. Грачи	Превышение ПДК по участкам		
						1	2	3
Zn	70	Весна	73,57	83,89	85,04	3,57	13,89	15,04
		Лето	26,82	42,74	37,53	-	-	-
		Осень	59,56	69,80	70,98	-	-	0,98
Pb	30	Весна	14,52	11,76	13,17	-	-	-
		Лето	2,54	7,99	3,43	-	-	-
		Осень	18,32	18,24	16,35	-	-	-
Cd	3	Весна	0,43	0,45	0,36	-	-	-
		Лето	0,33	0,65	0,48	-	-	-
		Осень	0,34	0,35	0,39	-	-	-
Ni	58	Весна	31,16	40,60	52,29	-	-	-
		Лето	28,69	42,82	38,43	-	-	-
		Осень	50,28	58,06	53,12	-	0,06	-
Cu	28	Весна	13,65	15,13	21,21	-	-	-
		Лето	9,31	14,36	12,29	-	-	-
		Осень	16,68	21,11	19,30	-	-	-
Co	25	Весна	7,95	8,33	7,02	-	-	-
		Лето	7,56	13,2	11,38	-	-	-
		Осень	12,74	17,74	17,98	-	-	-
Cr	120	Весна	20,95	30,49	41,72	-	-	-
		Лето	13,31	19,43	17,02	-	-	-
		Осень	29,17	27,25	25,71	-	-	-
Fe	500	Весна	2255,1	2233,3	2286,0	1755,1	1733,3	1786
		Лето	780,7	807,84	800,87	280,7	307,84	300,87
		Осень	2524,4	2566,2	2192,1	2024,4	2066,2	1692,1
Mn	800	Весна	180,4	296,7	249,9	-	-	-
		Лето	132,7	160,63	142,9	-	-	-
		Осень	206,26	318,80	333,39	-	-	-

Сравнение химического состава проб показало, что после половодья содержание тяжелых металлов в пойменной почве всех исследованных участков ниже, чем до паводка.

В пробах почв, отобранных после затопления поймы, значительно снижается концентрация железа (в 2,7...2,9 раз или на 65,2 %), марганца (1,3...1,8 раз или на 45,8 %), свинца (3,9...5,7 раз или на 32-82 % по участкам). Содержание остальных тяжелых металлов кроме кобальта и кадмия уменьшается в 1,0...2,7 раза. Содержание кобальта на двух участках после паводка увеличилось на 4 %, кадмия – на 5 %. Затем, в течение лета, происходит повторное загрязнение почв и содержание ТМ в почвах возвращается к своим весенним показателям.

По суммарному показателю загрязнения (Z_c) пойменные почвы ключевых участков соответствовали допустимой категории загрязнения, (Z_c) не превышая 16 [12].

Заключение. В итоге, по трехлетним исследованиям можно сделать вывод о том, что на химический состав пойменных почв и лугово-пастбищной растительности исследуемых участков, расположенных в Волго-Ахтубинской пойме Астраханской области, оказывает влияние весенне-летнее половодье, ведущее к уменьшению концен-

трации поллютантов. Паводковые воды растворяют микроэлементы в почве и способствуют их миграции. После половодья содержание тяжелых металлов в почве на всех исследованных участках снизилось, в том числе железа – в 2,7...2,9 раз или на 65,2 %, марганца – в 1,3...1,8 раз или на 45,8 %, свинца – в 3,9...5,7 раз или на 32...82 % по участкам. Содержание остальных тяжелых металлов кроме кобальта и кадмия уменьшилось в 1,0...2,7 раза. Содержание кобальта увеличилось на 4 %, кадмия – на 5 %. Исходя из анализа, концентрация тяжелых металлов в почве и растительности Волго-Ахтубинской поймы имеет следующий убывающий ряд: Fe>Mn>Zn>Ni>Cr>Cu>Pb>Co>Cd.

Таким образом, сложившая экологическая ситуация на Волго-Ахтубинской пойме требует жесткой регламентации потребительской деятельности человека в сторону восстановления экологического равновесия этой уникальной территории и биоресурсного донора Нижней Волги и Северного Прикаспия.

Библиографический список

1. Бармин, А.Н. К классификации почв Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги [Текст]/ А.Н. Бармин., А.Н. Мармилов. – Астрахань: Изд.-во АГПУ, 2000. – С. 6.
2. Бердникова, А. В. Содержание цинка, марганца и меди в почвах Астраханской области [Текст]/ А. В. Бердникова // Природные условия и ресурсы Нижнего Поволжья /Волгоград. пед. ин-т им. А. С. Серафимовича. – Волгоград, 1981. – С. 112-117.
3. Год экологии на Нижней Волге [Текст]: сборник научных статей / Сост. А.С. Овчинников, В.П. Зволинский, В.Ф. Зайцев и др. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – 304 с.
4. Зайцев, В.Ф. Оценка состояния Волго-Ахтубинской поймы по содержанию тяжелых металлов в почве и растительности [Текст]/ В.Ф. Зайцев, Л.П. Рыбашлыкова, С.В. Конов // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции / ФГБНУ ПНИИАЗ. – с. Соленое Займище, 2017. – С. 11.
5. Краткий словарь современных понятий и терминов [Текст]/ В.А. Макаренко, Н.Т. Бунимович, Г.Г. Жаркова и др. – 2-е изд. – М.: Республика, 1995. – 490 с.
6. Ковда, В.А. Биогеохимия почвенного покрова [Текст]/ В.А. Ковда. – М.: Наука, 1985. – 263 с.
7. Оценка степени опасности загрязнения почв по комплексному показателю нарушенного геохимического поля [Текст]/ С.Г. Выборов, А.И. Павелко, В.Н. Щукин и др. //Современные проблемы загрязнения почв: междунар. науч. конф. – М., 2004. – С. 195-197.
8. Позняк, С.С. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах и растительности Центральной зоны Республики Беларусь [Текст]/ С.С. Позняк // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2011. – Вып. 1. – С. 254-264.
9. Почвы. Отбор проб [Текст]: ГОСТ 28168-89. – М.: Стандартинформ, 2008. – 7 с.
10. ПНДФ 16.2.2:2.3.71-2011. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами [Текст]. – М.: Изд-во «ФБУ ФЦАО», 2011. – 42 с.
11. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gidrogel.ru/ecol/hv_met.htm#table2.
12. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. ГОСТ 30178-96. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30178-96>.

13. Тютюма, Н.В. Влияние паводков р. Волга на развитие процессов естественных водно-болотных угодий Волго-Ахтубинской поймы (2015-2016 гг.) [Текст]/ Н.В.Тютюма, С.В. Конеv // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2016. – №3. – С. 47-50.

14. Cottenie, A. Plant quality response to uptake of polluting elements / A. Cottenie, A. Dhaese, R. Camerlynck // Qual. Plant. – 2006. – V.26. – № 1–3. – P. 293-319.

15. Schnetzer, H.L. Auswirkung von Klarschlamm and Klarchlamm compost auf den Schwermetallgehalt von Futterpflanzen im Gefäßversuch / H.L. Schnetzer, A. Chetelat, J.-M. Besson // Landwirtschaftliche Forschung. – 2000. – V.36. – P. 343-352.

Reference

1. Barmin, A. N. K klassifikacii pochv Volgo-Ahtubinskoj pojmy i del'ty Volgi [Tekst]/ A. N. Barmin., A. N. Marmilov. - Astrahan': Izd. - vo AGPU, 2000. - P. 6.

2. Berdnikova, A. V. Soderzhanie cinka, marganca i medi v pochvah Astrahanskoj oblasti [Tekst]/ A. V. Berdnikova // Prirodnye usloviya i resursy Nizhnego Povolzh'ya /Volgog. ped. in-t im. A. S. Serafimovicha. - Volgograd, 1981. - P. 112-117.

3. God jekologii na Nizhnej Volge [Tekst]: sbornik nauchnyh statej / Sost. A. S. Ovchinnikov, V. P. Zvolinskij, V. F. Zajcev i dr. - Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. - 304 p.

4. Zajcev, V. F. Ocenka sostoyaniya Volgo-Ahtubinskoj pojmy po sodержaniyu tyazhelyh metallov v pochve i rastitel'nosti [Tekst]/ V. F. Zajcev, L. P. Rybashlykova, S. V. Konev // Nauchno-prakticheskie puti povysheniya jekologicheskoy ustojchivosti i social'no-jekonomicheskoe obespechenie sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / FGBNU PNIAZ. - s. Solenoe Zajmische, 2017. - P. 11.

5. Kratkij slovar' sovremennyh ponyatij i terminov [Tekst]/ V. A. Makarenko, N. T. Bunimovich, G. G. Zharkova i dr. - 2-e izd. - M.: Respublika, 1995. - 490 p.

6. Kovda, V. A. Biogeohimiya pochvennogo pokrova [Tekst]/ V. A. Kovda. - M.: Nauka, 1985. - 263 p.

7. Ocenka stepeni opasnosti zagryazneniya pochv po kompleksnomu pokazatelyu narushennogo geohimicheskogo polya [Tekst]/ S. G. Vyborov, A. I. Pavelko, V. N. Schukin i dr. //Sovremennye problemy zagryazneniya pochv: mezhdunar. nauch. konf. - M., 2004. - P. 195-197.

8. Poznyak, S. S. Fonovoe sodержanie tyazhelyh metallov v pochvah i rastitel'nosti Central'noj zony Respubliki Belarus' [Tekst]/ S. S. Poznyak // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki. - 2011. - Vyp. 1. - P. 254-264.

9. Pochvy. Otbor prob [Tekst]: GOST 28168-89 . - M.: Standartinform, 2008. - 7 p.

10. PNDF 16.2.2:2.3.71-2011. Kolichestvennyj himicheskij analiz pochv. Metodika izmerenij massovyh dolej metallov v osadkah stochnyh vod, donnyh otlozheniyah, obrazcah rastitel'nogo proisxozhdeniya spektral'nymi metodami [Tekst]. - M.: Izd-vo «FBU FCAO», 2011. - 42 p.

11. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veschestv v pochve [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: http://www.gidrogel.ru/ecol/hv_met.htm#table2.

12. Syr'e i produkty pischevye. Atomno-absorbcionnyj metod opredeleniya toksichnyh jelementov. GOST 30178-96. [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30178-96>.

13. Tyutyuma, N. V. Vliyanie pavodkov r. Volga na razvitie processov estestvennyh vodno-bolotnyh ugodij Volgo-Ahtubinskoj pojmy (2015-2016 gg.) [Tekst]/ N. V. Tyutyuma, S. V. Konev // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. - 2016. - №3. - P. 47-50.

14. Cottenie, A. Plant quality response to uptake of polluting elements / A. Cottenie, A. Dhaese, R. Camerlynck // Qual. Plant. – 2006. – V.26. – № 1–3. – P. 293-319.

15. Schnetzer, H.L. Auswirkung von Klarschlamm and Klarchlamm compost auf den Schwermetallgehalt von Futterpflanzen im Gefäßversuch / H.L. Schnetzer, A. Chetelat, J.-M. Besson // Landwirtschaftliche Forschung. – 2000. – V.36. – P. 343-352.

E-mail: pniaz@mail.ru

**СОЧЕТАНИЕ ОСНОВНЫХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ТРАВСТОЕВ
*GALEGA ORIENTALIS LAM*****COMBINATION OF MAJOR ADJUSTABLE FACTORS FOR THE FORMATION OF
HIGH-PRODUCTIVE GRASSES *GALEGA ORIENTALIS LAM*****Т.Н. Дронова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Н.И. Бурцева**, кандидат сельскохозяйственных наук**М.И. Карпов**, кандидат сельскохозяйственных наук**О.В. Головатюк**, аспирант**T.N. Dronova, N.I. Burtseva, M.I. Karpov, O.V. Golovatyuk***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград**All-Russian scientific-research institute of irrigated agriculture, Volgograd*

Представлены результаты многолетних исследований по влиянию основных приемов возделывания на продуктивное долголетие нетрадиционной для Нижнего Поволжья культуры козлятника восточного. Установлено, что оптимизация условий водного и пищевого режимов почвы за счет поддержания заданных порогов увлажнения (70 и 80 % НВ) и внесения полного удобрения, рассчитанного на запланированные уровни урожайности, обеспечивает в условиях сухого и жаркого климата региона формирование 4 укосов козлятника с выходом биомассы по годам жизни в пределах от 20-30 до 70-80 т/га зеленой массы в течение 5 лет произрастания с незначительным снижением продуктивности на посевах 6-7 годов. При 7-летнем пребывании на поле козлятник восточный накапливает до 12,4-15,0 т/га органики с содержанием до 330 кг азота, 95 фосфора, 205 кг/га калия. Максимальную биомассу козлятник формировал на посевах третьего и четвертого годов жизни – 36,1...79,0 т, с незначительным снижением на 5-й и 6-й годы жизни – 26,2...68,0 т/га зеленой массы. Наибольшей продуктивностью во все годы жизни и по всем вариантам опыта отличались посевы козлятника сорта Магистр. Биомасса козлятника характеризовалась высокой питательностью: на удобренных вариантах в ней содержалось 0,75...0,78 к. ед., 183...193 г переваримого протеина и 10,45...10,55 МДж обменной энергии.

The results of many years of research on the influence of the main methods of cultivation on the productive longevity of the culture of "Galega orientalis Lam", non-traditional for the Lower Volga region, are presented. It has been established that optimization of the conditions of the water and food regimes of the soil due to the maintenance of the specified moistening horns (70 and 80% HB) and the introduction of full fertilizer designed for the planned yield levels ensures that in the dry and hot climate of the region the formation of 4 hares with biomass over the years of life ranging from 20-30 to 70-80 t / ha of green mass during 5 years of growth with a slight decrease in productivity on crops of 6-7 years. With a 7-year stay in the field, "Galega orientalis Lam" accumulates up to 12.4-15.0 t / ha of organic matter, with a content of up to 330 kg of nitrogen, 95 phosphorus, 205 kg / ha of potassium. The maximum biomass of "Galega orientalis Lam" was formed on crops of the third and fourth years of life - 36.1-79.0 tons, with a slight decrease of 5 and 6 years of life - 26.2 -68.0 t / ha of green mass. The greatest productivity in all the years of life and all varieties of experience differed crops was "Magistr". The bio-mass of "Galega orientalis Lam" was characterized by high nutritional value: on the fertilized variants it contained 0.75-0.78 kilo units, 183-193 g of digestible protein and 10.45-10.55 MJ of exchangeable energy.

Ключевые слова: козлятник восточный, орошение козлятника восточного, дозы удобрений, динамика густоты стояния, водопотребление козлятника восточного, продуктивность травостоев.

Key words: the culture of «Galega orientalis Lam», irrigation of «Galega orientalis Lam», fertilizer doses, dynamics of plant population, water consumption of «Galega orientalis Lam», herbage productivity.

Введение. Козлятник восточный (*Galega orientalis Lam.*) в последние годы находит все более широкое распространение в различных почвенно-климатических зонах России благодаря чрезвычайному долголетию травостоев, связанному с особенностями вегетативного размножения (свыше 10-12 лет); значительным накоплением органического вещества в почве и улучшением ее плодородия; высоким содержанием в биомассе белка, обменной энергии, аминокислот; способностью формировать ценное сырье для приготовления практически всех видов кормов – сена, сенажа, силоса и др. [1, 6, 7, 11].

В Нижнем Поволжье работы по введению в систему полевого кормопроизводства этого ценного кормового растения ведутся во Всероссийском НИИ орошаемого земледелия, где изучаются оптимальные сочетания условий водного и пищевого режимов почвы, сортового состава и возраста посевов с целью выхода на запланированные уровни урожайности козлятника в пределах 20...80 т/га зеленой массы.

Материалы и методы. Полевые многофакторные опыты закладывали на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ в ФГУП «Орошаемое» Городищенского района.

Почвы опытного участка зональные светло-каштановые, содержание гумуса колеблется в них от 1,52 до 1,70 %, подвижного фосфора – 21...26, обменного калия – 220...290 мг/кг. Плотность корнеобитаемого слоя почвы (0,7 м) составляет 1,34 т/м³, наименьшая влагоемкость – 22,2 %, порозность – 48,4 %.

Определение влияния основных урожаеобразующих факторов на продуктивность козлятника ведется по трем факторам: водный режим почвы (поддержание предполивного порога увлажнения 70 и 80 % НВ; пищевой режим почвы (внесение расчетных доз удобрений на получение разных уровней урожайности по годам жизни травостоев: от 8-10 до 70-80 т/га), сортовой состав: Гале, Магистр, Кривич.

В опытах использовалась дождевальная машина «Бауер» (600...450 м³/га).

Дозы удобрений рассчитывали по методике СХИ и ВНИИОЗ [9] с учетом выноса элементов питания с урожаем, коэффициентов возмещения их и симбиотической азотфиксации. Намеченные наблюдения и исследования вели по общеизвестным методикам [3, 8, 10].

Результаты и обсуждение. При определении динамики густоты стояния растений козлятника выявились следующие основные закономерности:

1. От первого к пятому году жизни шло последовательное увеличение плотности травостоев, максимум достигнут на пятом году жизни: 258...358 против 81...98 шт./м² в год посева. Подобное явление в своих ранее проведенных опытах было отмечено нами [2, 6, 4], а также рядом авторов из других зон [1, 5, 11]. Связано это с замечательной особенностью корневой системы козлятника – давать новые побеги из горизонтальных корневых отпрысков. На посевах шестого и седьмого годов отмечено некоторое снижение густоты стеблестоя (таблица 1.)

Таблица 1 – Динамика густоты стояния козлятника восточного сорта Магистр по годам жизни, 2011...2017 гг.

Фон питания	Густота стояния, шт./м ² побегов						
	годы жизни травостоя						
	1	2	3	4	5	6	7
70 % НВ							
Без удобрений	81	183	242	292	258	202	160
NPК ₁	87	198	290	323	290	230	195
NPК ₂	91	218	330	348	302	275	220
80 % НВ							
Без удобрений	85	195	284	330	300	230	185
NPК ₁	95	200	340	355	340	260	210
NPК ₂	98	233	377	392	358	310	240

2. Улучшение условий водного и пищевого режимов почвы при повышении предполивного порога увлажнения и внесении расчетных доз удобрений способствовало увеличению плотности травостоя козлятника. Так, например, на посевах сорта Магистр пятого года жизни на контроле при поддержании 80 %-ного порога увлажнения густота стояния в среднем составила 300, а при внесении удобрений – 340...358 шт./м², несколько меньшей она была в варианте с поддержанием 70 %-ного порога увлажнения, но тенденция сохраняется (таблица 1).

Суммарный расход воды козлятника посева прошлых лет значительно не изменялся и в среднем за второй – седьмой годы жизни составил на контрольных вариантах без внесения удобрений 5180...5750 м³/га. При внесении расчетных доз удобрений на уровень урожайности 30...50 т/га зеленой массы суммарное водопотребление увеличилось до 5355...5960, на 60...80 т/га – до 5475...6075 м³/га. Таким образом, наиболее высокий расход воды козлятниковым полем отмечен нами в вариантах с получением самых высоких урожаев. При этом доля оросительной воды составляла при поддержании 70 %-ного порога увлажнения 61,2...64,5, 80 % НВ – 69,5...72,4 %, доля атмосферных осадков в общем расходе воды – 16,2...19,2, а запасов почвенной влаги – 10,3...20,7 % (таблица 2).

Таблица 2 – Водный баланс и его структура на посевах козлятника прошлых лет, 2012...2017 гг.

Режим орошения	Пищевой режим	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Структура, %		
			оросительная норма	осадки	использовано из запасов почвенной влаги
70 % НВ	Без удобрений	5180	64,5	19,2	16,3
	НРК ₁	5355	62,5	18,6	18,9
	НРК ₂	5475	61,2	18,1	20,7
80 % НВ	Без удобрений	5750	72,4	17,3	10,3
	НРК ₁	5960	70,0	16,7	13,3
	НРК ₂	6075	69,5	16,2	14,3

Общеизвестна ценность многолетних трав как улучшителя и хранителя почвенного плодородия за счет накопления органических остатков. В наших опытах накопление органики шло с последовательным увеличением от 2,65...3,80 до 6,80...16,20 т/га сухих корней к пятому году жизни. Повышение предполивного порога увлажнения с 70 до 80 % НВ способствовало увеличению запасов органики на 7,2...14,0, а внесение удобрений – на 14,5...23,6 %. Максимально высоким накоплением органики отличался сорт Магистр, его преимущество над другими сортами достоверно по всем годам жизни (таблица 3).

Нами ежегодно определялось содержание НРК в корневой массе козлятника. Полученные данные позволили рассчитать количество элементов питания оставляемых травостоями разных лет. Так, после трехлетнего пребывания на поле с корневыми остатками козлятника в почву поступало 123...242 кг азота, 35...69 фосфора и 81...150 кг/га калия. После пятилетнего использования соответственно 175...355, 80...102 и 116...219 кг, а после семилетнего произрастания – 197...330 кг азота, 56...95 фосфора и 130...205 кг/га калия. При пересчете на стандартные туки можно отметить, что после семилетнего произрастания с органикой козлятника в почву поступает 50...920 кг азота, 90...170 фосфора и 290...450 кг/га калия.

В наших опытах козлятник восточный высевался под покров овса и после уборки покровной культуры формировал один полноценный укос, затрачивая на его образование 40...45 дней при сумме положительных температур 850±30 °С. На посевах про-

шлых лет обычно получали 4 укоса: первый за 65 дней, второй и третий – 40 дней, четвертый – 45 дней, сумма температур в первом укосе составляла в среднем 860 ± 20 °С, во втором, третьем и четвертом – 775 ± 30 °С.

Таблица 3 – Накопление органики посевами козлятника разных лет жизни,
2012-2017 гг.

Фактор 1 (режим орошения)	Фактор 2 (фон питания)	Фактор 3 (сорт)	Сухая масса, т/га по годам жизни			
			1	3	5	7
70 % НВ	Контроль (без удобрения)	Гале		5,15	6,80	6,85
		Магистр	2,65	6,25	8,90	10,00
		Кривич		5,80	8,25	8,40
	NPK ₂	Гале		6,08	9,02	10,00
		Магистр	2,80	7,18	10,00	12,10
		Кривич		6,95	11,00	11,00
80 % НВ	Контроль (без удобрений)	Гале		7,20	9,00	7,15
		Магистр	2,70	9,00	13,05	12,44
		Кривич		8,00	11,16	9,50
	NPK ₂	Гале		9,80	11,20	11,22
		Магистр	3,80	11,00	16,10	15,00
		Кривич		10,54	15,70	11,75

В таблице 4 приведены данные по урожайности козлятника по изучаемым вариантам режимов орошения и фонов питания в среднем по трем сортам. При этом установлены три четкие закономерности изменения продуктивности травостоев:

1. Максимальную продуктивность посева козлятника формировали по всем вариантам опыта к третьему – четвертому году жизни, образуя в сумме за 4 укоса до 71,7...79,0 т/га зеленой массы. Урожайность посевов пятого и шестого годов снижалась до 52,0...68,0, а седьмого года – до 41,5...47,0 т/га зеленой массы.

2. Повышение предполивного порога влажности с 70 до 80 % НВ способствовало формированию большей биомассы. Так, например, на посевах четвертого года жизни урожайность козлятника изменялась в среднем по сортам с 39,3 до 79,0 против 36,1...69,8 т/га на режиме 70 % НВ.

3. Улучшение условий пищевого режима почвы внесением расчетных доз удобрений в сравнении с вариантом естественного плодородия почвы при поддержании 70 %-ного порога увлажнения обеспечивало получение на посевах четвертого года жизни в 1,5...1,9, 80 % НВ – в 1,7-2,0 раза выше, чем на контрольных вариантах (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность козлятника восточного по годам жизни, среднее по сортам

Водный режим	Пищевой режим	Зеленая масса, т/га по годам жизни травостоя						
		1	2	3	4	5	6	7
70 % НВ	Без удобрений	6,5	27,5	35,3	36,1	30,1	26,2	18,0
	NPK ₁	10,8	35,8	53,3	54,1	48,4	42,5	36,0
	NPK ₂	11,4	44,0	71,7	69,8	58,2	52,0	41,5
80 % НВ	Без удобрений	8,4	31,7	38,3	39,3	33,8	29,0	22,0
	NPK ₁	13,9	44,2	62,5	64,8	58,7	50,5	39,5
	NPK ₂	17,3	55,2	79,0	79,0	68,0	55,0	47,0

Изучаемые сорта козлятника: Гале (в Госреестре с 1988 г.), Магистр (с 2000 г.) и Кривич (с 2007 г.) по урожайности можно расположить по возрастному ранжиру. Минимальные урожаи формировали посева сорта Гале всех возрастов, варианты с сортом

Кривич давали на 12,2...21,6 % больше, а максимальную биомассу образовывали посевы сорта Магистр при улучшении условий водного и пищевого режимов почвы – 63,5...83,8 т/га зеленой массы (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние водного и пищевого режимов почвы, сортового состава на продуктивность козлятника посева прошлых лет

Пищевой режим почвы (B)	Сортовой состав (C)	Водный режим (A)					
		70 % НВ			80 % НВ		
		зеленая масса, т/га по годам жизни					
		3	5	7	3	5	7
Без удоб-рений (I)	Гале	31,4	27,2	14,0	38,9	30,3	18,0
	Магистр	36,7	32,5	21,5	42,5	35,5	24,0
	Кривич	38,2	30,6	18,5	32,5	25,2	24,0
NPK (II)	Гале	50,2	43,5	32,5	56,7	50,0	37,5
	Магистр	55,8	52,2	41,0	68,4	62,8	45,5
	Кривич	54,3	54,5	34,5	62,2	55,0	35,5
NPK (III)	Гале	63,9	50,3	39,0	73,6	58,5	44,0
	Магистр	77,8	63,5	47,0	83,8	74,2	51,0
	Кривич	71,7	60,8	43,5	82,4	72,0	46,0

НСР₀₅ А – 5,6...6,5; В – 7,8...8,2; С – 4,2...4,8.

Нами проводился полный химический анализ биомассы козлятника восточного по укосам. Установлено, что по содержанию азота, а следовательно, протеина, главного показателя белковости корма, козлятник превосходит изучаемые ранее культуры, и если в биомассе люцерны, клевера, лядвенца количество азота изменяется от 2,5 до 3,5 %, то у козлятника восточного – от 3,5 до 4,0 % [4].

В качестве примера остановимся на показателях качества биомассы сорта Магистр. Содержание протеина в биомассе в варианте с поддержанием 80 %-ной предположительной влажности почвы на фоне естественного плодородия почвы в среднем по 4 укосам составило 22,0, внесение удобрений повышало этот показатель до 24,06...25,43 %. Количество жира имело также тенденцию к повышению, а клетчатки к снижению: 2,89...3,05 и 22,18...20,80 % (таблица 6).

Таблица 6 – Питательность биомассы козлятника Магистр третьего года жизни на режиме орошения 80 % НВ

Пищевой режим	Содержание в сухой биомассе						
	протеин, %	клетчатка, %	жир, %	БЭВ, %	к. ед.	пер. прот., г/кг	ОЭ, МДж
Без удобрений	22,00	22,18	2,89	34,12	0,71	167	10,15
NPK ₁	24,06	21,67	3,04	34,18	0,75	183	10,45
NPK ₂	25,43	20,80	3,05	33,62	0,78	193	10,55

Биомасса козлятника в наших опытах отличается высоким содержанием кормовых единиц (0,71...0,78) и обменной энергии (10,15...10,55 МДж), что характеризует ее как обогащенный протеином, энергетически насыщенный корм.

Заключение. В результате проведения полевых многофакторных опытов подтверждено соответствие биологических особенностей новой культуры козлятника восточного почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья. Козлятник восточный на орошаемых землях Волгоградской области способен при 5...7-летнем использовании травостоев формировать от 20...30 до 70...80 т/га зеленой массы. Сочетание основных урожаеобразующих факторов для получения таких урожаев обеспечивается

поддержанием предполивной влажности корнеобитаемого слоя не ниже 70...80 % НВ, внесением рассчитанных на запланированные уровни урожайности доз азотно-фосфорно-калийных удобрений и использованием современных районированных сортов козлятника Магистр и Кривич. Посевы этих сортов после 7-летнего использования травостоев оставляют в полуметровом слое почвы 8,25 – 16,10 т/га органики с содержанием 197...330 кг азота, 56...95 фосфора и 130...205 калия.

По питательной ценности биомасса козлятника восточного превосходит другие бобовые травы: содержание кормовых единиц достигает 0,71...0,78, переваримого протеина – 167...193 г, обменной энергии – 10,15...10,55 МДж.

Широкое освоение разработанных учеными ВНИИОЗ элементов технологии возделывания новой высокобелковой культуры в значительной степени будет способствовать обеспечению животноводства региона полноценными и дешевыми кормами, а орошаемые земли и пашню, выведенную из оборота, поможет обогатить органикой и сохранить почвенное плодородие.

Библиографический список

1. Благовещенский, Г.В. Инновационный потенциал бобового разнообразия травостоев [Текст]/ Г.В. Благовещенский // Кормопроизводство. – 2013. – №12. – С. 7-10.
2. Влияние доз удобрений и орошения на продуктивность козлятника восточного в Нижнем Поволжье [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева и др.// Плодородие. – 2015. – №5 (86). – С. 30-32.
3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта [Текст] /Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
4. Дронова, Т.Н. Расширение ассортимента многолетних бобовых трав в решении экологических проблем орошаемого земледелия Нижнего Поволжья [Текст]/Т.Н. Дронова //Пути повышения эффективности аграрной науки в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. / Дагестанский ГАУ. – Махачкала, 2017. – С. 344-349.
5. Капустин, Н.И. Ценные кормовые культуры для Северного и Северо-Западного регионов России [Текст]/ Н.И. Капустин, О.В. Чухина. – Вологда – Молочное, 2014. – 176 с.
6. Кормовая и средообразующая роль многолетних бобовых трав в орошаемых землях Нижнего Поволжья [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева и др. // Вестник РАСХН. – 2016. – №6. – С. 36-39.
7. Максименко, В.П. Галега восточная – реальность и перспектива [Текст]/ В.П. Максименко, А.Н. , Т.Л. Волчкова. – М.: ВНИИГим., 2005. – С. 4-43.
8. Методика полевого опыта в условиях орошения (рекомендации) [Текст]. – Волгоград, ВНИИОЗ, 1983. –150 с.
9. Методические указания по программированию урожаев на орошаемых землях Поволжья [Текст]. – Волгоград: СХИ, ВНИИОЗ, 1984. – 56 с.
10. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [Текст]. – М: ВИК, 1997.– 156 с.
11. Мусаев, М.Р. Продуктивность козлятника восточного на орошаемых землях равнинного Дагестана [Текст]/ М.Р. Мусаев, А.М. Абасова // Проблемы развития АПК региона. – 2015. – №3(23). – С. 47-49.

Reference

1. Blagoveschenskij, G. V. Innovacionnyj potencial bobovogo raznoobraziya travostoev [Tekst]/ G. V. Blagoveschenskij // Kormoproizvodstvo. - 2013. - №12. - P. 7-10.
2. Vliyanie doz udobrenij i orosheniya na produktivnost' kozlyatnika vostochnogo v Nizhnem Povolzh'e [Tekst]/ T. N. Dronova, N. I. Burceva, E. I. Molokanceva i dr.// Plodorodie. - 2015. - №5 (86). - P. 30-32.
3. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] /B. A. Dospehov. - M.: Kolos, 1985. - 351 p.

4. Dronova, T. N. Rasshirenie assortimenta mnogoletnih bobovyh trav v reshenii jekologicheskikh problem oroshaemogo zemledeliya Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ T. N. Dronova // Puti povysheniya jeffektivnosti agrarnoj nauki v usloviyah importozamescheniya: sb. nauch. tr. / Dagestanskij GAU. - Mahachkala, 2017. - P. 344-349.

5. Kapustin, N. I. Cennye kormovye kul'tury dlya Severnogo i Severo-Zapadnogo regionov Rossii [Tekst]/ N. I. Kapustin, O. V. Chuhina. - Vologda - Molochnoe, 2014. - 176 p.

6. Kormovaya i sredobrazuyuschaya rol' mnogoletnih bobovyh trav v oroshaemyh zemlyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ T. N. Dronova, N. I. Burceva, E. I. Molokanceva i dr. // Vestnik RASXN. - 2016. - №6. - P. 36-39.

7. Maksimenko, V. P. Galega vostochnaya - real'nost' i perspektiva [Tekst]/ V. P. Maksimenko, A. N. , T. L. Volchkova. - M.: VNIIGim., 2005. - P. 4-43.

8. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya (rekommendacii) [Tekst]. - Volgograd, VNIPOZ, 1983. -150 p.

9. Metodicheskie ukazaniya po programmirovaniyu urozhaev na oroshaemyh zemlyah Povolzh'ya [Tekst]. - Volgograd: SXI, VNIPOZ, 1984. - 56 p.

10. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami [Tekst]. - M: VIK, 1997. - 156 p.

11. Musaev, M. R. Produktivnost' kozlyatnika vostochnogo na oroshaemyh zemlyah ravninogo Dagestana [Tekst]/ M. R. Musaev, A. M. Abasova // Problemy razvitiya APK regiona. - 2015. - №3(23). - P. 47-49.

E-mail: tam.dronowa@yandex.ru

УДК 633.31./37 : 631.67

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-21

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА СЕМЕННЫХ ПОСЕВОВ
МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ
В ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**ECOLOGICAL PROTECTION OF SEED CROPS
PERENNIAL GRASSES IN IRRIGATED
AGROLANDSCAPES OF THE LOWER VOLGA REGION**

Т.Л. Карпова¹, кандидат биологических наук

Е.В. Комаров², кандидат биологических наук

О.П. Комарова², кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Попов², кандидат сельскохозяйственных наук

T.L. Karpova¹, E.V. Komarov², O.P. Komarova², A.V. Popov²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия

¹Volgograd State Agrarian University

²All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture

В статье приводятся результаты исследований по уточнению видового состава фитофагов и энтомофагов фитояруса и герпетобия по разработке системы защиты посевов многолетних бобовых трав от вредителей. Установлено, что в энтомоценозе многолетних бобовых трав входит 991 вид, в том числе 478 видов фитофагов и 466 – энтомофагов. Среди основных видов фитофагов на посевах многолетних бобовых трав отмечены семееды-тихиусы, люцерновая толстоножка, клопы-слепняки, клубеньковые долгоносики, фитонумы, шелкокрылы и др. Наиболее многочисленными энтомофагами, обитающими в напочвенном ярусе многолетних бобовых трав, являются представители семейства жужелиц. В стеблестое многочисленны хищные клопы: набисы и ориусы, хищные трипсы, жуки и личинки тлевых коровок. Активны перепончатокрылые – представители семейств Ichneumonidae, Pteromalidae, Tetrastichidae, Scelio-

nidae. Рассмотрены подходы к концепции экологической системы защиты семенных посевов многолетних бобовых трав, которая направлена не на уничтожение вредных видов, а на сохранение и поддержание собственной устойчивости агробиосистемы. Предложены экономические пороги вредоносности (ЭПВ) для фитофагов, обитающих в орошаемых агроценозах многолетних бобовых трав. Отмечено, что в условиях орошения ЭПВ возрастают в связи с лучшей водообеспеченностью растений и, как следствие, большей устойчивостью к повреждениям фитофагов. Разработан алгоритм защитных мероприятий при возделывании многолетних бобовых трав в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья. Дана оценка значимости элементов интегрированной защиты растений – агротехническим, биологическим, химическим и организационно-хозяйственным мерам борьбы.

Results of researches on specification of species compositionst of phytophages and entomophages of a phytotier and gerpetobiya, on development of the system of protection of perennial leguminous crops from pests are given in the article. It has been established that the entomocenosis of perennial legume herbs includes 991 species, including 478 species of phytophages, 466 species of entomophages and parasites. Among the main types of phytophages on crops of perennial leguminous grasses, *Tichyus* spp., *Bruchophagus roddi*, carrion bugs, *Sitona* spp, *Phytonomus* spp., Elateridae etc. are noted. The most numerous entomophages living in a ground tier of perennial legume grasses are representatives of Carabidae. There are also numerous predatory bugs – *Nabis* spp. and *Orius* spp., predatory thrips, beetles and larvae of aphids in plant stand. Hymenoptera – representatives of the families Ichneumonidae, Pteromalidae, Tetrastichidae, Scelionidae are active. Approaches to the concept of an ecological system for the protection of seed crops of perennial leguminous grasses, which is directed not to destruction of harmful types, and to preservation and maintenance of inherent stability of agrobiosystem are considered. The economic thresholds of pest damage (ETPD) for phytophages living in irrigated agrocnoses of perennial leguminous grasses are proposed. The algorithm of protective measures in the cultivation of perennial legumes in irrigated agrolandscapes of the Lower Volga region has been developed. An assessment of the importance of the elements of integrated plant protection - agrotechnical, biological, chemical, organizational and economic control measures of fight is given.

Ключевые слова: многолетние бобовые травы, защита растений, насекомые, экономический порог вредоносности, защита семенных посевов

Key words: perennial legumes, plant protection, insects, economic damage threshold.

Введение. Для развития кормовой базы в Нижнем Поволжье большое значение имеют многолетние бобовые травы. Рост посевных площадей под этими культурами в значительной степени сдерживается недостатком семян. Одним из важнейших резервов повышения урожайности семенных посевов является научно обоснованная защита от вредителей и болезней. Необходимость защиты посевов этих культур не подлежит сомнению, поскольку потери от вредных организмов на семенной люцерне могут составлять в отдельные годы, по данным Н.Д. Добрынина и А.Е. Прокопчука [3], до 25-27 %.

Агроценозы многолетних бобовых трав играют важную роль в создании и сохранении экологического равновесия в агроландшафтах. Большинство видов энтомофагов и паразитов зимуют на их посевах. Длительная многолетняя вегетация трав на одном поле, минимальное антропогенное воздействие, формирование благоприятного микроклимата в стеблестое создают оптимальные условия для обитания различных трофических групп насекомых. Многолетние бобовые травы также являются резерватами и накопителями опылителей, энтомофагов и паразитов, что ведет к повышению устойчивости энтомокомплексов в агроценозах [4].

В связи с этим целью наших исследований было определение видового состава энтомофауны в посевах многолетних бобовых трав, уточнение экономических порогов вредоносности фитофагов в условиях орошения, разработка мероприятий по защите посевов многолетних бобовых трав от вредителей.

Материалы и методы. Исследования по изучению фенологии, биологии, динамики численности фитофагов и энтомофагов фитояруса и герпетобионтов в орошаемых агроценозах многолетних бобовых трав проводились нами в ФГУП «Орошаемое» Всероссийского НИИ орошаемого земледелия (г. Волгоград) в 1987-2017 гг. Применяли общепринятые в энтомологии методы учета: кошение энтомологическим сачком, вылов ловушками Барбера, почвенные раскопки [1, 12]. Сборы видового состава насекомых проведены в агроценозах и прилегающих естественных биотопах Нижнего Поволжья.

Результаты и обсуждение. Согласно результатам наших исследований и литературным данным [2, 11, 7, 9, 8], из более чем 1700 видов насекомых, приводимых для Нижнего Поволжья, в энтомоценозе многолетних бобовых трав входит 991 вид, в том числе 478 видов фитофагов.

К одним из самых массовых и опасных фитофагов на посевах многолетних трав в условиях Нижнего Поволжья относятся семееды-тихиусы (*Tychius fjavus* Beck., *T. medicaginis* C. Bris.), люцерновая толстоножка (*Bruchophagus roddi* Guss.), клопы-слепняки (сем. Miridae), клубеньковые долгоносики (*Sitona* spp.), фитономусы (*Phytonomus* spp.), щелкуны (сем. Elateridae) и др.

По данным наших исследований и литературных источников [2, 4, 11, 6, 7, 9], на посевах многолетних бобовых трав обитают 466 видов полезных насекомых, в числе которых 151 вид хищных и 309 паразитических видов.

Наиболее многочисленными в видовом отношении среди энтомофагов, обитающих на посевах многолетних бобовых трав, являются представители семейства жужелиц (*Carabidae*). На посевах зарегистрировано 119 видов этого семейства [6]. Доминируют в этом семействе на полях, по результатам наших исследований, 5 видов: *Calosoma auropunctatum* Hbst., *Poecilus cupreus* L., *Poecilus sericeus* F.-W., *Pseudoophonus rufipes* L., *Harpalus distinguendus* Duft. В наших учетах (методом вылова ловушками Барбера) они составили около 80 %, а среди доминирующих видов 52 % отловленных экземпляров относились к *Calosoma auropunctatum*. Доминантные виды в основном являются активными хищниками (роды *Calosoma*, *Poecilus*), для представителей родов *Pseudoophonus* и *Harpalus* характерно смешанное питание.

В стеблестое наиболее многочисленны хищные клопы: набисы и ориусы (*Nabis ferus* L., *Orius niger* Wolff.), хищный трипс *Aeolothrips intermedius* Bagn., жуки и личинки тлевых коровок (сем. *Coccinellidae*).

Важное значение в семенных посевах многолетних бобовых трав имеют перепончатокрылые. Среди паразитов сем. *Ichneumonidae* наиболее массовым за годы исследований оказался *Bathyplectes curculionis* Thoms., заражавший от 3 до 20 % личинок фитономуса. Виды рода *Pimpla* заражали до 16 % куколок этого вредителя. Из представителей других семейств перепончатокрылых эффективными паразитами главнейших вредителей семенников являлись *Habrocytus microgasteris* Kurd. (сем. *Pteromalidae*) – до 23 % зараженных личинок тихиусов и *Tetrastichus bruchophagii* Ash. (сем. *Tetrastichidae*), поражавший до 47 % личинок люцерновой толстоножки. Яйца люцернового клопа за годы исследований на 3-4 % были заражены видом *Telenomus strelzovi* Vassil. (сем. *Scelionidae*).

Концепция экологической системы защиты семенных посевов многолетних бобовых трав заключается в сохранении и поддержании собственной устойчивости агробиосистемы и направлена не на уничтожение вредных видов, а на «конструирование экологически устойчивых агроэкосистем с задачей фитосанитарной оптимизации агробиоценозов» [5]. Система включает элементы интегрированной защиты растений – комплекс агротехнических, биологических и химических мер борьбы.

В устранении потерь на ранних фазах формирования генеративных органов трав большую роль играет химический метод. Активные меры борьбы с комплексом вредных насекомых в этот период позволяют в значительной степени снизить поврежденность почек и бутонов такими видами вредителей, как люцерновый, свекловичный и полевой клопы, фитонмус и др.

Однако использование химических средств против тихиуса и толстоножки имеет определенную специфику. Их яйцекладка приходится на начало фазы бобообразования. Химические меры борьбы в это время нужно применять очень осторожно и строго регламентированно, поскольку внесение инсектицидов будет происходить в период активной деятельности насекомых-опылителей. Химический метод борьбы в конце цветения люцерны малоэффективен, так как к этому времени заканчивается массовая яйцекладка тихиусов и толстоножки и личинки вредителей развиваются внутри бобиков. Следовательно, в защите семенных посевов многолетних бобовых трав от тихиусов и толстоножки основная роль должна принадлежать нехимическим методам. Разработка нехимических способов защиты посевов актуальна также и для сохранения полезной фауны – энтомофагов и насекомых-опылителей.

Решение этой проблемы возможно путем регуляции численности насекомых-фитофагов с помощью технологических и агротехнических приемов возделывания культур (сроки использования посевов на семена, орошение, внесение удобрений и т.д.).

При таких подходах использование химической защиты посевов оправдано только при превышении фитофагами экономических порогов вредоносности и с обязательным учетом экологических последствий такого применения.

ЭПВ – достаточно относительный показатель, так как на его величину влияют экологические условия, гидротермический режим, нормы высева, густота травостоя, сроки сева, устойчивость сорта, синхронность развития фитофагов и повреждаемой ими культуры, а также численность полезных видов энтомокомплекса. Все эти факторы необходимо учитывать при мониторинговых обследованиях и принятии по его результатам решения о проведении или отмене обработок согласно критерию ЭПВ. Следовательно, для каждого конкретного хозяйства или поля критерии экономических порогов вредоносности могут существенно изменяться. В процентном отношении это изменение может составлять 16-75 %.

В условиях орошения ЭПВ возрастает в связи с лучшей водообеспеченностью растений, которые при этом более устойчивы к вредителям (таблица 1).

Таблица 1 – ЭПВ основных фитофагов в орошаемых агроценозах многолетних бобовых трав

Вид	Фаза роста и развития растений	Экономический порог вредоносности
Клубеньковый долгоносик	Всходы	5-8 экз./м ²
Фитонмус	Отрастание – бутонизация	100 экз./100 взмахов сачком
Тихиус	Стеблевание – бутонизация	8-10 экз./м ²
Люцерновый клоп	То же	100 экз./100 взмахов сачком

Более широко в орошаемых агроценозах должен применяться биологический метод (применение биопрепаратов, энтомофагов и паразитов, мероприятия, направленные на увеличение численности и активности естественных энтомофагов и паразитов). В условиях орошения истребительные мероприятия, как правило, проводятся только на семеноводческих посевах.

Примерный алгоритм разработки защитных мероприятий на орошаемых посевах многолетних бобовых культур представлен в таблице 2. При их применении против насекомых-фитофагов необходимо обязательное проведение мониторинга численности как вредных, так и полезных видов энтомокомплекса и оценки их соотношения на каждом конкретном поле. Мероприятия по защите посевов должны уточняться с учетом особенностей применяемой агротехники, появления новых, более эффективных и современных препаратов защиты растений.

Таблица 2 – Примерные защитные мероприятия при возделывании многолетних бобовых трав в орошаемых условиях

Сроки	Мероприятия	Цель проводимых мер
Ежегодно (профилактические мероприятия)	Использование для закладки семенников только здоровых семян, обязательное проведение нитрагинизации семян; использование посевов на семена не более 2-3 лет, изоляция семенных посевов от фуражных не менее, чем на 1,0-1,5 км	Снижение вредоносности болезней многолетних бобовых трав и накопления вредных насекомых
После уборки предшественника	Полив, провоцирующий прорастание семян сорняков. Лущение и последующая зяблевая вспашка плугом с предплужником	Провоцирование прорастания одно- и многолетних сорняков и уничтожение вредителей
Перед посевом	Заблаговременное протравливание семян. При численности клубеньковых долгоносиков 8-10 экз./м ² использование инсектицидных протравителей или внесение гранулированных инсектицидов* при посеве	Защита семян и всходов от комплекса болезней и уничтожение вредителей
Всходы	Опрыскивание инсектицидами при численности клубеньковых долгоносиков более 8 экз./м ²	Уничтожение вредителей
До отрастания после перезимовки	Боронование посевов в 2 следа поперек рядков, удаление растительных остатков с поля и их уничтожение	Уничтожение многолетних и специализированных вредителей
Отрастание	Внесение гранулированных препаратов на широкорядных посевах	Для снижения численности фитономуса (8-10 экз./м ²), люцернового клопа (100 экз./100 взмахов сачком)
Фаза стеблевания	Опрыскивание семенных участков одним из рекомендованных препаратов при превышении ЭПВ	Уничтожение вредителей (имаго тихиусов, клопы, личинки фитономуса и др.)
Фаза бутонизации	При численности вредителей выше ЭПВ обработка пестицидами или биопрепаратами	Уничтожение вредителей
Цветение	Запрещены любые обработки пестицидами	
Перед уборкой	Опрыскивание посевов при побурении 80 % бобов	Десикация
После уборки	Уничтожение отходов после обмолота и очистки семян	Борьба с вредителями, болезнями и сорняками

* В борьбе с вредителями и болезнями разрешается использовать только препараты, включенные в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации».

Закключение. Исследованиями установлено, что из более чем 1700 видов насекомых, приводимых для Нижнего Поволжья, в энтомоценоз многолетних бобовых трав входит 991 вид, в том числе 478 видов фитофагов и 466 – энтомофагов. Массовыми видами фитофагов на посевах многолетних трав в условиях Нижнего Поволжья являются семееды-тихиусы, люцерновая толстоножка, клопы-слепняки, клубеньковые долгоносики, фитономусы, шелкоуны и др. Наиболее многочисленными энтомофагами, обитающими в напочвенном ярусе многолетних бобовых трав, являются представители семейства жужелиц. В стеблестое многочисленны хищные клопы – набисы и ориусы, хищные трипсы, жуки и личинки тлевых коровок, а также перепончатокрылые – представители семейств *Ichneumonidae*, *Pteromalidae*, *Tetrastichidae*, *Scelionidae*. Установлено, что в системе защиты семенных посевов многолетних бобовых трав от вредных организмов основной акцент должен быть направлен на сохранение и поддержание собственной устойчивости агробиосистемы за счет повышения численности и активности полезных видов энтомофауны. Использование химического метода защиты при этом оправдано только при превышении фитофагами экономических порогов вредоносности, и с обязательным учетом экологических последствий такого применения. Предложены экономические пороги вредоносности (ЭПВ) для фитофагов, обитающих в орошаемых агроценозах многолетних бобовых трав.

Разработан алгоритм защитных мероприятий при возделывании многолетних бобовых трав в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья. В условиях орошения предпочтение должно быть отдано нехимическим методам, в частности, биологическому (использование биопрепаратов, паразитов и хищников, повышение численности и активности естественных энтомофагов). Истребительные мероприятия целесообразно проводить только на семеноводческих посевах.

Библиографический список

1. Артохин, К.С. Метод кошения энтомологическим сачком [Текст] / К.С. Артохин // Защита и карантин растений. – 2010. – № 11. – С. 45-48.
2. Девяткин, А.М. Видовой состав и численность одиночных пчел-опылителей семенной люцерны в Краснодарском крае [Текст]/ А.М. Девяткин, И.А. Маркова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 58. – С. 99-106.
3. Добрынин, Н.Д. Агротехнические приемы в защите многолетних бобовых трав от вредителей в условиях Юго-Востока ЦЧР [Текст]/ Н.Д. Добрынин, А.Е. Прокопчук // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (37). – С. 198-205.
4. Добрынин, Н.Д. Экологические условия регуляции численности полезной энтомофауны на посевах многолетних трав [Текст]/ Н.Д. Добрынин, А.Е. Прокопчук // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2013. – № 1. – С. 92-94.
5. Зубков, А.Ф. Агробиоценология – методология полевой защиты растений. К 80-летию агробиоценологических исследований ВИЗР [Текст]/ А.Ф. Зубков // Вестник защиты растений. – 2015. – № 4. – С. 59-61.
6. Комаров, Е.В. Состав, структура, распределение герпетобионтных жесткокрылых (Coleoptera) в орошаемом агроландшафте [Текст]/ Е.В. Комаров, Т.Л. Карпова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-11. – С. 2350-2356.
7. Магомедов, К.А. Экологизированные элементы технологии возделывания семенной люцерны в условиях Терско-Сулакской подпровинции РД [Текст]/ К.А. Магомедов // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – Т. 29. – № 1 (29). – С. 22-28.
8. Прокопчук, А.Е. Роль минеральных удобрений в регуляции численности вредной энтомофауны на семенных посевах многолетних бобовых трав [Текст]/ А.Е. Прокопчук // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 95. – С. 215-231.

9. Систематический список жуужелиц (Carabidae) России [Электронный ресурс]/ К.В. Макаров, О.Л. Крыжановский, И.А. Белоусов и др.; Зоологический институт РАН. – Санкт-Петербург, 2013. – Режим доступа: http://www.zin.ru/animalia/COLEOPTERA/RUS/car_rus.htm

10. Экологизация химической защиты растений от вредителей [Текст]/ К.С. Артохин, П.К. Игнатова, Е.Н. Терсков и др.// Известия высших учебных заведения: Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 2 (174). – С. 48-52.

11. Экологические аспекты формирования систем земледелия и защиты растений [Текст]/ И.В. Дудкин, В.М. Дудкин, А.Я. Айдиев и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 7. – С. 2-7.

12. Mykhailenko, I.L. Method to study soil mesofauna as part consortium ecosystem / I.L. Mykhailenko, O.M. Smetana // Питання біоіндикації та екології. – 2014. – № 19-1. – С. 151-156.

Reference

1. Artohin, K. S. Metod kosheniya jentomologicheskim sachkom [Tekst] / K. S. Artohin // Zashchita i karantin rastenij. - 2010. - № 11. - P. 45-48.

2. Devyatkin, A. M. Vidovoj sostav i chislennost' odinochnyh pchel-opylitelej semennoj lyu-cerny v Krasnodarskom krae [Tekst]/ A. M. Devyatkin, I. A. Markova // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2018. - № 58. - P. 99-106.

3. Dobrynin, N. D. Agrotehnicheskie priemy v zaschite mnogoletnih bobovyh trav ot vreditel-lej v usloviyah Yugo-Vostoka CChR [Tekst]/ N. D. Dobrynin, A. E. Prokopchuk // Vestnik Voronezh-skogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - № 2 (37). - P. 198-205.

4. Dobrynin, N. D. Jekologicheskie usloviya reguljacii chislennosti poleznoj jentomofauny na posevah mnogoletnih trav [Tekst]/ N. D. Dobrynin, A. E. Prokopchuk // Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyj kompleks na rubezhe vekov. - 2013. - № 1. - P. 92-94.

5. Zubkov, A. F. Agrobiocenologiya - metodologiya polevoj zaschity rastenij. K 80-letiju ag-robiocenologicheskikh issledovanij VIZR [Tekst]/ A. F. Zubkov // Vestnik zaschity rastenij. - 2015. - № 4. - P. 59-61.

6. Komarov, E. V. Sostav, struktura, raspredelenie gerpetobiontnyh zhestkokrylyh (Coleop-tera) v oroshaemom agrolandschafte [Tekst]/ E. V. Komarov, T. L. Karpova // Fundamental'nye issle-dovaniya. - 2014. - № 12-11. - P. 2350-2356.

7. Magomedov, K. A. Jekologizirovannye jelementy tehnologii vzdelyvaniya semennoj lyu-cerny v usloviyah Tersko-Sulakskoj podprovincii RD [Tekst]/ K. A. Magomedov // Problemy razviti-ya APK regiona. - 2017. - T. 29. - № 1 (29). - P. 22-28.

8. Prokopchuk, A. E. Rol' mineral'nyh udobrenij v reguljacii chislennosti vrednoj jen-tomofauny na semennyh posevah mnogoletnih bobovyh trav [Tekst]/ A. E. Prokopchuk // Poli-tematicheskij setevoj jelektronnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2014. - № 95. - P. 215-231.

9. Sistematicheskij spisok zhuzhelic (Carabidae) Rossii [Jelektronnyj resurs]/ K. V. Makarov, O. L. Kryzhanovskij, I. A. Belousov i dr.; Zoologicheskij institut RAN. - Sankt-Peterburg, 2013. - Rezhim dostupa: http://www.zin.ru/animalia/COLEOPTERA/RUS/car_rus.htm

10. Jekologizaciya himicheskoy zaschity rastenij ot vreditel'ej [Tekst]/ K. S. Artohin, P. K. Ig-natova, E. N. Terskov i dr.// Izvestiya vysshih uchebnyh zavedeniya: Severo-Kavkazskij region. Seri-ya: Estestvennye nauki. - 2013. - № 2 (174). - P. 48-52.

11. Jekologicheskie aspekty formirovaniya sistem zemledeliya i zaschity rastenij [Tekst]/ I. V. Dudkin, V. M. Dudkin, A. Ya. Ajdiev i dr. // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2017. - № 7. - P. 2-7.

12. Mykhailenko, I.L. Method to study soil mesofauna as part consortium ecosystem / I.L. Mykhailenko, O.M. Smetana // Pitannya bioindikacii ta ekologії. - 2014. - № 19-1. - P. 151-156.

E-mail: calosoma.00@mail.ru

**ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ SRTM****DIGITAL MAPPING OF SOILS WITH THE USE OF SRTM DATA****А.В. Кошелев**, кандидат сельскохозяйственных наук**A.V. Koshelev***ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград**FSBSI «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

В статье представлены материалы по цифровому картографированию почв тестового участка «Балка Крутая» тестового полигона «Пронин» Серафимовичского района Волгоградской области. Тестовый участок расположен в подзоне темно-каштановых почв. При дешифрировании мозаик космических снимков установлено, что площадь пашни на тестовом участке составляет 2473 га, защитных лесных насаждений – 152 га, лесистость – 1,9 %. В качестве основы для картографирования использовался оцифрованный бумажный оригинал почвенной карты Серафимовичского района М 1:100000 и цифровая модель рельефа, построенная по данным SRTM. Проведенный анализ почвенных контуров показал, что в почвенном покрове тестового участка преобладают темно-каштановые маломощные карбонатные среднесмытые почвы тяжелого гранулометрического состава и составляют 76,8 % от площади контура водосбора. Содержание солонцов в почвенных комплексах колеблется от 10 до 25 %. При наложении цифровой модели рельефа на оцифрованную почвенную карту выявили несоответствие почвенных контуров рельефу. На основе геоморфологического подхода произвели их корректировку и создали исправленную цифровую почвенную карту тестового участка. Таким образом, в результате проведенных исследований установили, что совместное использование цифровой модели рельефа и космоснимков при цифровом картографировании почв позволяет точнее проводить контуры почвенных разностей, корректировать контуры по степени смытости и контуры комплексов овражно-балочных почв, тем самым повышая достоверность и актуальность картографического материала, необходимого для разработки мероприятий по оптимизации агроландшафтов и повышению плодородия почв.

Materials on digital soil mapping of the test plot “Balka Krutaya” of the test site “Pronin” in the Serafimovichsky district of the Volgograd region are presented in the article. The test plot is located in the subzone of dark chestnut soils. When interpreting mosaics of satellite images, it was established that the arable land area on the test plot is 2473 ha, protective forest plants - 152 ha, woodiness – 1,9%. The basis for mapping was a digitized paper original of the soil map of Serafimovichsky district M 1:100000, and a digital elevation model based on SRTM data. The analysis of the soil contours showed that in the soil cover of the test plot is dominated by dark chestnut low-power, carbonate, medium washout soils with a heavy granulometric composition, and make up 76,8% of the catchment area. The content of solonets in soil complexes varies from 10 to 25%. When imposing a digital model of the relief on the digitized soil map revealed that the soil contours do not correspond to the relief. Based on the geomorphological approach, they were corrected, and a corrected digital soil map of the test plot was created. Thus, as a result of the research, it was established that the joint use of a digital elevation model and satellite images in digital soil mapping makes it possible to more accurately carry out the contours of soil differences, correct contours according to the degree of erosion and contours of the ravine-gully soils complexes, thereby increasing the reliability and relevance of cartographic material, necessary for the development of measures to optimize agricultural landscapes and improve soil fertility.

Ключевые слова: цифровые почвенные карты, цифровые модели рельефа, агроландшафты, данные SRTM, космоснимки, темно-каштановые почвы, цифровое картографирование, ГИС-технологии.

Key words: *digital soil map, digital elevation model, agrolandscape, SRTM data, satellite images, dark chestnut soils, digital mapping, GIS technology.*

Введение. Современный уровень развития цифровых технологий позволяет осуществлять цифровое картографирование почв с использованием данных дистанционного зондирования Земли [4, 15, 16, 17]. Цифровые почвенные карты являются основным источником получения информации при изучении структуры почвенного покрова агроландшафтов и разработке мероприятий по их оптимизации и повышению плодородия почв в условиях изменяющегося климата и возрастающей антропогенной нагрузки на агроэкосистемы.

Однако при цифровом картографировании почвенного покрова вновь возникла проблема выделения почвенных ареалов, соответствующих таксонам почвенной классификации, так как отсутствует прямая инвентаризация ареалов почв и почвенных комбинаций [4, 5].

В современной почвенной картографии существуют 2 методических подхода: классический («лоскутный» метод), основанный на полевом изучении генетических особенностей почвенного профиля, и затем составление почвенной карты [10] и геоморфологический, основанный на анализе взаимосвязей между формами рельефа и почвенным покровом, в результате которого проводится последовательное обобщение почв водоразделов в один выдел, почв склонов в другой, а понижений в третий [6, 8, 11].

Фактор рельефа является определяющим при цифровом картографировании почв, так как характеризует пространственные закономерности распределения почвенного покрова, придает почвенным картам достоверность, объективно оценивается и визуально наблюдается, в отличие от других факторов (геология, климат и т.д.), в большинстве случаев скрытых от почвовед-картографа в любой точке [13].

Материалы и методы. Объектом исследования являлся почвенный покров эрозионных агроландшафтов. Исследования проводились на тестовом полигоне «Пронин», расположенном в юго-западной части Серафимовичского района Волгоградской области.

Территория тестового полигона относится к юго-восточному окончанию Средне-Русской возвышенности к Восточно-Донской денудационно-тектонической гряде, которая представляет собой полого-волнистую равнину с уклоном в южном и юго-восточном направлениях с преобладающими отметками рельефа 150-200 м. Гряда характеризуется сильной расчлененностью рельефа и достигает протяженности 1-1,5 км на 1 км² [3].

На полигоне преобладают почвы темно-каштановые среднесиловатые, глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, карбонатные, слабо и среднесиловатые. Облегчение гранулометрического состава идет к пойме реки Цуцкан, с северо-запада на юго-восток. В пойме реки Цуцкан распространены луговато-каштановые среднесиловатые почвы, пойменные дерново-луговые зернисто-слоистые солончаковые почвы. По левобережью реки Цуцкан встречаются степные солонцы. В западной части полигона в районе гослесополосы встречаются южные черноземы, средне- и малосиловатые, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В юго-западной части полигона расположены среднезасоленные пески.

Полевые исследования почв проводили на основе «Методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [9].

Лабораторный анализ почвенных свойств (гранулометрический состав, содержание гумуса, плотный остаток, валовые формы азота и фосфора, карбонаты) проводили на основе общепринятых методик в почвоведении [1].

При цифровом картографировании почв использовали оцифрованный бумажный оригинал почвенной карты Серафимовичского района Волгоградской области М 1:100000 (составлена по масштабу обследования М 1:25000 по состоянию на 1977 год) и мозаики разновременных космических снимков с сервисов GoogleEarth, SASPlanet, maps.yandex.ru.

Цифровую модель рельефа строили на основе высотных данных SRTM, версия 3, с размером ячейки 3х3 угловых секунды и пространственным разрешением 90 м.

SRTM (Shuttle radar topographic mission) – радиолокационная съемка поверхности рельефа Земли с борта космического корабля, осуществленная в феврале 2000 г. В результате этой съемки полученная матрица высот называется данными SRTM. Данные SRTM находятся в общем доступе на сайте NASA.

Процесс цифрового картографирования базировался на методических подходах, принятых в агролесомелиоративном и почвенном картографировании с использованием специализированных пакетов программ Global Mapper, Surfer [2, 7, 12, 14].

Результаты и обсуждение. Цифровое картографирование почв полигона было осуществлено на тестовом участке «Балка Крутая», расположенного в системе балок Каменная и Крутая, в западной части полигона на границе с Ростовской областью (рисунок 1).



Рисунок 1 – Космосхема тестового участка «Крутая»

При дешифрировании мозаик космоснимков установлено, что общая площадь сельскохозяйственных угодий на тестовом участке составляет 3288 га, в том числе пашня – 2473 га, сенокосы и пастбища – 815 га. Лесные полосы занимают площадь 152 га, гослесполоса – 26,9 га. Защитная лесистость тестового участка составляет 1,9 %.

Для отображения характеристики рельефа в программе Global Mapper построили цифровую модель рельефа (ЦМР) на основе данных SRTM с высотой сечения горизонталей 20 м, соответствующих топографической карте М 1:100000 (рисунок 2).

Анализ данной ЦМР показывает, что высотные отметки рельефа в пределах тестового участка (граница отмечена красной пунктирной линией) лежат в диапазоне 90-190 м. Увеличение высоты происходит с юго-востока тестового участка в направлении на северо-запад, от правобережья р. Цуцкан до водораздела между балками Крутая и Каменная. Балка Каменная является верхним звеном балочной системы, впадающей в р.

Чир, которая располагается на территории Ростовской области. Балка Крутая расположена в правобережье р. Цуцкан. К основному руслу балок примыкают ряд отвершков, на ряде которых образовались современные овраги. Базис эрозии балок составляет 40-50 м. Общая площадь водосборов балок составляет 3288 га.

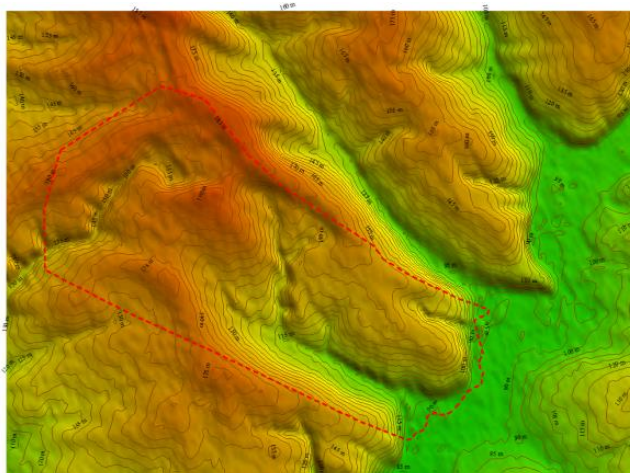


Рисунок 2 – Цифровая модель рельефа тестового участка

Длина б. Каменная составляет 3,95 км, средняя ширина около 2,0 км, а максимальная – 2,7 км. Крутизна склонов изменяется от 0° на водоразделе до 1,5° (местами 2-3°), в присетевой части (около бровки балки) и до 4-5° на берегах балки. Длина склонов колеблется от 0,5 до 1,45 км. Экспозиции склонов по руслу в основном северо-западные и юго-восточные, у отвершков – северо-восточные и юго-западные. Длина балки Крутая составляет 6,45 км, средняя ширина около 3,1 км, а максимальная 4,2 км. Крутизна склонов изменяется от 0° на водоразделе до 1,5° в присетевой части, около бровки балки, и до 4-5° на берегах балки. Длина склонов колеблется от 0,4 до 2,3 км. Основные склоны по руслу северо-восточной и юго-западной экспозиции, у отвершков они имеют северо-западную и юго-восточную ориентацию.

На тестовый участок «Балка Крутая» в программной среде Global Mapper была составлена цифровая почвенная карта на основе оцифрованного бумажного оригинала почвенной карты Серафимовичского района Волгоградской области М 1:100000 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Цифровая почвенная карта тестового участка

Анализ полученной цифровой карты показал, что в почвенном покрове тестового участка преобладают темно-каштановые маломощные, карбонатные, среднесмытые почвы тяжелого гранулометрического состава, и составляют 76,8 % от площади контура водосбора. Содержание солонцов в почвенных комплексах колеблется от 10 до 25 %.

В верховьях балки «Каменная» в восточной и северной частях распространены черноземы южные маломощные, карбонатные, тяжелосуглинистого гранулометрического состава с содержанием солонцов в почвенном комплексе до 10 %, которые занимают 7,2 % от площади контура водосбора.

Луговые и луговато-каштановые почвы составляют 1,3 % и 0,8 % от площади контура соответственно. Первые распространены между отрогами балки «Каменная» в центральной части с восточной стороны, вторые – в низовьях балки «Крутая». Пойменные почвы занимают 1,9% и распространены в пойме реки Цуцкан, ограничивающей восточную часть водосбора. Гранулометрический состав – легкосуглинистый и супесчаный.

Солонцы луговые составляют 1,3 % от площади контура водосбора, и распространены в верховьях балки «Крутой Лог».

Почвы балок составляют 8,3 % от площади контура водосбора.

В целом облегчение гранулометрического состава по водосбору идет в направлении с северо-запада на юго-восток к реке Цуцкан от тяжелосуглинистого к супесчаному. В аналогичном направлении увеличивается и степень смытости почвенного покрова.

Анализ результатов лабораторных анализов почвенных образцов показал, что темно-каштановые маломощные почвы имеют среднесуглинистый и тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Являются мало гумусированными, содержание гумуса составляет 1,55...1,65 %. Сухой остаток варьирует от 0,106 до 0,118 %, что свидетельствует о незасоленности почвенного профиля. Общая щелочность имеет величины 0,69...0,77 %, хлориды варьируют от 0,0014 до 0,0018 %. Глубина залегания карбонатов составляет 80-100 см. Валовое содержание азота в слое 0...25 см составляет 0,036...0,041 %, а фосфора – 0,062...0,104 %.

Темно-каштановые среднемощные почвы имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав, занимают 3,2 % от площади контура водосбора. Содержание гумуса в слое 0...25 см составляет 2,66 %. По степени засоления относятся к незасоленным почвам, величина сухого остатка имеет значение 0,098 %. Общая щелочность составляет 0,037 %, содержание хлоридов – 0,014 %. Карбонаты залегают на глубине 60...80 см. Валовое содержание азота имеет величину 0,125 %, а фосфора – 0,145 %.

При наложении горизонталей ЦМР (рисунок 2) на оцифрованную карту почвенных контуров (рисунок 3) выявили несоответствие почвенных контуров с контурами горизонталей ЦМР, это объясняется генерализацией контуров при переходе от крупного масштаба к среднему в классической почвенной картографии. Происходило отделение почвенных контуров от контуров рельефа и их субъективное преобразование.

При классическом подходе к картографированию почв производили объединение почвенных контуров от крупного до среднего или мелкого масштабов укрупнением за счет выбраковки более мелких. В результате создавался один большой по площади контур с недостаточно обоснованными границами.

Применение геоморфологического подхода с использованием ЦМР при почвенном картографировании позволяет производить объединение контуров общих для почв положительных (выпуклостей) и связанных с ними почв отрицательных (вогнутостей) форм мезорельефа, разделяемых линией нулевой кривизны – морфоизографой. При таком методе происходит сохранение типичного структурного рисунка почвенного по-

крова территории, то есть на основе установления закономерностей географического распределения почв по элементам рельефа проводится последовательное обобщение почв водоразделов в один выдел, почв склонов – в другой, а понижений – в третий [5].

Руководствуясь данным положением, на основе совмещения ЦМР и оцифрованной карты почвенных контуров, дешифрирования космических снимков Bing, была проведена корректировка почвенных контуров цифровой почвенной карты тестового участка. В результате в полуавтоматическом режиме в программной среде Global Mapper создали скорректированную цифровую почвенную карту тестового участка (рисунок 4).

В результате такого подхода были скорректированы контуры овражно-балочных почв, контуры черноземов южных, а также контуры по степени смытости. На карту также были нанесены лесные полосы.

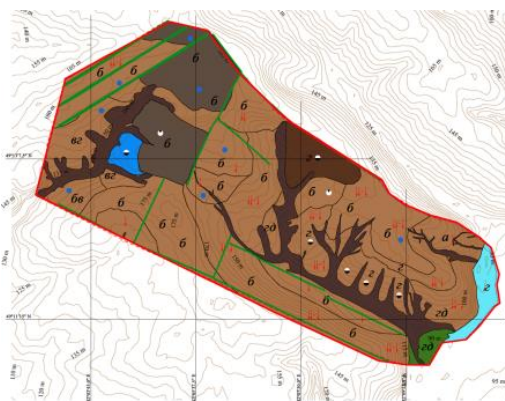


Рисунок 4 – Скорректированная почвенная карта тестового участка

Заключение. Таким образом, ЦМР, построенная на основе высотных данных SRTM3, может применяться для корректировки почвенных карт М 1:100000, так как контуры горизонталей соответствуют топографической карте аналогичного масштаба. А совместное использование данной ЦМР и космических снимков при цифровом картографировании почв позволяет корректировать почвенные контура по степени смытости почв, более точно проводить контуры комплексов овражно-балочных почв, тем самым повышая точность картографического материала, достоверно отображая информацию о современном состоянии почвенного покрова тестового участка и его структуре, представляя его актуальным. Такого рода информация необходима при разработке проектов адаптивно-ландшафтного обустройства и оптимизации агроландшафтов, направленных на предотвращение деградации почв, их охрану и повышение их плодородия, обеспечивая объективность, эффективность и адекватность принимаемых решений.

Библиографический список

1. Воробьева, Л.А. Химический анализ почв [Текст] / Л.А. Воробьева. – М.: Издательство МГУ, 1998. – 272 с.
2. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации [Текст] / В.Г. Юферев, К.Н. Кулик, А.С. Рулев и др. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.
3. Дегтярева, Е.Т. Почвы Волгоградской области [Текст] / Е.Т. Дегтярева, А.Н. Жулидова. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1970. – 320 с.
4. Козлов, Д.Н. Современное состояние и перспективы развития цифровой почвенной картографии [Текст] / Д.Н. Козлов, М.В. Конюшкова // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 750-753.
5. Козлов, Д.Н. Традиции и инновации в крупномасштабной почвенной картографии [Текст] / Д.Н. Козлов, Н.П. Сорокина // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования: сборник статей. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2012. – С. 35-57.

6. Колбовский, Е.Ю. Ландшафтоведение [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.Ю. Колбовский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с.
7. Кошелев, А.В. Среднемасштабное цифровое картографирование агролесомелиорированных темно-каштановых почв в эрозионных агроландшафтах Волгоградской области [Текст] / А.В. Кошелев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6(62). – С. 45-49.
8. Ласточкин, А.Н. Общая геоморфология: учение о морфологии рельефа [Текст] / А.Н. Ласточкин. – СПб., 1991. – 105 с.
9. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [Текст]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 304 с.
10. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования [Текст]. – М.: «Колос», 1973. – 96 с.
11. Стрелков, А.С. Методика использования системно-геоморфологической основы при почвенном картографировании (на примере Ленинградской области): Спец. 25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук / А.С. Стрелков; Санкт-Петербург. гос. ун-т. – СПб., 2007. – 16 с.
12. Флоринский, И.В. Картографирование почвы на основе цифрового моделирования рельефа (по данным кинематических GPS-съемок и почвенных наземных съемок) [Текст] / И.В. Флоринский // Исследование Земли из космоса. – 2009. – № 6. – С. 56-65.
13. Цыганенко, А.Ф. Почвенное картирование [Текст] / А.Ф. Цыганенко. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1967. – 129 с.
14. Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping / T. Behrens, A.X. Zhu, K. Schmidt, T. Schollen // Geoderma. – 2010. – Vol. 155. – Iss. 3-4. – P. 175-185.
15. Dominique, Arrouaysa Harteminkc Digital soil mapping across the globe / Dominique Arrouaysa, Philippe Lagacherieb, Alfred E. // Geoderma Regional. – Vol. 9. – 2017. – P. 1-4.
16. Minasny B. Digital soil mapping: A brief history and some lessons / B. Minasny, A.B. McBratney // Geoderma. – 2016. – Vol. 264. – Part B. – P. 301-311.
17. McBratney, A.B. On digital soil mapping / A.B. McBratney, M.L. Santos Mendofa, B. Minasny // Geoderma. – 2003. – Vol. 117. – Iss. 1-2. – P. 3-52.

Reference

1. Vorob'eva, L. A. Himicheskij analiz pochv [Tekst] / L. A. Vorob'eva. - M.: Izdatel'stvo MGU, 1998. - 272 p.
2. Geoinformacionnye tehnologii v agrolesomelioracii [Tekst] / V. G. Yuferev, K. N. Kulik, A. S. Rulev i dr. - Volgograd: VNIALMI, 2010. - 102 p.
3. Degtyareva, E. T. Pochvy Volgogradskoj oblasti [Tekst] / E. T. Degtyareva, A. N. Zhulidova. - Volgograd: Nizhne-Volzhskoe kn. izd-vo, 1970. - 320 p.
4. Kozlov, D. N. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya cifrovoj pochvennoj kartografii [Tekst] / D. N. Kozlov, M. V. Konyushkova // Pochvovedenie. - 2009. - № 6. - P. 750-753.
5. Kozlov, D. N. Tradicii i innovacii v krupnomasshtabnoj pochvennoj kartografii [Tekst] / D. N. Kozlov, N. P. Sorokina // Cifrovaya pochvennaya kartografiya: teoreticheskie i jeksperimental'nye issledovaniya: sbornik statej. - M.: Pochvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva, 2012. - P. 35-57.
6. Kolbovskij, E. Yu. Landshaftovedenie [Tekst]: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij / E. Yu. Kolbovskij. - M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2006. - 480 p.
7. Koshelev, A. V. Srednemashtabnoe cifrovoe kartografirovanie agrolesomeliorirovannyh temno-kashtanovyh pochv v jerozionnyh agrolandshaftah Volgogradskoj oblasti [Tekst] / A. V. Koshelev // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - № 6(62). - P. 45-49.
8. Lastochkin, A. N. Obschaya geomorfologiya: uchenie o morfologii rel'efa [Tekst] / A. N. Lastochkin. - SPb., 1991. - 105 p.
9. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Tekst]. - M.: FGNU "Rosinformagroteh", 2003. - 304 p.
10. Obschesoyuznaya instrukciya po pochvennym obsledovaniyam i sostavleniyu krupnomasshtabnyh pochvennyh kart zemlepol'zovaniya [Tekst]. - M.: "Kolos", 1973. - 96 p.

11. Strelkov, A. S. Metodika ispol'zovaniya sistemno-geomorfologicheskoy osnovy pri pochvennom kartografirovani (na primere Leningradskoj oblasti): Spec. 25.00.25 - Geomorfologiya i yuzionnaya geografiya [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. geogr. nauk / A. S. Strelkov; Sankt-Peterburg. gos. un-t. - SPb, 2007. - 16 p.

12. Florinskij, I. V. Kartografirovanie pochvy na osnove cifrovogo modelirovaniya rel'efa (po dannym kinematcheskikh GPS-s'emok i pochvennyh nazemnyh s'emok) [Tekst] / I. V. Florinskij // Issledovanie Zemli iz kosmosa. - 2009. - № 6. - P. 56-65.

13. Cyganenko, A. F. Pochvennoe kartirovanie [Tekst] / A. F. Cyganenko. - L.: Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1967. - 129 p.

14. Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping / T. Behrens, A.X. Zhu, K. Schmidt, T. Schollen // Geoderma. - 2010. - Vol. 155. - Iss. 3-4. - P. 175-185.

15. Dominique, Arrouaysa Harteminkc Digital soil mapping across the globe / Dominique Arrouaysa, Philippe Lagacherie, Alfred E. // Geoderma Regional. - Vol. 9. - 2017. - P. 1-4.

16. Minasny B. Digital soil mapping: A brief history and some lessons / B. Minasny, A.B. McBratney // Geoderma. - 2016. - Vol. 264. - Part B. - P. 301-311.

17. McBratney, A.B. On digital soil mapping / A.B. McBratney, M.L. Santos Mendofa, B. Minasny // Geoderma. - 2003. - Vol. 117. - Iss. 1-2. - P. 3-52.

E-mail: alexkosh@mail.ru

УДК 633.34:631.526.32

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-23

**АДАПТИВНЫЕ, ВЫСОКОБЕЛКОВЫЕ СОРТА СОИ
ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В МЕЛИОРИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ
ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ**

**ADAPTIVE, HIGH-WHITE SOYBEAN GRADES FOR CULTIVATION
IN MELIORIZED AGROLANDSCAPES IN SOUTH AND CENTRAL RUSSIA**

В.В. Толоконников, доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

Г.П. Канцер, научный сотрудник

Т.С. Кошкарлова, младший научный сотрудник

И.В. Кожухов, младший научный сотрудник

V. V. Tolokonnikov, G.P. Kancer, T.S. Koshkarova, I.V. Kozuhov

Всероссийский НИИ орошаемого земледелия (ФГБНУ ВНИИОЗ), г. Волгоград

The All-Russian scientific research institute of the irrigated agriculture (FGBN VNIIOZ)

Стратегическим направлением селекции сои является создание продуктивных сортов, быстро формирующих урожай товарного зерна как в условиях орошения, так и в посевах без орошения. Выведенные в ФГБНУ ВНИИОЗ сорта сои ВНИИОЗ 86 (в Госреестре) и Волгоградка 2 (передан в Госсортокомиссию) характеризуются высоким уровнем полученной урожайности в посевах с орошением (2,4...3,04 т/га), с приёмами агротехники (2,66...3,72 т/га) и мелиорации (4,2 т/га) при коротком вегетационном периоде – 90...105 дней. Сорта способны в посевах без орошения давать 1,5...2,5 т/га в зависимости от природной влагообеспеченности в год возделывания и за короткий безморозный период, что важно для продвижения этой культуры в регионы Центральной России. Сорт ВНИИОЗ 86 более технологичен при механизированной уборке, чем стандарт Соер 3. Его растения формируют бобы выше от поверхности почвы (0,12 м), чем у стандарта. Кроме того, ВНИИОЗ 86 накапливает больше сырого протеина в семенах (38,6 %) чем Соер 3 (35,1 %). Сорт Волгоградка 2 выделяется лучшей пригодностью к комбайновой уборке (0,16 м), чем стандартный сорт ВНИИОЗ 76 (0,14 м). Новый сорт формирует более качественное зерно с содержанием белка в семенах до 41 % по сравнению со стандартом (37,2 %).

The strategic direction of soybean breeding is the creation of productive, quickly forming a crop of marketable grain, both under irrigation conditions and in crops without irrigation, varieties. Breeding soybean varieties VNIIOZ 86 (in the State Register) and Volgogradka 2 (transferred to the

State Treasury Commission) of the FSUE VNIIOZ are characterized by a high level of the yield obtained in crops with irrigation (2.4-3.04 t / ha), with methods of agricultural engineering (2.66- 3.72 t / ha) and amelioration (4.2 t / ha) for a short vegetation period - 90-105 days. The varieties are capable in crops without irrigation to produce 1.5-2.5 t / ha, depending on the natural moisture supply in the year of cultivation and for a short frost-free period, which is important for promoting this crop in the regions of Central Russia. The variety VNIIOZ 86 is more technological with mechanized harvesting than the standard Sawyer 3. Its plants form beans above the soil surface (0.12 m) higher than the standard. In addition, VNIIOZ 86 accumulates more crude protein in seeds (38.6%) than Soer 3 (35.1%). The variety Volgogradka 2 stands out with a better suitability for combine harvesting (0.16 m) than the standard variety VNIIOZ 76 (0.14 m). The new variety forms a higher quality grain with a protein content in seeds up to 41% than the standard (37.2%).

Ключевые слова: *соя, сорта сои, режимы орошения сои, урожайность сои, этапы органогенеза, обработка семян сои биостимуляторами роста.*

Key words: *soybean, soybean varieties, irrigation regimes, soybean yield, stages of organogenesis, soybean seed treatment with growth biostimulants.*

Введение. В мировом земледелии посевы ценной культуры сои, начиная с 2010 года (100 млн га), ежегодно увеличиваются на 2,5 млн га и достигли в 2016 году отметки в 115 млн га при урожайности 2,5 т/га зерна. В Российской Федерации за этот же период времени площади посева удвоились, составив 2 млн га с урожайностью 1,5 т/га.

В наиболее благоприятных природных условиях Северокавказского региона площади посева достигли максимального значения – 180 тыс. га. В Нижневолжском регионе распространение сои напрямую связано с вводом орошаемых земель. В Дальневосточном регионе не наблюдается существенного роста площадей под этой культурой. И только Центральный регион демонстрирует высокие показатели расширения посевов сои – за предыдущие 6 лет – в 4 раза, достигли 613 тыс. га в 2016 году при урожайности, близкой к 2 т/га. Для сохранения таких же темпов производства сои важно, наряду с другими факторами, расширять спектр использования в посевах скороспелых сортов, отличающихся слабой реакцией на фотопериод, меньшей потребностью в тепле и способностью формировать рентабельные урожаи товарного и семенного зерна высокого качества за относительно короткий вегетационный период – в пределах 100-110 дней [1, 2, 4].

На основе применения традиционных методов выведения сортов у зернобобовых культур [3, 5, 8, 6] и усовершенствованных, применительно к орошаемой сое, способов селекции [9, 7, 10] в ФГБНУ ВНИИОЗ важным направлением селекции является выведение продуктивных, раннеспелых сортов сои с продолжительностью вегетационного периода от 85 до 105 дней и зерновой продуктивностью орошаемого агроценоза 2,5-3,5 т/га, неорошаемого посева – 1,8-2,3 т/га зерна.

Материалы и методы. Исходный материал для селекции включал 36 скороспелых, 10 продуктивных в условиях орошения и 7 засухоустойчивых сортообразцов сои в посевах без орошения. В скрещиваниях использовались отечественные сорта Волгоградской селекции ВНИИОЗ 31, ВНИИОЗ 152 (К-10001 ВИР), Волжана (К-9991 ВИР) и сорта зарубежной селекции – Белоснежка (Украина) и Эванс (США), что дало возможность получить генетическое разнообразие гибридного материала. Методом педигри с ежегодной оценкой по потомству на фоне раннего и позднего сроков посева были выделены перспективные линии - №86 в 1996 году и № 401 в 2014 году, послужившие основой для выведения сортов ВНИИОЗ 86 и Волгоградка 2.

Результаты и обсуждение. В результате многолетних селекционных работ (1996...2016 гг.) в институте выведены ультраскороспелые и скороспелые сорта ВНИИОЗ 86 и Волгоградка 2.

Сорт ВНИИОЗ 86 относится к маньчжурскому подвиду. В условиях орошения существенно превышает скороспелый стандартный сорт Соер 3 по урожайности и другим хозяйственно-полезным признакам (таблица 1).

Таблица 1 – Хозяйственно-ценные признаки и свойства лучших ультраскороспелых сортов сои конкурсного испытания в условиях орошения (средние данные за 2014-2016 гг.)

Показатель	Сорт		Отклонение от стандарта, т	
	ВНИИОЗ 86	Соер 3, стандарт	абсолютный показатель	%
Средняя урожайность, т/га (НСР ₀₅ 0,13 т/га)	2,4	2,15	0,25	11,6
Продолжительность вегетационного периода, дн.	90	90	-	-
Высота растений, м: общая	0,79	0,68	0,11	16,1
до нижнего боба	0,12	0,10	0,02	20
Содержание в зерне, % сухой массы:				
сырого протеина	38,6	35,1	3,5	10
жира	18,3	19,4	-1,1	-5,7
Сбор, т/га: сырого протеина	0,8	0,65	0,15	23,1
жира	0,38	0,36	0,02	5,3

Сорт ВНИИОЗ 86 сформировал 2,4 га зерна, в то время как стандарт – 2,15 т/га. Благодаря более высокому росту, чем у стандарта, сорт формирует выше (0,12 м) нижние бобы на растении от поверхности почвы и допускает меньше потерь зерна за жаткой комбайна (на 0,06 т/га или 19,4 % от биологического урожая). Характеризуется повышенным содержанием в семенах сырого протеина (на 10 %), а также сбором белка (на 23,1 %) и жира (5,3 %) с гектара. Устойчив к поражению всходов фузариозом (4%) и бактериозом (2 %), относительно сорта Соер 3 (соответственно 20,6 и 2,9 %).

Наши исследования показали, что существенный вклад в массу зерна одного растения у сорта ВНИИОЗ 86 оказывают размеры семян ($r=0,53-0,80$), содержание зерен в бобах ($r=0,52-0,76$) и степень образования бобов в узлах главного стебля ($r=0,51-0,72$). Высоко отзывчив на капельное орошение с формированием урожайности – 4,2 т/га зерна, по сравнению с применением дождевания (2,4 т/га). Как слабо ветвящийся сорт, он формирует более высокую урожайность (2,66-3,72 т/га) в рядовом (0,30*0,042 м) посеве, чем в широкорядном (0,70*0,024 м) агроценозе при орошении с дождеванием (2,05-2,49).

В посевах без орошения степной зоны черноземных почв обладает высокой засухоустойчивостью. Эффективно использует осадки первой половины лета и обеспечивает получение 1,2-1,5 т/га зерна и более. Освобождает поле в конце летнего периода (август), поэтому может использоваться как надежный предшественник для озимых культур. Сорт ВНИИОЗ 86 внесен в Госреестр селекционных достижений по Нижневожскому и Уральскому региону.

Сорт Волгоградка 2 – подвид маньчжурский. Один из самых урожайных сортов среди генотипов скороспелой сои Нижневожского экотипа. Потенциальная зерновая продуктивность орошаемого агроценоза составляет у него 2,54-3,53 т/га. Существенно превышает стандартный сорт ВНИИОЗ 76 в конкурсном сортоиспытании по урожайности и другим хозяйственно-важным показателям (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика лучших сортов сои скороспелой группы созревания в условиях орошения (срдине данные за 2014-2016 гг.).

Показатель	Сорт		Отклонение от стандарта, ±	
	Волгоградка 2	ВНИИОЗ 76	абсолютный показатель	%
Средняя урожайность, т/га (НСР ₀₅ 0,13 т/га)	3,04	2,7	0,34	12,6
Продолжительность вегетационного периода, дн.	105	109	-4	-3,7
Высота растений, м: общая	0,74	0,81	-0,07	-7
до нижнего боба	0,16	0,14	0,02	14,3
Содержание в зерне, % сухой массы: сырого протеина	41	37,2	3,8	10,2
жира	16,9	17,8	-0,9	-5,6
Сбор, т/га: сырого протеина	1,07	0,86	0,21	24,4
жира	0,44	0,41	0,03	7,3

Сорт обеспечивает получение 0,34 т/га прибавки зерна. Среднерослый с высокой устойчивостью к полеганию и хорошей пригодностью к комбайновой уборке. Сорт выделяется высокими показателями содержания белка в семенах (41 %), сбора сырого протеина и жира (1,07 т/га и 0,44 т/га) с гектара.

Важным условием формирования значительно более продуктивных (10,9 г/руб.), чем стандартные растения (9,6 г/руб.), у сорта Волгоградка 2 является способность существенно увеличивать количество ветвей стеблестоя ($r=0,70-0,75$) и интенсивность образования бобов в узлах главного стебля ($r=0,71-0,99$). Поэтому агротехнология возделывания этого сорта должна быть направлена на высокие темпы нарастания биомассы и образования листьев, тем самым усиливать этот процесс применением таких стимуляторов роста, как водные растворы бишофита (20 %) и никфана (0,01 %). Комплексное их использование с применением ризоторфина (штамм 646) при обработке семян до посева повышает урожайность у этого сорта до 4,13...4,46 т/га, что значительно меньше, чем у контроля без обработки – 3,24 т/га.

Новый сорт хорошо пригоден для возделывания в неорошаемом земледелии, где он в засушливые годы обеспечивает получение 1,5 т/га зерна, а в более благоприятные по природной влагообеспеченности годы сорт Волгоградка 2 способен сформировать до 2...2,5 т/га зерна. Передан в Госсортоиспытание (заявка на допуск к использованию № 75194 от 01.12.16 г.).

Заключение. Таким образом, выведенные продуктивные и ранние скороспелые сорта сои отвечают основным требованиям сельскохозяйственного производства.

Внедрение скороспелых сортов будет способствовать повышению эффективности возделывания сои и расширению площадей её посева, особенно в регионах с коротким вегетационным периодом для этой культуры, таких как Центральная Россия.

Библиографический список

1. Вавилов, Н.И. Ботанико-географические основы селекции (учение об исходном материале в селекции) [Текст]/ Н.И. Вавилов// Теоретические основы селекции растений. – М. – Л., 1935. – Т. 1. – С. 17-162.
2. Дьяков, А.Б. Физиологическое обоснование идеатипа сортов сои, адаптированных к климату юга России [Текст]/ А.Б. Дьяков, Т.А. Васильева // Современные проблемы селекции и технологии возделывания сои: сборник статей 2-й Международной конференции по сое. – Краснодар, 2008. – С. 62-78.
3. Зайцев, Н.И. Особенности селекции и технологии выращивания семян масличных культур в зоне неустойчивого увлажнения Северного Кавказа [Текст]/ Н.И. Зайцев. – Рн/Д: ООО «АзовПечать», 2012 – 136 с.

4. Кочегура, А.В. Селекция сортов сои разных направлений использования [Текст]: автореф. дис... докт. с.-х. наук /Кочегура Александр Васильевич. – Краснодар, 1998 – 47 с.
5. Кружилин, И.П. Каталог мировой коллекции ВИР. Соя – исходный материал для селекции сои в богарных и орошаемых условиях Нижнего Поволжья [Текст]/ И.П. Кружилин, В.В. Толоконников, М.А. Вишнякова. – Санкт-Петербург, 2000. – Вып. 706. – 56 с.
6. Методические указания по селекции и семеноводству сои [Текст]/ Ю.П. Мякушко, Н.Д. Лунин, Д.В. Подкина и др. – М., 1981. –20 с.
7. Совершенствование селекции сои в условиях орошения [Текст] / И.П. Кружилин, Т.С. Кошкарлова, Г.П. Канцер и др.// Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы Междунар. научно-практ. интернет-конференции, посвященной 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель. – 2016. – С. 272-281.
8. Соя [Текст] /А.К. Лещенко, В.И. Сичкар, В.Г. Михайлов и др. – Киев: Наук. думка, 1987. – 256 с.
9. Толоконников, В.В. Направление совершенствования селекции сои в условиях орошения Нижнего Поволжья [Текст] /В.В. Толоконников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37) – С. 66-70.
10. Толоконников В.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологий возделывания и селекция адаптированных к природным условиям Нижнего Поволжья сортов сои. [Текст]: диссертация доктора с.-х. наук /В.В. Толоконников. – Волгоград, 2010. –502 с.

Reference

1. Vavilov, N. I. Botaniko-geograficheskie osnovy selekcii (uchenie ob isxodnom materiale v selekcii) [Tekst]/ N. I. Vavilov// Teoreticheskie osnovy selekcii rastenij. - M. - L., 1935. - T. 1. - P. 17-162.
2. D'yakov, A. B. Fiziologicheskoe obosnovanie ideatipa sortov soi, adaptirovannyh k klimatu yuga Rossii [Tekst] /A. B. D'yakov, T. A. Vasil'eva // Sovremennye problemy selekcii i tehnologii vozdel'yvaniya soi: sbornik statej 2-j Mezhdunarodnoj konferencii po soe. - Krasnodar, 2008. - P. 62-78.
3. Zajcev, N. I. Osobennosti selekcii i tehnologii vyraschivaniya semyan maslichnyh kul'tur v zone neustojchivogo uvlazhneniya Severnogo Kavkaza [Tekst]/ N. I. Zajcev. - Rn/D: OOO "AzovPechat", 2012 - 136 p.
4. Kochegura, A. V. Selekcija sortov soi raznyh napravlenij ispol'zovaniya [Tekst]: avtoref. dis... dokt. s.-h. nauk /Kochegura Aleksandr Vasil'evich. - Krasnodar, 1998 - 47 p.
5. Kruzhilin, I. P. Katalog mirovoj kollekcii VIR. Soya - isxodnyj material dlya selekcii soi v bogarnyh i oroshaemyh usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ I. P. Kruzhilin, V. V. Tolokonnikov, M. A. Vishnyakova. - Sankt-Peterburg, 2000. - Vyp. 706. - 56 p.
6. Metodicheskie ukazaniya po selekcii i semenovodstvu soi [Tekst]/ Yu. P. Myakushko, N. D. Lunin, D. V. Podkina i dr. - M., 1981. -20 p.
7. Sovershenstvovanie selekcii soi v usloviyah orosheniya [Tekst] / I. P. Kruzhilin, T. S. Koshkarova, G. P. Kancer i dr.// Melioraciya v Rossii: potencial i strategiya razvitiya: materialy Mezhdunar. nauchno-prakt. internet-konferencii, posvyaschennoj 50-letiyu masshtabnoj programmy razvitiya melioracii zemel'. - 2016. - P. 272-281.
8. Soya [Tekst] /A. K. Leschenko, V. I. Sichkar', V. G. Mihajlov i dr. - Kiev: Nauk. dumka, 1987. - 256 p.
9. Tolokonnikov, V. V. Napravlenie sovershenstvovaniya selekcii soi v usloviyah orosheniya Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] /V. V. Tolokonnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 1 (37) - P. 66-70.
10. Tolokonnikov V. V. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe obosnovanie tehnologij vozdel'yvaniya i selekcii adaptirovannyh k prirodnym usloviyam Nizhnego Povolzh'ya sortov soi. [Tekst]: dissertaciya doktora s. -- h. nauk /V. V. Tolokonnikov. - Volgograd, 2010. -502 p.

E-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru

**ЗАСУХИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****DROUGHTS AND YIELD OF CEREAL CROPS IN VOLGOGRAD REGION****Н.А. Ткаченко**, кандидат сельскохозяйственных наук**N.A. Tkachenko***Федеральный научный центр агроэкологии, мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград**Federal Scientific Center for agroecology, melioration and protective
afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

На производство продуктов растениеводства Волгоградской области большое влияние оказывают последствия изменчивости климатических условий (рост приземной температуры воздуха, изменение количества и пространственно-временного распределения осадков) и увеличение частоты повторяемости опасных агрометеорологических явлений (засухи, лесные пожары, пыльные бури, суховеи и т.д.). Засухи представляют проблему в первую очередь для зернопроизводящих хозяйств и предприятий области, так как они несут большие убытки в связи с потерей урожая. В статье проанализированы тенденции изменения тепло- и влагообеспеченности региона за последние 56 лет (1961-2016 гг.). Установлено, что количество осадков уменьшилось в июле на 5,2 мм, в августе – на 10 мм. Теплообеспеченность растет со скоростью 4,4 °C/год. За последние 26 лет средняя температура воздуха в июле увеличилась на 1,2°C, в августе – на 1,5 °C, а в октябре – на 1,3 °C. Рост теплообеспеченности способствует, с одной стороны, повышению засушливости, а с другой – увеличению вегетационного периода. Выявлены самые интенсивные и обширные по охвату территории атмосферные и почвенные засухи и проведен анализ их влияния на снижение урожайности зерновых культур в Волгоградской области.

In the production of products of plant growing in the Volgograd region have an the great influence of consequences of variability in climatic conditions (the rise in surface air temperature, the change in the amount and spatial-temporal distribution of precipitation) and increase the frequency of occurrence of dangerous agrometeorological phenomena (droughts, forest fires, dust storms, dry winds, etc.). Droughts represent a problem primarily for grain-producing farms and enterprises of the region, as they incur large losses in connection with the loss of yield. Trends in the warm and moisture availability of the region over the past 56 years (1961-2016) are analyzed in the article. It was found that the amount of precipitation decreased in July by 5.2 mm, in August - by 10 mm. The amount of warm is growing at a rate of 4.4° C/year. Over the past 26 years, the average air temperature in July increased by 1.2° C, in August - by 1.5° C, and in October - by 1.3° C. The increase the warm contributes, on the one hand, to an increase in aridity, and on the other, to an increase in the growing season. The most intensive and extensive atmospheric and soil droughts in the coverage of the territory were identified and their impact on the yield reduction of cereals in the Volgograd region was analyzed.

Ключевые слова: засухи, потепление климата, ГТК, гибель посевов, урожайность зерновых культур, Волгоградская область.

Key words: drought, climate warming, hydrothermal coefficient, loss of crops, yield of grain crops, Volgograd Region.

Введение. Засухи по своим отрицательным последствиям находятся в числе первых по сравнению с другими стихийными бедствиями. Они наносят огромный ущерб многим сферам экономики, экологии, а также продовольственной безопасности многих стран, в том числе представляют проблему для зернопроизводящих регионов Российской Федерации.

По данным разных авторов [7], в нашей стране с XI века наблюдалось от 5 до 28 засух в каждое столетие. Жесточайшая засуха 1891 года, которая охватила центральную, южную и юго-восточную степную части страны с населением больше 30 миллионов человек, привела к страшному голоду. Это стало причиной того, что засухи начали изучать более предметно.

Начало XX века также ознаменовалось сильнейшими засухами: засушливыми были 1905-1907, 1911, 1920-1921, 1924, 1931, 1932 и 1938 гг. Полное отсутствие дождей и исключительно высокая температура весны и лета нацело сгубили урожай на огромных площадях [11]. Засухи, как правило, сопровождались массовым размножением саранчи и других вредителей, для которых условия засушливой погоды наиболее благоприятны.

Эта проблема наиболее актуальна для аридных регионов Российской Федерации, где идет экстенсивное использование ресурсов, в первую очередь растительного и почвенного покрова, а возникновение сильных и очень сильных засух сопровождается значительным снижением урожайности сельскохозяйственных культур и всего сельскохозяйственного производства в целом. В связи с глобальным потеплением климата высокая вероятность того, что засухи сделают сельское хозяйство ещё более уязвимым, снизится эффективность использования сельскохозяйственных земель.

Материалы и методы. Для того чтобы минимизировать последствия засух, необходимо знать условия формирования засушливых явлений, их пространственно-временное распределение по территории, интенсивность и продолжительность.

В России чаще всего в системе агрометеорологического мониторинга засух применяют индекс Г.Т. Селянинова (ГТК) [7], который вычисляется по формуле:

$$ГТК = \frac{\sum R_{10}}{\sum_{T>10^{\circ}C}}$$

где $\sum R$ – сумма осадков (мм) и $\sum_{T>10^{\circ}C}$ – сумма среднесуточных температур ($^{\circ}C$) за период с $T>10^{\circ}C$.

На примере Волгоградской области, характеризующейся значительной континентальностью климата, резким дефицитом влаги, сильными и катастрофическими засухами, которые приводят к усилению уязвимости сельского хозяйства области и снижению эффективности использования земель, рассмотрим динамику засушливых явлений, тенденции изменения тепло- и влагообеспеченности региона за последние 56 лет (1961-2016 гг.).

Для расчета ГТК в качестве исходных данных использовались сведения о температуре воздуха и количестве осадков из климатического архива ВНИИГМИ-МДЦ [2]. Тепло- и влагообеспеченность определялась за теплый период (апрель-октябрь) для 4 метеостанций: Урюпинск, Фролово, Эльтон, Волгоград.

Статистический анализ проводился на основе сравнения средних значений основных метеорологических величин за следующие периоды наблюдений: 1961-1990 гг., 1991-2016 гг.

Период с 1961 по 1990 гг. рекомендован Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) как базовый для расчета «норм» основных метеоэлементов. Именно по отношению к этим «нормам» говорят о климатических аномалиях. Период 1991-2016 гг. был отдельно выделен, потому что именно в последнее десятилетие заметно стала проявляться тенденция к потеплению климата.

Результаты и обсуждение. Зоидзе К.Е., Хомякова Т.В. [5], обобщив многолетний опыт использования показателя ГТК в научных и практических задачах при оценке влагообеспеченности территории России и исследовании зависимости урожайности

сельхозкультур от агроклиматических условий с учетом географической зоны, периода вегетации и т.д., усовершенствовали шкалу классификации уровней влагообеспеченности по значениям ГТК.

Согласно этой шкале, достаточная влагообеспеченность из всего 56-летнего периода наблюдалась 5 раз (8,9 %) в Урюпинске, 3 раза (5,4 %) во Фролово, 3 раза (5,4 %) в Волгограде. В Эльтоне весь период с 1961 по 2016 гг. является засушливым (рисунок 1).

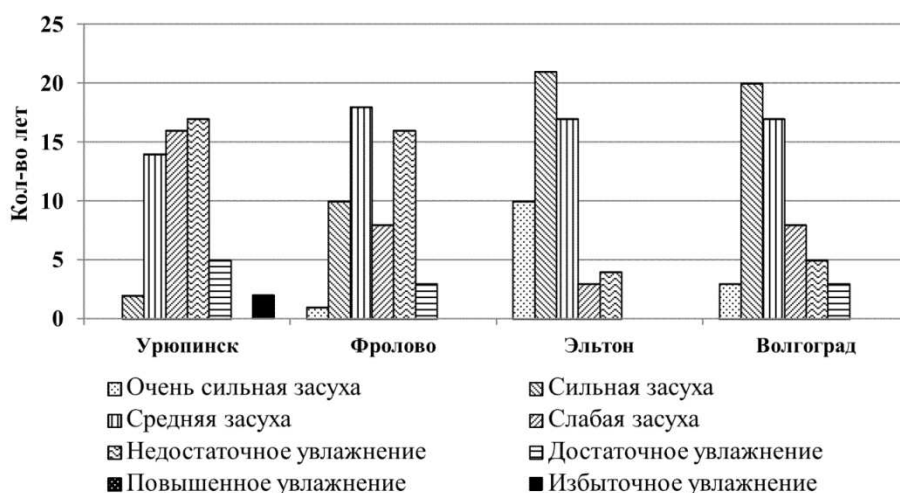


Рисунок 1 – Характеристика влагообеспеченности по ГТК за теплый период 1961-2016 гг.

Неблагоприятные условия влагообеспеченности наблюдались в большем числе лет. Засухи разной интенсивности возникали 32 раза (57 %) в Урюпинске, 37 раз (66 %) во Фролово, 48 раз (85,7 %) в Волгограде, 51 раз (91,1 %) в Эльтоне.

На рисунке 2 приведены межгодовые колебания ГТК и его линейные тренды по метеостанциям за теплый период с 1961 по 2016 гг. В таблице 1 представлены средние, максимальные и минимальные значения ГТК.

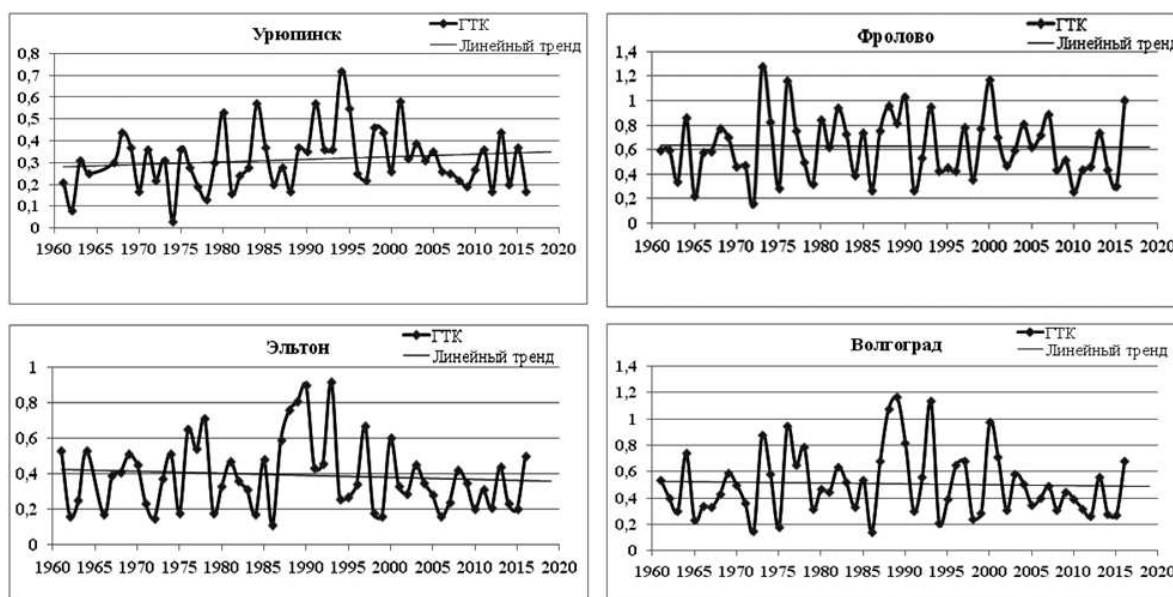


Рисунок 2 – Межгодовые изменения ГТК за период апрель-октябрь

Повторяемость засух периода 1991-2016 гг. не сильно отличается от периода 1961-1990 гг., изменения произошли лишь в их интенсивности. Уменьшилось количество лет, относящихся к категориям: «нормальное увлажнение» и «очень сильные засухи», – за счет увеличения их количества в категориях: «средняя» и «сильная» засухи. В Урюпинске увеличилось количество слабых засух, во Фролово – средних засух, в Эльтоне и Волгограде увеличилась повторяемость сильных засух.

Таблица 1 – Средние, максимальные и минимальные значения ГТК
теплого периода

Метеостанция	Среднее	Мах	Год	Min	Год
Урюпинск	1961-1990 гг.				
	0,76	1,59	1990	0,29	1986
	1991-2016 гг.				
	0,75	1,54	1993	0,20	2010
Фролово	1961-1990 гг.				
	0,65	1,28	1973	0,16	1972
	1991-2016 гг.				
	0,60	1,17	2000	0,26	2010
Эльтон	1961-1990 гг.				
	0,42	0,90	1990	0,11	1986
	1991-2016 гг.				
	0,36	0,92	1993	0,16	1999, 2006
Волгоград	1961-1990 гг.				
	0,54	1,17	1989	0,14	1986
	1991-2016 гг.				
	0,47	1,14	1993	0,21	1994

По минимальным значениям ГТК можно говорить о том, что наиболее засушливыми в Урюпинске были 2010 (0,20), 1986 (0,29) гг., во Фролово – 1972 (0,16) г., в Эльтоне – 1986 (0,11), 1972 (0,15), 1962 (0,16), 1999 (0,16), 2006 (0,16), 1966 (0,17), 1984 (0,17), 1975 (0,18), 1979 (0,18), 1998 (0,18) гг., в Волгограде – в 1986 (0,14), 1972 (0,15), 1975 (0,18) гг. Максимальные значения ГТК, характеризующие хорошую влагообеспеченность территории, выявлены в Урюпинске в 2004 (1,31), 1989 (1,27), 1988 (1,14), 1976 (1,12), 1973 (1,1) гг., во Фролово – в 1973 (1,28), 2000 (1,17), 1976 (1,16) гг., в Волгограде – в 1989 (1,17), 1993 (1,14), 1988 (1,1) гг. В Урюпинске зафиксированы года, когда увлажнение было избыточным – в 1990 (1,59), 1993 (1,54) гг. В Эльтоне самый максимальный ГТК выявлен в 1993 году, по шкале засушливости он соответствует значению 0,92.

ГТК более тесно связан с осадками, чем с температурой воздуха. Так, в период 1961-2016 гг. коэффициент корреляции для теплого периода (апрель-октябрь) между ГТК и температурой воздуха составил -0,56 (отрицательная связь), а с осадками – 0,98.

Средние значения сумм активной температуры (апрель-октябрь) на территории Волгоградской области возрастают от 3063 °С (1961-1990 гг.) до 3312 °С (1991-2016 гг.) при среднем значении за 1961-2016 гг. в 3188 °С (таблица 2).

Теплообеспеченность возрастает со скоростью 4,4 °С/год. За последние 26 лет средняя температура воздуха в июле увеличилась на 1,2 °С, в августе – на 1,5 °С, а в октябре – на 1,3 °С. Количество осадков по сравнению с периодом 1961-1990 гг. увеличилось в Урюпинске, по остальным станциям выявлено уменьшение их количества. Снижение осадков выявлено в июле (на 5,2 мм) и августе (на 10 мм).

Таблица 2 – Средние значения сумм активной температуры и осадков, период апрель-октябрь 1961-2016 гг.

Метеостанции	Средние значения сумм активной температуры, °С			Средние значения осадков, мм		
	1961-1990 гг.	1991-2016 гг.	1961-2016 гг.	1961-1990 гг.	1991-2016 гг.	1961-2016 гг.
Урюпинск	2682	3000	2841	199	220	210
Фролово	3009	3177	3093	190	183	187
Эльтон	3276	3574	3425	139	124	132
Волгоград	3284	3495	3390	173	162	168
Среднее по всем метеостанциям	3063	3312	3188	175	172	174

Из-за недостаточного увлажнения и засух на территории Волгоградской области наблюдаются значительные колебания урожайности зерновых культур (рисунок 3), в связи с этим регион относится к зоне рискованного земледелия [3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16]. Самые обширные по охвату территории засухи наблюдались в 1963, 1965, 1972, 1975, 1986, 1995, 1998, 2010 годах.

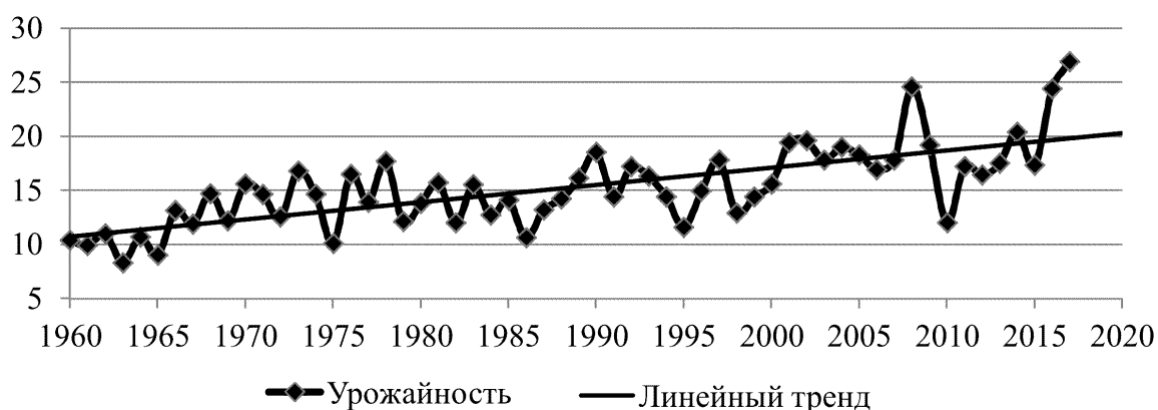


Рисунок 3 – Динамика урожайности зерновых культур (с одного гектара убранной площади в весе после доработки) Волгоградской области за период с 1960 по 2017 гг.

За последнее десятилетие самой обширной по охвату территории стала засуха 2010 года, от нее пострадали 42 субъекта Российской Федерации, в том числе и Волгоградская область [17].

Аномально жаркая и сухая погода установилась в Волгоградской области в первой и второй декадах июня 2010 года. Дневная температура воздуха повышалась до 35-40 °С, в Эльтоне и Палласовке – до 41 °С, средняя температура июня превысила норму на 3,6 °С. Осадков практически не было, в целом за месяц их количество составило 9 % от нормы. Запасы продуктивной влаги в почве понижались в пахотном слое до 0-6 мм, в метровом – до 22-55 мм. Относительная влажность воздуха в дневные часы понижалась до 9-20 %, ветер усиливался до 12-18 м/с. В период с 20 июня по 29 июня на всей территории области наблюдался сухой. Среднее значение ГТК по области за июнь составило от 0,00 до 0,19, что соответствует очень сильной засухе (таблица 3).

В результате сложившихся неблагоприятных агрометеорологических условий в Волгоградской области произошла гибель посевов сельскохозяйственных культур на площади 511,6 тыс. га, в том числе – озимых зерновых культур на площади 114,4 тыс. га, яровых зерновых и зернобобовых – 244,6 тыс. га, масличных – 144,5 тыс. га, кормо-

вых – 9,4 тыс. га, бахчевых культур – 4,7 тыс. га. Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур по области составила 12 центнеров с гектара. Всего пострадало более 1300 коллективных и крестьянских (фермерских) хозяйств. Невозмещенные затраты составили 1 млрд 750 млн рублей [6].

Таблица 3 – ГТК Селянинова за май-август 2010 года

Месяцы	Урюпинск			Фролово			Эльтон			Волгоград		
	$\Sigma T_{>10^{\circ}\text{C}},$ °C	$\Sigma R,$ мм	ГТК	$\Sigma T_{>10^{\circ}\text{C}},$ °C	$\Sigma R,$ мм	ГТК	$\Sigma T_{>10^{\circ}\text{C}},$ °C	$\Sigma R,$ мм	ГТК	$\Sigma T_{>10^{\circ}\text{C}},$ °C	$\Sigma R,$ мм	ГТК
5	565,2	44,5	0,79	563,7	47,2	0,84	601,4	52,5	0,87	574,5	81,7	1,42
6	716,3	13,6	0,19	751,4	4,1	0,05	810,1	0,1	0,00	770,4	0	0,00
7	849,9	6,2	0,07	869,3	13,5	0,16	938,4	8,9	0,09	894	27,5	0,31
8	813	2,3	0,03	843,9	22,1	0,26	892,1	1,3	0,01	883,5	3,2	0,04

В 2012 году из-за почвенной засухи и гибели посевов сельскохозяйственных культур режим чрезвычайной ситуации был введен в 16 районах Волгоградской области. Средняя температура воздуха уже в апреле превысила норму на 5,4 °C. В южных и центральных районах области с первых дней мая и в течение последующих 30 дней запасы продуктивной влаги в почве понижались в пахотном слое – с 8 мм до 0 – 3 мм, в метровом слое с 47...50 мм до 20...25 мм. В связи с этим посевы сельскохозяйственных культур находились в критическом состоянии – у озимой пшеницы произошло отмирание боковых побегов, усыхание верхней части колоса, у яровых зерновых культур отсутствовала вторичная корневая система. Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур по области составила 16,4 центнеров с гектара.

В 2015 году из-за почвенной засухи и суховея режим чрезвычайной ситуации был введен в 19 районах Волгоградской области. Агропромышленный комплекс области из-за гибели посевов недополучил не менее 1 млн тонн зерна и 120 тыс. тонн масличных культур. Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур составила 17,3 центнеров с гектара, она оказалась ниже урожайности 2014 года, которая составляла 20,4 центнеров с гектара. Пострадало 380 сельхозтоваропроизводителей с общей площадью гибели более 235 тыс. га. Ущерб по прямым затратам составил свыше 730 млн рублей [18].

С мая по июнь 2018 года в 19 районах области (Николаевский, Быковский, Ленинский, Октябрьский и др.) зафиксирована почвенная засуха. Дневная температура воздуха повышалась до 35-40°C, эффективные осадки не выпадали. Из-за сложных погодных условий уборочная кампания в пострадавших от засухи районах началась на три недели раньше. Волгоградские аграрии отмечают, что качество зерна хорошее. Уже к 11 июля аграрии намолотили более миллиона тонн зерна. По данным Комитета сельского хозяйства Волгоградской области, потребность региона в зерновых составляет 1,5 миллиона тонн [1].

Заключение. Информация об условиях формирования засух, их пространственно-временном распределении и интенсивности территории позволит разработать научно-обоснованные рекомендации для сельхозпроизводителей по снижению отрицательных последствий засух. Сельхозтоваропроизводители региона смогут получать стабильные урожаи зерна и расширять сотрудничество с другими странами для его реализации.

Библиографический список

1. Андрей Бочаров: в Волгоградской области собран первый миллион тонн зерна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.volgograd.ru/gubernator/tekush/195391/?sphrase_id=261566
2. Архив климатических данных ВНИИГМИ-МЦЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/it/178-aisori>
3. Валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур в Волгоградской области. 2013. Статистический сборник [Текст]/ Территориальный орган Федеральной службы Государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград, 2013. – С. 5, 6, 13–18.
4. Волгоградская область в цифрах. 2017 [Текст] : краткий сб. / Территориальный орган Федеральной службы Государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград: Волгоградстат, 2018. – 374 с.
5. Зоидзе, Е.К. Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности [Текст] / Е.К. Зоидзе, Т.В. Хомякова // Метеорология и гидрология. – 2006. – №2. – С. 98-105.
6. Информация о состоянии дел в отрасли растениеводства Волгоградской области и мерах, направленных на преодоление последствий гибели сельхозкультур от неблагоприятных погодных условий 2010 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ksh.volgograd.ru/current-activity/cooperation/news/41814/>
7. Клещенко, А.Д. Современные проблемы мониторинга засух [Текст] / А.Д. Клещенко // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 33. – С. 3-13.
8. Народное хозяйство РСФСР в 1961 г. [Текст] : стат. ежегодник / ЦСУ РСФСР. – М.: Госстатиздат, 1962. – 624 с.
9. Народное хозяйство РСФСР в 1966 г. [Текст]: стат. ежегодник / ЦСУ РСФСР. – М.: Статистика, 1966. – 616 с.
10. Народное хозяйство РСФСР в 1990 г. [Текст]: стат. ежегодник / Госкомстат РСФСР. – М.: Республиканский информационно-издательский центр, 1991. – 592 с.
11. Развитие адаптивных основ земледелия и совершенствование ресурсосберегающих технологий в агроландшафтах Поволжья [Текст] / А.И. Шабаев, Н.М. Жолинский, Т.В. Демьянова и др. // Научное обеспечение АПК Евро Северо-Востока России: матер. Всерос. науч.-практич. конф. – Саранск, 2010. – С. 35-44.
12. Российский статистический ежегодник 1994 [Текст]: стат. сборник. – М.: Росстат, 1994. – 799 с.
13. Российский статистический ежегодник 2004 [Текст]: стат. сборник. – М.: Росстат, 2004. – 725 с.
14. Российский статистический ежегодник 2005 [Текст]: стат. сборник. – М.: Росстат, 2005. – 819 с.
15. Сарычев, А.Н. Ресурсосбережение и урожай зерновых культур [Текст] / А.Н. Сарычев, В.М. Жидков, К.К. Бралиев. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. – 175 с.
16. Статистический ежегодник Волгоградская область 2009 [Текст]: сборник Терр. орган Фед. службы гос. статистики по Волгоградской обл. – Волгоград: Волгоградстат, 2010. – 816 с.
17. Страшная, А.И. Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет [Текст] / А.И. Страшная, Т.А. Максименкова, О.В. Чуб // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2011. – № 345. – С. 171-188.
18. Уборочная кампания близится к «финалу» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ksh.volgograd.ru/current-activity/cooperation/news/73025/?sphrase_id=250987

Reference

1. Andrej Bocharov: v Volgogradskoj oblasti sobran pervyj million tonn zerna [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: https://www.volgograd.ru/gubernator/tekush/195391/?sphrase_id=261566
2. Arhiv klimaticheskikh dannyh VNIIGMI-MCC [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://meteo.ru/it/178-aisori>

3. Valovoj sbor i urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Volgogradskoj oblasti. 2013. Statisticheskij sbornik [Tekst] / Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby Gosudarstvennoj statistiki po Volgogradskoj oblasti. - Volgograd, 2013. - P. 5, 6, 13-18.
4. Volgogradskaya oblast' v cifrah. 2017 [Tekst] : kratkij sb. / Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby Gosudarstvennoj statistiki po Volgogradskoj oblasti. - Volgograd: Volgogradstat, 2018. - 374 p.
5. Zoidze, E. K. Modelirovanie formirovaniya vlagoobespechennosti territorii Evropejskoj Rossii v sovremennyh usloviyah i osnovy ocenki agroklimaticheskoy bezopasnosti [Tekst] / E. K. Zoidze, T. V. Homyakova // Meteorologiya i gidrologiya. - 2006. - №2. - P. 98-105.
6. Informaciya o sostoyanii del v otrasli rastenievodstva Volgogradskoj oblasti i merah, napravlennyh na preodolenie posledstvij gibeli sel'hozkul'tur ot neblagopriyatnyh pogodnyh uslovij 2010 goda [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://ksh.volgograd.ru/current-activity/cooperation/news/41814/>
7. Kleschenko, A. D. Sovremennye problemy monitoringa zasuh [Tekst] / A. D. Kleschenko // Trudy VNIISXM. - 2000. - Vyp. 33. - P. 3-13.
8. Narodnoe hozyajstvo RSFSR v 1961 g. [Tekst] : stat. ezhegodnik / CSU RSFSR. - M.: Gosstatizdat, 1962. - 624 p.
9. Narodnoe hozyajstvo RSFSR v 1966 g. [Tekst]: stat. ezhegodnik / CSU RSFSR. - M.: Statistika, 1966. - 616 p.
10. Narodnoe hozyajstvo RSFSR v 1990 g. [Tekst]: stat. ezhegodnik / Goskomstat RSFSR. - M.: Respublikanskij informacionno-izdatel'skij centr, 1991. - 592 p.
11. Razvitie adaptivnyh osnov zemledeliya i sovershenstvovanie resursosberegayuschih tehnologij v agrolandshaftah Povolzh'ya [Tekst] / A. I. Shabaev, N. M. Zholinskij, T. V. Dem'yanova i dr. // Nauchnoe obespechenie APK Evro Severo-Vostoka Rossii: mater. Vseros. nauch. -- praktich. konf. - Saransk, 2010. - P. 35-44.
12. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik 1994 [Tekst]: stat. sbornik. - M.: Rosstat, 1994. - 799 p.
13. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik 2004 [Tekst]: stat. sbornik. - M.: Rosstat, 2004. - 725 p.
14. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik 2005 [Tekst]: stat. sbornik. - M.: Rosstat, 2005. - 819 p.
15. Sarychev, A. N. Resursosberezhenie i urozhaj zernovyh kul'tur [Tekst] / A. N. Sarychev, V. M. Zhidkov, K. K. Braliev. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2013. - 175 p.
16. Statisticheskij ezhegodnik Volgogradskaya oblast' 2009 [Tekst]: sbornik Terr. organ Fed. sluzhby gos. statistiki po Volgogradskoj obl. - Volgograd: Volgogradstat, 2010. - 816 p.
17. Strashnaya, A. I. Agrometeorologicheskie osobennosti zasuhi 2010 goda v Rossii po sravneniyu s zasuhami proshlyh let [Tekst] / A. I. Strashnaya, T. A. Maksimenkova, O. V. Chub // Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra Rossijskoj Federacii. - 2011. - № 345. - P. 171-188.
18. Uborochnaya kompaniya blizitsya k "finalu" [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: http://ksh.volgograd.ru/current-activity/cooperation/news/73025/?sphrase_id=250987

E-mail: natulyat@mail.ru

УДК 636.5.034

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-25

ХЛОРЕЛЛА В РАЦИОНАХ ПЕРЕПЕЛОВ ЭСТОНСКОЙ ПОРОДЫ

CHLORELLA IN DIETS OF QUAILS THE ESTONIAN BREED

М.В. Фролова, кандидат биологических наук

М.В. Московец, старший научный сотрудник

Л.А. Птицына, научный сотрудник

А.Ю. Торопов, научный сотрудник

M.V. Frolova, M.V. Moskovets, L.A. Ptitsyna, A.Y. Toropov

ФГБНУ «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия», г. Волгоград

The All-Russian scientific research institute of the irrigated agriculture, Volgograd

Приведены результаты введения нетрадиционной биологической кормовой добавки хлореллы в рационы перепелов и ее влияние на яйценоскость, качество яиц, вывод перепелят и их сохранность. Показано, что существенным резервом реализации продуктивного потенциала птицы является улучшение качества комбикорма и повышение его биологической полноценно-

сти. Проведены исследования по введению в рационы перепелов планктонного штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. Исследованиями установлено, что введение суспензии хлореллы в рационы кормления перепелов увеличивает продуктивные качества птицы и сохранность второго поколения. Использование нетрадиционной кормовой добавки хлореллы при выращивании перепелов оказало положительное влияние на яйценоскость, выводимость. Поедаемость комбикормов перепелами контрольной группы составила 85,2 %, а первой и второй опытных групп, получающих в рационе 1,5 и 2,0 % хлореллы, была практически одинаковой – 97,5 и 97,7 % соответственно. Яйценоскость перепелов на контроле за период яйцекладки составила 124,4 шт., в первой и второй опытных группах повысилась на 9,64 и 15,99 % соответственно. За весь анализируемый период масса яиц в первой и второй опытных группах превысила контроль на 3,40 % и 5,04 %. Высокие показатели при выращивании молодняка перепелов были получены у перепелов второго поколения, выведенных от опытных групп. В целом по всем показателям лучшие результаты получены при введении суспензии хлореллы 2,0 % в комбикорм второй опытной группы перепелов.

The article presents the results of the introduction of non-traditional biological feed additive *Chlorella* in quail diets and its impact on egg production, egg quality, quail output and their safety. It is shown that a significant reserve for the implementation of the productive potential of poultry is to improve the quality of feed and increase its biological value. The study on the introduction in the rations of quail planktonic strain of *Chlorella vulgaris* IGF number C-111. Studies found that the introduction of a suspension of *Chlorella* in the diet of quails increases the productive performance of birds and the preservation of the second generation. The use of non-traditional feed additive *Chlorella* in the cultivation of quails had a positive effect on egg production, hatchability. The palatability of feed quail control group was 85.2 %, and the first and second experimental groups receiving in the diet of 1.5 and 2.0% *Chlorella*, was almost the same – 97.5 and 97.7%, respectively. The quail egg production on the control for the period of egg laying was 124.4 PCs., in the first and second experimental groups increased by 9.64 and 15.99%, respectively. During the entire analyzed period, egg weight in the first and second experimental groups exceeded control by 3.40% and 5.04%. High rates in the cultivation of young quail were obtained from the second generation quail, derived from the experimental groups. In General, the best results for all indicators were obtained with the introduction of a suspension of *Chlorella* 2.0 % in the feed of the second experimental group of quails.

Ключевые слова: перепела, перепеловодство, продуктивность перепелов, кормовые добавки, суспензия хлореллы, основной рацион перепелов, яйценоскость перепелов.

Key words: quails, quail-keeping, quail productivity, feed additives, suspension of *chlorella*, the main diet of quails, quail egg production.

Введение. В последние годы становится все более сложным обеспечить мировое население продуктами питания животного происхождения [9]. Одной из важнейших отраслей животноводства в настоящее время является птицеводство. Из отличительных биологических особенностей птицы в первую очередь следует отметить быстрый рост, высокую плодовитость и физиологическую скороспелость [2]. На практике доказано, что птицеводство – одно из самых выгодных направлений как для аграрного бизнеса, так и для повышения благосостояния крестьянского подворья. Из всех видов птицы наиболее прибыльным видом являются перепела. Прибыль при их выращивании в два раза превышает непосредственные затраты [3].

По мнению О.А. Сухоруковой и Н.Я. Костиной [8], в России освоено не более чем 30 % «перепелиного рынка». В нашу страну перепела завезены в 1964 году из Югославии [2]. Относительно новая для страны отрасль перепеловодства должна сыграть важную роль в пополнении продовольственных ресурсов ценными диетическими продуктами. Продукция перепеловодства интересна для медицинской про-

мышленности, рынка биотехнологий и других отраслей народного хозяйства [4]. Перепеловодство – экономически эффективная отрасль. Это обусловлено высокой физиологической скороспелостью перепелов, небольшими площадями, необходимыми для разведения птицы, высоким качеством перепелиных яиц и мяса, устойчивостью к заболеваниям и многим другим показателям [3].

Одним из перспективных методов повышения продуктивности перепелов является включение в их рацион различных биологических добавок, нетрадиционных кормов и кормовых средств [3]. Среди биологически активных добавок одной из перспективных является хлорелла.

Зеленые водоросли, к которым относится хлорелла (*Chlorella vulgaris*), в кормлении животных выступают как наиболее востребованные для производства широкого спектра метаболитов, таких как белок, жир, углеводы, органические минералы и витамины. Хлорелла характеризуется относительной легкостью выращивания с высокой продуктивностью и содержит высокий процент белка, хлорофилла, лютеина, микроэлементов [11, 13].

В связи с вышеизложенным представляется актуальным изучение вопросов введения суспензии хлореллы в рационы перепелов.

Цель исследования – изучение влияния кормовой добавки суспензии хлореллы на продуктивность перепелов (яйценоскость, качество яиц, вывод перепелят и их сохранность). В задачи исследований входило установление поедаемости комбикормов под влиянием введения суспензии хлореллы в рационы перепелов, учет яйценоскости в динамике по возрастным периодам перепелов-несушек, определение интенсивности яйценоскости, определение инкубационных качеств яиц перепелов и сохранности перепелят второго поколения.

Материалы и методы. Исследования по изучению кормовой добавки суспензии хлореллы на продуктивность перепелов проводили в 2016-2017 гг. в Средне-Ахтубинском районе Волгоградской области на базе КФХ Карповой Т.И.

Объектом исследования были перепела эстонской породы в возрасте от 43 до 240 дней, а также выведенные от них перепелята.

Для исследования были сформированы три группы перепелов: первая – контрольная, вторая и третья группы – опытные. В ходе исследований опытным группам перепелов на протяжении всего производственного цикла использования птицы в рацион вводили суспензию хлореллы (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 при концентрации 30-40 млн клеток в 1 мл) в количестве 1,5 и 2,0 % к массе комбикорма соответственно. В рацион контрольной группы суспензию хлореллы не включали (таблица).

Таблица – Схема опыта

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Условия кормления	полнорационный комбикорм (основной рацион)	основной рацион + 1,5 % суспензии хлореллы	основной рацион + 2,0 % суспензии хлореллы
Продолжительность кормления, дни	198	198	198

Подопытные группы на основании методики ВНИТИП были сформированы по принципу аналогов (порода, возраст, развитие, состояние здоровья, живая масса) из ремонтного молодняка перепелов в возрасте 43 дней [6]. В каждую группу было включено 30 самок и 15 самцов (половое соотношение 1 : 2), которые размещались в одной клетке в клеточных батареях собственной конструкции в соответствии с рекомендуемыми методиками научных исследований в животноводстве и птицеводстве [7].

Условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата и режим освещения во всех группах были одинаковыми и соответствовали «Рекомендациям по производству яиц и мяса перепелов» [7]. Доступ к воде и корму был свободный. В помещении поддерживали температуру 20-22 °С и влажность 65-70 %. Также проводили наблюдения за перепелами второго поколения, полученными от опытных и контрольной групп, учитывали их сохранность.

Используемые в исследовании комбикорма (основной рацион) для контрольной и подопытных групп перепелов по набору ингредиентов практически не отличались друг от друга, они имели следующий состав: пшеница – 46,0 %, кукуруза – 19,5, шрот соевый – 18,2, мука костная – 4,0, мука рыбная – 2,0, дрожжи кормовые – 2,0, масло растительное – 2,3, мука травяная – 2,4, известняк – 3,5, соль поваренная – 0,10 % [6]. По содержанию питательных веществ и энергии в рационах контрольной и подопытных групп существенной разницы не отмечалось, в 100 г комбикорма содержалось 274,9-275,2 ккал (16 МДж) обменной энергии.

Результаты и обсуждение. Известно, что хлорелла обладает белком высокого качества, который превосходит все известные растительные кормовые белки, т.к. в нем содержатся все необходимые аминокислоты, в том числе незаменимые. В её состав входят аспарагиновая, гамма-аминомасляная и глютаминовая кислоты, глицин, серин, аланин, цистин, тирозин, пролин, β-аланин. Содержание нуклеиновых кислот в хлорелле варьирует от 4 до 7 %. Питательная ценность ее белка в два раза выше соевого [1, 95]. С ней не могут сравниться не только водные, но и наземные растения [1].

Согласно данным Н.И. Богданова, «в хлорелле содержатся все известные витамины и особенно много витамина С (1000-2500 мг на 1 кг сухого вещества). Некоторых из них даже во много раз больше, чем в высших растениях, в ней имеются кобальт, медь, марганец, молибден, железо, цинк, йод и другие микроэлементы» [1].

Именно поэтому хлорелла в кормлении способна заменить рыбную муку и соевую муку на 5 и 10 % без отрицательного влияния на прирост массы тела и коэффициент конверсии кормов у растущих цыплят. Известно, что хлорелла как питательная добавка имеет положительные эффекты, такие как рост, иммуномодуляция, антиоксидантная активность и восстановление тканей. Некоторые авторы, изучая биохимический состав крови японских перепелов, в кормлении которых использовалась хлорелла, отмечали увеличение общего содержания белков, альбумина, глобулина и глюкозы на фоне пропорционального снижения уровня холестерина и триглицеридов у них же. Из опытов стало известно, что хлорелла проявляла и стимулирующий эффект роста, усиливала гуморальные иммунные ответы, и способна выступать в замену антибиотиков в кормлении цыплят-бройлеров [12], что позволяет этой биологической добавке служить альтернативным источником питания, обеспечивающим здоровье птицы [10].

Нашими исследованиями установлено, что введение суспензии хлореллы в рацион перепелов повлияло на поедаемость комбикорма перепелами подопытных групп. Так, на контроле она составила 85,2 %, а в первой и второй опытных группах была практически одинаковой – 97,5-97,7 %.

Важным положительным свойством суспензии хлореллы в кормлении птицы является то, что она выполняет роль богатого источника полиненасыщенных жирных кислот, в том числе докозагексаеновой и эйкозапентаеновой кислот, но также может служить источником белка, микроэлементов, витаминов, а также антиоксидантом и пигментным агентом для кожи и яичных желтков. Установлено, что хлорелла оказыва-

ет благотворное влияние на мясо и качество яиц, вследствие повышенной концентрации полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и каротиноидов, а также в отношении показателей производительности и иммунной функции. В заключение следует отметить, что благодаря химическому составу микроводоросль хлореллы эффективно используется в питании птицы для усиления пигментации и пищевой ценности мяса и яиц, а также частичного замещения традиционных диетических источников белка [10].

Основным показателем, характеризующим продуктивные качества перепелов, является их яйценоскость. В течение 198 дней провели учет по возрастным периодам и наблюдения за яйценоскостью перепелов-несушек первого поколения (рисунок).

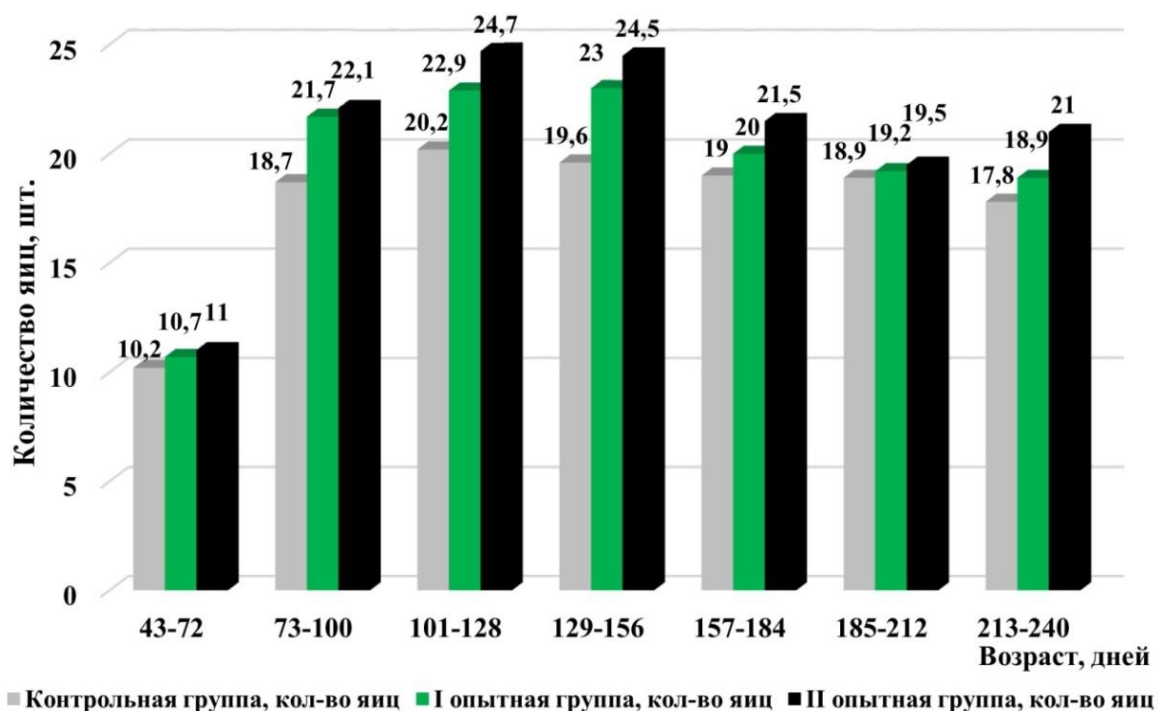


Рисунок – Динамика яйценоскости первого поколения перепелов эстонской породы

Яйценоскость на среднюю несушку у перепелок в первый месяц продуктивности была практически одинаковой. Однако у самок первой и второй опытных групп показатели яйценоскости превышали показатели контрольной на 4,9 % и 7,8 %. Во второй месяц показатели яйценоскости опытных групп в сравнении с контрольной были выше соответственно на 16,0 и 18,18 %. По интенсивности яйценоскости на несушку в течение всего периода исследований наблюдалась аналогичная закономерность. В целом в течение периода яйцекладки наиболее высокая продуктивность отмечена у перепелов второй опытной группы, получавших в рационе 2,0 % суспензии хлореллы, их яйценоскость составила 144,3 яйца на несушку и на 15,99 % превысила показатели контрольной группы.

Масса яиц также является важным показателем при оценке уровня продуктивности перепелов. Этот признак в значительной степени зависит от породы, линии и кросса, живой массы и возраста несушек. Вместе с тем, по данным Р.Р. Гадиева и Л.Ш. Хайрулиной [3], на величину этого показателя влияют условия кормления и содержания.

Данные, полученные в ходе наших исследований, показали, что масса яиц во всех подопытных группах с возрастом увеличивалась. При сравнении первого и последнего месяцев яйцекладки перепелов было установлено, что средняя масса яиц во второй группе увеличилась на 13,2 %, а в третьей – на 14,4 % по отношению к контрольной группе. За весь анализируемый период масса яиц в первой и второй опытных группах составила 12,1 и 12,5 г, превысив показатели контрольной группы на 3,4 и 5,04 %.

Кроме того, учитывали инкубационные качества яиц перепелов. Установлено, что во всех подопытных группах перепелов на протяжении всего периода исследований наблюдался высокий выход инкубационных яиц, выводимость молодняка составила в контрольной группе 75,7 %, в первой опытной – 84,5 %, во второй опытной – 85,0 %. Введение суспензии хлореллы положительно повлияло на сохранность перепелов второго поколения, полученных от опытных и контрольной групп, за анализируемый период (от 1-го до 42-го дней) она находилась на высоком уровне (100 %) в сравнении с контрольной (95,6 %).

Отмечено положительное влияние суспензии хлореллы на изменение живой массы перепелов. Нашими исследованиями установлено, что в конце анализируемого периода исследований большую живую массу имели перепелята, полученные от перепелов первой и второй опытных групп, – на 2,9-4,3 % по сравнению с первой контрольной (220,8 г – самки и 189,0 г – самцы).

Заключение. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что при выращивании перепелов все применяемые схемы ввода хлореллы в комбикорм оказывают положительное влияние на яйценоскость и выводимость.

Использование хлореллы как нетрадиционной кормовой добавки при выращивании перепелов способствовало повышению поедаемости и усвояемости кормов до 98 %, увеличению яйценоскости – на 10-16 %, увеличению массы яиц – на 3-5 %, получению яиц с высокими инкубационными качествами, а также повышало сохранность второго поголовья до 100 %.

В целом по всем показателям лучшие результаты были получены при введении суспензии хлореллы 2,0 % в комбикорм перепелов.

Библиографический список

1. Богданов, Н.И. Хлорелла – нетрадиционная кормовая добавка [Текст] / Н.И. Богданов // Материалы V Международной научно-практической конференции /Донской ГАУ. – Ростов на Дону, 2004. – С. 35-38.
2. Гадиев, Р.Р. Резервы промышленного птицеводства России [Текст] / Р.Р. Гадиев. – Сергиев Посад – Уфа: БГАУ, 2002. – 325 с.
3. Гадиев, Р.Р. Влияние НуПро на продуктивные показатели молодняка перепелов [Текст] / Р.Р. Гадиев, Л.Ш. Хайрулина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 5 (43). – С.153-155.
4. Гурьева, Т. Пора разводить перепелов [Текст] / Т. Гурьева, И. Абакумова // Будь здоров. – 2003. – № 8. – С. 122.
5. Мелихов, В.В. Хлорелла – высокопродуктивная кормовая добавка [Текст] / В.В. Мелихов // Вестник АПК. – 2003. – № 5. – С. 14-16.
6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных [Текст]: справ. пособие / под ред. А.П. Калашникова [и др.]. – М., 2003. – 456 с.
7. Рекомендации по производству яиц и мяса перепелов НПО «Комплекс» [Текст] / М.Д. Пигарева, Ю.А. Плясов, В.Н. Володина и др. – М., 1989. –28 с.
8. Сухорукова, О.А. Механизм повышения продуктивности перепелов путем применения экстракта пихты сибирской [Текст] / О.А. Сухорукова, Н.Я. Костина // Вестник ТГПУ. – 2010. – № 3. – С. 36-39.

9. Фисинин, В.И. Мировые и российские тренды развития птицеводства [Текст] / В.И. Фисинин // Животноводство России. – 2018. – № 4. – С. 2-6.

10. Application of microalgae biomass in poultry nutrition/ S. Swiatkiewicz, A. Arczewska-Wloseka, D. Jozefiak // Worlds Poultry Science Journal. – Volume 71, Issue 4, December 2015. – P. 663-672.

11. Functional ingredients from microalgae / Buono S, Langellotti AL, Martello A, Rinna F, Fogliano V// Food Funct. – 2014; 5: 1669-1685. DOI: 10.1039/C4FO00125G.

12. Effect of Dietary Supplementation of Chlorella vulgaris (Green Microalgae) on Serum Biochemical Parameters of Japanese Quai /Anjalai K., Revathi K., Vidhya G., Kirubakaran R. et al. // International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences. – 2018. – Vol. 6. – Issue 5. – May. – P. 111-116.

13. The production of lutein-enriched eggs with dietary Chlorella / Jeon JY, Kim KE, Im HJ, Oh ST, Lim SU, et al. Korean J Food Sci Anim Resour. – 2012; 32: 13-17. DOI: 10.5851/kosfa.2012.32.1.13.

Reference

1. Bogdanov, N. I. Hlorella - netradicionnaya kormovaya dobavka [Tekst] / N. I. Bogdanov // Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii /Donskoj GAU. – Rostov na Dony , 2004. - P. 35-38.

2. Gadiev, R. R. Rezervy promyshlennogo pticevodstva Rossii [Tekst] / R. R. Gadiev. - Ser-giev Posad - Ufa: BGAU, 2002. - 325 p.

3. Gadiev, R. R. Vliyanie NuPro na produktivnye pokazateli molodnyaka perepelov [Tekst] / R. R. Gadiev, L. Sh. Hajrulina // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - № 5 (43). - P.153-155.

4. Gur'eva, T. Pora razvodit' perepelov [Tekst] / T. Gur'eva, I. Abakumova // Bud' zdorov. - 2003. - № 8. - P. 122.

5. Melihov, V. V. Hlorella - vysokoproduktivnaya kormovaya dobavka [Tekst] / V. V. Meli-hov // Vestnik APK. - 2003. - № 5. - P. 14-16.

6. Normy i rationy kormleniya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh [Tekst]: sprav. posobie / pod red. A. P. Kalashnikova [i dr.]. - M., 2003. - 456 p.

7. Rekomendacii po proizvodstvu yaic i myasa perepelov NPO "Kompleks" [Tekst] / M. D. Pigareva, Yu. A. Plyasov, V. N. Volodina i dr. - M., 1989. - 28 p.

8. Suhorukova, O. A. Mehanizm povysheniya produktivnosti perepelov putem primeneniya Jkstrakta pihty sibirskoj [Tekst] / O. A. Suhorukova, N. Ya. Kostina // Vestnik TGPU. - 2010. - № 3. - P. 36-39.

9. Fisinin, V. I. Mirovye i rossijskie trendy razvitiya pticevodstva [Tekst] / V. I. Fisinin // Zhivotnovodstvo Rossii. - 2018. - № 4. - P. 2-6.

10. Application of microalgae biomass in poultry nutrition/ S. Swiatkiewicz, A. Arczewska-Wloseka, D. Jozefiak // Worlds Poultry Science Journal. - Volume 71, Issue 4, December 2015. - P. 663-672.

11. Functional ingredients from microalgae / Buono S, Langellotti AL, Martello A, Rinna F, Fogliano V// Food Funct. - 2014; 5: 1669-1685. DOI: 10.1039/C4FO00125G.

12. Effect of Dietary Supplementation of Chlorella vulgaris (Green Microalgae) on Serum Biochemical Parameters of Japanese Quai /Anjalai K., Revathi K., Vidhya G., Kirubakaran R. et al. // International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences. - 2018. - Vol. 6. - Issue 5. - May. - P. 111-116.

13. The production of lutein-enriched eggs with dietary Chlorella / Jeon JY, Kim KE, Im HJ, Oh ST, Lim SU, et al. Korean J Food Sci Anim Resour. - 2012; 32: 13-17. DOI: 10.5851/kosfa.2012.32.1.13.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НЕКОРНЕВОГО ДЕЙСТВИЯ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА

EFFECT OF NON-FUNCTION FERTILIZERS ON ECONOMIC-VALUE INDICATORS TABLE GRAPE VARIETIES

Е.В. Полухина¹, зав. лабораторией

Е.Н. Иваненко¹, кандидат сельскохозяйственных наук,

Д.Е. Морозов¹, младший научный сотрудник

М.В. Власенко², кандидат сельскохозяйственных наук

E.V. Poluhina¹, E.N. Ivanenko¹, D.E. Morozov¹, M.V. Vlasenko²

¹ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный центр РАН»,

Астраханская область, Черныйярский район, с. Соленое Займище

²ФНЦ агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград

¹FSBSI «The Caspian Research Institute arid agriculture», v. The Salted Zajmishche

²Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS, Volgograd

Для получения качественной продукции винограда рекомендуется использование современных агротехнических приемов, одним из которых являются подкормки удобрениями некорневого действия. В работе приведены результаты изучения влияния агрохимических средств нового поколения Плантафол и Бороплюс на основные хозяйственно-ценные показатели столовых сортов винограда различных групп спелости. Исследования проводились на территории виноградника ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный центр РАН», расположенного в северной части Астраханской области, климат которой отличается резкой континентальностью и высокой степенью засушливости. Целью исследований являлось изучение влияния некорневых подкормок на основные агробиологические и технологические показатели винограда столовых сортов в аридных условиях Астраханской области. Новизна исследований заключалась в получении экспериментальных данных о действии удобрений некорневого питания на процессы роста и плодоношения сортов винограда в условиях аридной зоны. Схема опыта представлена четырьмя вариантами: 1 – контроль (обработка водой); 2 – Плантафол; 3 – Бороплюс; 4 – Плантафол+Бороплюс. В результате исследований отмечено значительное влияние некорневых подкормок удобрениями Плантафол и Бороплюс на процессы роста и плодоношения сортов винограда столового направления при возделывании в аридных условиях. Установлено, что достоверную прибавку урожайности винограда в среднем по сортам обеспечило удобрение Бороплюс в чистом виде и совместно с Плантафолом. Выявлен положительный эффект применения удобрений на структуру элементов урожайности.

To obtain high-quality grape products, it is recommended to use modern agricultural techniques, one of which is feeding fertilizers of non-root action. The paper presents the results of the study of the impact of agrochemical means of a new generation of Plantafol and boron On the main economic and valuable indicators of table grape varieties of different groups of ripeness. The study was conducted in a vineyard of GNU "PNIIS", located in the Northern part of the Astrakhan region, where the climate is extreme continental and a high degree of aridity. The aim of the research was to study the effect of non-root fertilizing on the main agrobiological and technological indicators of table grape varieties in arid conditions of the Astrakhan region. The novelty of the research was to obtain experimental data on the effect of fertilizers of non-root nutrition on the processes of growth and fruiting of grape varieties growing in the arid zone. The scheme of experience is represented by four options: 1 – control (water treatment); 2 – Plantafol; 3 – Boroplus; 4 – Plantafol+Boroplus. As a result of research, the significant influence of non-root fertilizing fertilizers Plantafol and boron on the processes of growth and fruiting of grape varieties of table direction in cultivation in arid conditions was not-

ed. It is established that a reliable increase in grape yield average grades provided fertilizer Boroplus in pure form and together with Plantation. The positive effect of fertilizer application on the structure of yield elements was revealed.

Ключевые слова: виноград, некорневые подкормки, урожайность винограда, продуктивность винограда, вызреваемость побегов винограда.

Key words: grapes, foliar feeding, grape yield, grape productivity, ripening rate of grape shoots.

Введение. Астраханская область располагает значительной территорией, пригодной для возделывания винограда. Регион характеризуется большим количеством тепла и света, продолжительным периодом вегетации. Сумма активных температур варьирует от 3200 до 3500 °С, что вполне достаточно для формирования высоких урожаев винограда при возделывании рекомендованных для области сортов [5, 6].

Столовый виноград как один из ценных продуктов питания всегда занимал особое место в рационе питания населения. Полезные свойства винограда обуславливаются чрезвычайно богатым и разнообразным химическим составом ягод. Они содержат большое количество сахаров, органические кислоты, пектиновые вещества (от 0,10 до 0,26 %), витамины (В₁, В₂, В₅, В₆, С), биологически активные вещества, фенольные соединения. В них выявлено около 20 макро- и микроэлементов. Но, несмотря на это, потребителя столового винограда в первую очередь интересует его товарный вид: величина грозди, размер ягод, окраска, а уже потом – биологическая и пищевая ценность. Улучшить товарный вид гроздей столового винограда возможно за счет использования усовершенствованных агротехнических приемов, например, применения экологически безопасных, не обладающих побочными эффектами удобрений нового поколения [2].

Целесообразность использования макро- и микроэлементов в хелатной форме на различных культурах доказана многочисленными исследованиями, проведенными как российскими, так и зарубежными учеными. Так, положительное действие удобрений некорневого действия на урожайность и сахаристость винограда было выявлено Л. В. Колесником и А. Г. Тимошенко [8], Э.А. Асриевым [1], О.П. Рябчуном [11], М.Д. Деркунской [3] и др.

В.А. Черкунов [7] установил, что проведенные после цветения винограда некорневые подкормки фосфорно-калийными удобрениями на урожайность значительного влияния не оказывают, однако существенно повышают содержание сахаров в соке ягод.

Актуальность проведенных нами исследований обусловлена недостаточной изученностью действия некорневого питания комплексным удобрением Пантафол и микроудобрением Бороплюс на основные хозяйственно-ценные показатели столовых сортов винограда при выращивании в острозасушливых условиях.

Целью исследований являлось изучение влияния некорневых подкормок удобрениями Пантафол и Бороплюс на основные агробиологические и технологические показатели винограда столовых сортов различных сроков созревания в аридных условиях Астраханской области.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- выявить влияние некорневых подкормок на рост и развитие растений винограда;
- оценить влияние проводимых подкормок на продуктивность и качественные показатели урожая сортов винограда.

Материалы и методы. Исследования проводились в период с 2015 по 2017 гг. на винограднике ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный центр РАН», расположенного на территории Черноярского района Астраханской области.

Действие подкормок комплексным удобрением Плантафол и микроудобрением Бороплюс изучалось на столовых сортах винограда, относящихся к разным группам спелости: Кодрянка (раннеспелый), Ризамат (среднеспелый), Московский (позднеспелый). Сорта, находящиеся в опыте, возделывались в укрывной корнесобственной культуре в соответствии с агротехническими требованиями, рекомендованными для данной зоны виноградарства.

Опыт был заложен на площади 288,0 м² по методу «делянка – куст» с рендомизированным расположением вариантов. Схема посадки кустов – 4 м × 2 м, формировка кустов – веерная четырехрукавная шпалера. Учеты и наблюдения проводили согласно методике М.А. Лазаревского, 1963 г. [9], статистическую обработку данных – по Б.А. Доспехову, 1985 г. [4].

Микроудобрение Бороплюс содержит в своем составе бор (11,0 %) – важнейший микроэлемент, регулирующий процессы опыления и оплодотворения растений и способствующий улучшению углеводного и белкового обменов веществ. Виноград, являясь растением-индикатором, очень чувствителен к недостатку бора, а при выращивании этой культуры в засушливых условиях усвоение бора значительно снижается.

Плантафол представляет собой комплексное удобрение для некорневой подкормки в различные фазы вегетации растений. Это химически чистое и полностью растворимое удобрение, в котором содержится полный комплекс макроэлементов (азот, фосфор, калий), а также микроэлементы (сера, бор, железо, марганец, цинк, медь), способствующие росту, развитию и повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур.

В зависимости от процентного содержания в удобрении макроэлементов Плантафол применяется:

- с целью стимуляции роста и развития растений во время вегетативных фаз – Плантафол 30.10.10;
- для улучшения формирования генеративных органов, а также лучшей завязываемости плодов – Плантафол 10.54.10;
- для улучшения процессов налива и созревания плодов, повышения иммунитета растений – Плантафол 5.15.45;
- для повышения способности усвоения питательных веществ из основных удобрений корневой системой – Плантафол 20.20.20 [2].

В зависимости от фазы вегетации винограда в опыте нами были использованы все представленные выше виды Плантафола.

Подкормки удобрениями, проходящими испытание, проводили в утренние часы в безветренную погоду с помощью ранцевого опрыскивателя. Концентрация водных растворов составляла 0,3 % – для Плантафола, 0,1 % – для Бороплюса.

Результаты и обсуждение. Общеизвестно, что хорошо вызревшие побеги отличаются большей морозостойчивостью, что обеспечивает хороший рост кустов и их урожайность в будущем году [10]. Для оценки качества побегов и дальнейшей способности к перезимовке по вариантам опыта нами была определена доля вызревшей части побега (таблица 1).

Полученные трехлетние данные свидетельствуют о положительном действии Плантафола на вызревание побегов. У всех сортов варианты с применением данного удобрения превышали контрольные показатели на 4,4...11,8 %. Совместное применение удобрений способствовало лучшему вызреванию побегов у сортов Ризамат и Московский (+11,1 и +5,2 % к контролю, соответственно), а у сорта Кодрянка, напротив, уменьшало вызревшую часть побегов на 3,3 %.

Положительное влияние на вызревание побегов при использовании Бороплюса также выявлено у сортов Ризамат и Московский (+7,9 и +10,2 % к контролю, соответственно).

Таблица 1 – Влияние некорневых подкормок на вызревание побегов
винограда, среднее за 2015-2017 гг.

№ п/п	Вариант	Вызревание побегов, %	± к контролю, %
с. Кодрянка			
1.	Контроль	72,8	-
2.	Плантафол	78,5	+5,7
3.	Бороплюс	68,4	-4,4
4.	Плантафол+Бороплюс	69,5	-3,3
с. Ризамат			
1.	Контроль	74,2	-
2.	Плантафол	86,0	+11,8
3.	Бороплюс	82,1	+7,9
4.	Плантафол+Бороплюс	85,3	+11,1
с. Московский			
1.	Контроль	77,2	-
2.	Плантафол	81,6	+4,4
3.	Бороплюс	87,4	+10,2
4.	Плантафол+Бороплюс	82,4	+5,2

На вызревание побегов сорта Кодрянка микроудобрение Бороплюс так же, как и при совместном применении удобрений, оказало отрицательное действие: процент вызревшей части лозы уменьшился на 4,4 %.

Следовательно, необходимо учитывать индивидуальную реакцию сорта на применение тех или иных удобрений, которые оказывают различное влияние на процессы роста и развития этой культуры.

Общеизвестно, что на урожайность, являющуюся одним из основных показателей возделывания сельскохозяйственных культур, оказывает влияние большое количество факторов, таких как биологические потребности культуры, погодные условия, влагозапасы и плодородие почвы, а также минеральное питание растений.

По экспериментальным данным трехлетнего испытания нами было установлено, что некорневые подкормки испытуемыми препаратами оказали значительное влияние на урожайность сортов Кодрянка, Ризамат и Московский (таблица 2). Прибавка урожайности относительно контроля в среднем по вариантам опыта и сортам составила от 2,4 до 10,5 т/га. По результатам дисперсионного анализа выявлено, что достоверную прибавку урожайности у всех трех сортов в опыте обеспечили некорневые подкормки микроудобрением Бороплюс в чистом виде, а также совместно с комплексным удобрением Плантафол.

Таблица 2 – Биологическая урожайность винограда в зависимости
от применения агрохимических средств нового поколения

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га					± к контролю
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	среднее за 2015-2017 гг.		
1	2	3	4	5	6	7	
с. Кодрянка							
1.	Контроль	9,0	6,8	10,1	8,6		-
2.	Плантафол	10,3	10,4	12,2	11,0		+2,4
3.	Бороплюс	17,1	12,2	15,1	14,8		+6,2
4.	Плантафол+ Бороплюс	18,7	16,5	19,8	18,3		+9,7
НСР ₀₅					5,5		

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
с. Ризамат						
1.	Контроль	9,8	6,6	7,6	8,0	-
2.	Плантафол	15,9	12,6	9,6	12,7	+4,7
3.	Бороплюс	19,9	14,0	15,8	16,6	+8,6
4.	Плантафол+ Бороплюс	20,6	18,0	16,9	18,5	+10,5
НСР ₀₅					8,2	
с. Московский						
1.	Контроль	8,5	8,0	9,9	8,8	-
2.	Плантафол	12,0	11,7	15,9	13,2	+4,4
3.	Бороплюс	17,9	13,0	16,2	15,7	+6,9
4.	Плантафол+ Бороплюс	19,6	16,4	17,4	17,8	+9,0
НСР ₀₅					6,1	

В ходе эксперимента также выявлен положительный эффект применения удобрений некорневого действия Плантафол и Бороплюс на структуру элементов урожайности. Так, совместное использование удобрений у сорта Кодрянка способствовало увеличению количества ягод в грозди на 101,6 %, что является максимальным значением данного показателя среди всех изученных сортов.

Применение Плантафола и Бороплюса в чистом виде также способствовало увеличению количества ягод в грозди у всех трех сортов. Использование Плантафола привело к увеличению количества ягод на 6,1 % – у сорта Кодрянка, на 38,9 % – у сорта Ризамат и на 10,6 % – у сорта Московский. При этом на вариантах с применением Бороплюса количество ягод в грозди было значительно выше, чем на вариантах с обработкой Плантафолом (таблица 3).

Таблица 3 – Элементы структуры урожая винограда по вариантам опыта, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный центр РАН», среднее за 2015...2017 гг.

№ п/п	Вариант	Кол-во ягод в грозди		Средняя масса ягоды		Средняя масса грозди	
		шт.	± к контролю, %	г	± к контролю, г	г	± к контролю
с. Кодрянка							
1.	Контроль	79,8	-	4,0	-	338,5	-
2.	Плантафол	84,7	6,1	4,1	0,1	362,1	7,0
3.	Бороплюс	132,0	65,4	4,3	0,3	550,5	62,6
4.	Плантафол + Бороплюс	160,9	101,6	4,6	0,6	646,8	91,1
с. Ризамат							
1.	Контроль	68,1	-	5,3	-	402,8	-
2.	Плантафол	94,6	38,9	6,1	0,8	608,4	51,0
3.	Бороплюс	124,9	83,4	6,1	0,8	741,4	84,1
4.	Плантафол +Бороплюс	130,7	91,9	6,5	1,2	789,7	96,1
с. Московский							
1.	Контроль	83,3	-	4,5	-	425,3	-
2.	Плантафол	92,1	10,6	5,2	0,7	473,1	11,2
3.	Бороплюс	101,5	21,8	5,2	0,7	548,0	28,9
4.	Плантафол +Бороплюс	112,5	35,1	6,0	1,5	623,5	46,6

Средняя масса ягоды при применении некорневых подкормок Пантафолом и Бороплюсом, как в чистом виде, так и при совместном их использовании, увеличилась относительно контроля на 0,1-1,5 %, а совместное применение удобрений способствовало формированию максимально крупных гроздей у всех трех сортов в опыте. Так, масса грозди у сорта Кодрянка на варианте с совместным применением удобрений превысила контроль на 91,1 %, у сорта Ризамт – на 96,1 %, у сорта Московский – на 46,6 %.

Значительный эффект в опыте также отмечен при использовании удобрений в чистом виде: под действием Пантафола масса грозди в среднем по сортам увеличилась на 7,0...51,0 %, а Бороплюс способствовал увеличению массы гроздей на 28,9...84,1 %.

Заключение. Результаты исследований выявили значительное влияние некорневых подкормок удобрениями Пантафол и Бороплюс на основные хозяйственно-ценные показатели столовых сортов винограда, возделываемых в аридных условиях Астраханской области. При этом установлено, что наибольшей эффективностью обладает совместное использование удобрений.

Библиографический список

1. Асриев, Э.А. Внекорневая (листовая) фосфорная подкормка как метод управления фосфорным обменом винограда [Текст]: автореферат дис. канд. с.-х. наук / Э.А. Асриев. – М., 1957. – 22 с.
2. Влияние некорневых подкормок на продуктивность и качество столового винограда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ovoschevodstvo.com (Дата обращения 07.08.2018).
3. Деркунская, М. Д. Влияние внекорневых подкормок на повышение сахаристости винограда. [Текст] / М. Д. Деркунская // Виноделие и виноградарство СССР. – 1961. – №7. – С. 17-21.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Зволинский, В. П. Агроэкология и земледелие Северного Прикаспия [Текст] / В.П. Зволинский // Почвенные и растительные ресурсы, их изменения в результате сельскохозяйственного использования. – М., 1992. – Т. 1. – С. 15-16.
6. Иваненко, Е.Н. Перспективные сорта винограда для возделывания в засушливых условиях Астраханской области [Текст] / Е.Н. Иваненко, Е.В. Полухина // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – №37(1). – С. 78-89.
7. Качество винограда сорта Цитронный Магараха под влиянием обработки кустов препаратами Вымпел и Нутривант плюс [Текст] / В. А. Черкунов, П. П. Радчевский, Д. В. Сидоренко и др. // Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства / СКЗНИИСиВ. – Краснодар, 2011. – С. 87-92.
8. Колесник, Л.В. Удобрение виноградников и виноградных питомников [Текст] / Л.В. Колесник, А.Г. Тимошенко. – Кишинев, 1965. – 142 с.
9. Лазаревский, М.А. Изучение сортов винограда [Текст] / М.А. Лазаревский. – Рн/Д: Изд-во Ростовского университета, 1963. – 152 с.
10. Раджабов, С.Д. Интродукция устойчивых сортов винограда [Текст] / С.Д. Раджабов, Г.Г. Абарьянц // Виноград и вино России. – 1997. – №6. – С. 29-32.
11. Рябчун, О.П. Изучение внекорневой подкормки на виноградниках Абрау-Дюрсо [Текст] / О.П. Рябчун // Виноград и виноделие СССР. – 1958. – №5. – С. 53-54.
12. Эффективное питание растений [Текст]: каталог «Современные агрохимикаты». – Краснодар, 2011. – 136 с.

Reference

1. Asriev, Je. A. Vnekornevaya (listovaya) fosfornaya podkormka kak metod upravleniya fosfornym obmenom vinograda [Tekst]: avtoreferat dis. kand. s.-h. nauk / Je. A. Asriev. - M., 1957. - 22 p.
2. Vliyanie nekornevyh podkormok na produktivnost' i kachestvo stolovogo vinograda [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: ovoschevodstvo.com (Data obrascheniya 07.08.2018).

3. Derkunsкая, M. D. Vliyanie vnekornevykh podkormok na povyshenie saharistosti vinograda. [Tekst] /M. D. Derkunsкая // Vinodelie i vinogradarstvo SSSR. - 1961. - №7. - P. 17-21.
4. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Tekst] / B. A. Dospehov. -5-e izd., dop. i pererab. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.
5. Zvolinskij, V. P. Agrojekologiya i zemledelie Severnogo Prikaspiya [Tekst] /V. P. Zvolinskij // Pochvennye i rastitel'nye resursy, ih izmeneniya v rezul'tate sel'skohozyajstvennogo ispol'zovaniya. - M., 1992. - T. 1. - P. 15-16.
6. Ivanenko, E. N. Perspektivnye sorta vinograda dlya vzdelyvaniya v zasushliviye usloviyah Astrahanskoj oblasti [Tekst] / E. N. Ivanenko, E. V. Poluhina // Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii. - 2016. - №37(1). - P. 78-89.
7. Kachestvo vinograda sorta Citronnyj Magaracha pod vliyaniem obrabotki kustov preparatami Vympel i Nutrivant plyus [Tekst] / V. A. Cherkunov, P. P. Radchevskij, D. V. Sidorenko i dr. // Fundamental'nye i prikladnye razrabotki, formiruyuschie sovremennyj oblik sadovodstva i vinogradarstva / SKZNIISiV. - Krasnodar, 2011. - P. 87-92.
8. Kolesnik, L. V. Udobrenie vinogradnikov i vinogradnyh pitomnikov [Tekst] / L. V. Kolesnik, A. G. Timoshenko. - Kishinev, 1965. - 142 p.
9. Lazarevskij, M. A. Izuchenie sortov vinograda [Tekst] / M. A. Lazarevskij. - Rn/D: Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1963. - 152 p.
10. Radzhabov, S. D. Introdukciya ustojchivyyh sortov vinograda [Tekst] / S. D. Radzhabov, G. G. Abar'yanc // Vinograd i vino Rossii. - 1997. - №6. - P. 29-32.
11. Ryabchun, O. P. Izuchenie vnekornevoj podkormki na vinogradnikah Abrau-Dyurso [Tekst] / O. P. Ryabchun // Vinograd i vinodelie SSSR. - 1958. - №5. - P. 53-54.
12. Jefferktivnoe pitanie rastenij [Tekst]: katalog "Sovremennye agrohimikaty". - Krasnodar, 2011. - 136 p.

E-mail: vlasencomarina@mail.ru

УДК 628.1:556.18

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-27

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

WATER RESOURCES OF THE VOLGOGRAD REGION AND THE PROBLEMS OF THEIR USE

Д.А. Болотин^{1,2}, аспирант

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

А.Г. Болотин², кандидат сельскохозяйственных наук

С.Д. Фомин³, кандидат технических наук

М.К. Тихонова², кандидат сельскохозяйственных наук

D.A. Bolotin^{1,2}, N.N. Dubenok¹, A.G. Bolotin², S.D. Fomin³, M.K. Tihonova²

¹ Российский ГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

² ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград

³ Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

¹ Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow

² All-Russian scientific-research institute of irrigated agriculture, Volgograd

³ Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Рассмотрены вопросы, связанные с водообеспеченностью населения и экономики народного хозяйства Волгоградской области. Приводятся характеристики основных водных объектов, расположенных на территории области, в том числе рек: Волги, Дона, Хопра, Медведицы и других, а также водохранилищ: Волгоградского, Цимлянского, Карповского,

Варваровского, Береславского, кроме того, искусственных водоемов на местном стоке (прудов), используемых для орошения сельскохозяйственных культур. Даются объемы забора и качественные показатели воды водных объектов и их влияние на почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель.

The questions connected with water supply of the population and economy of national economy of the Volgograd region are considered. Characteristics of major water bodies located on the territory of the region, including rivers: the Volga, Don, Hoper, Medveditsa and other reservoirs: Volgograd, Tsimlyanskoe, Karpovskoe, Varvarovskoe, Bereslavskoe, and also artificial reservoirs local runoff (ponds) used for irrigation of agricultural crops. The volume of water intake and quality indicators of water bodies and their impact on soil-reclamation condition of irrigated lands are given.

Ключевые слова: водные ресурсы, качество воды, орошаемые земли, процессы засоления, процессы осолонцевания.

Key words: water resources, water quality, irrigated lands, salinization, salinization processes.

Введение. Развитие экономики любой страны неразрывно связано с использованием природных богатств, среди которых одно из важнейших мест занимают водные ресурсы, необходимые для удовлетворения социальных и производственных нужд населения, а также определения объемов и направления социально-экономического развития. Сложность решения этой проблемы состоит в том, что источники водообеспечения не всегда могут удовлетворять требованиям водопользователей к режиму, объему и качеству вод. Современное развитие общества сопровождается увеличением техногенной нагрузки на природные ландшафты и нарастанием дефицита пресной воды, что отрицательно сказывается на ее качестве и приводит к деградации орошаемых агроландшафтов. Все это актуализирует проведение мониторинга качества воды в водных объектах, используемых в орошаемом земледелии.

Материалы и методы. Объектом исследований служат поверхностные воды Варваровского и Береславского водохранилищ, прудов «Нижний» и «Верхний», расположенных на балке Песчаной, а предметом исследований – закономерности изменения показателей качества воды и оценка влияния ее на почвенно-мелиоративное состояние орошаемых земель.

При исследовании характеристик водных объектов использовали фондовый материал Министерства природных ресурсов, литературные источники, методы математического моделирования, а также общепринятые методики в орошаемом земледелии. Химический состав вод определялся по принятым в настоящее время ГОСТ в соответствии с методическими указаниями. Определение химического состава воды и оценка ее качества проводились по ГОСТ 17.1.3.07-82 в соответствии с природоохранными нормативными документами (ПНД) по С.Я. Безниной [1,4].

Результаты и обсуждение. На территории Волгоградской области протекает около 200 рек, которые относятся к бассейнам Азовского и Каспийского морей, Прикаспийскому и Сарпинскому бессточным бассейнам. Суммарная протяженность рек в пределах области составляет 7981 км. Местный сток на территории области формируется в объеме 4,9 км³/год, что составляет 42,9 тыс. м³/год на 1 квадратный километр территории или 1,9 тыс. м³/год на одного человека. С учетом транзитного стока из сопредельных территорий суммарный сток повышается до 275 км³/год, а на одного человека – до 100,2 тыс. м³/год [2, 5, 7].

Река Волга содержит основные водные ресурсы области и протекает в ее пределах на протяжении 318 км. В средний по водности год транзитный сток Волги через область по различным оценкам составляет от 249,5 до 254,0 км³/год. За период наблюдений сток реки колебался в пределах 161...391 км³/год (таблица 1).

Таблица 1 – Водные ресурсы основных рек области
(Справочник «Водное хозяйство», 1988)

Река	Площадь водозабора, тыс. км ²	Длина, км	Средний расход воды, тыс. м ³ /с	Водные ресурсы, км ³ /год		
				средние	наибольшие	наименьшие
Волга	1380,0	3090	8,04	254	391	161
Дон	422,0	1970	0,89	28,1	52,0	11,7
Хопер	61,1	979	0,04	2,9	5,3	1,2
Медведица	34,7	745	0,03	2,4	3,6	0,8

Второй по величине водной артерией области является Дон, протекающий на протяжении 537 км по западной части области. В средний по водности год расход воды р. Дон составляет 890 м³/с или 28,1 км³/год.

В северной части Волгограда при строительстве плотины Волжской ГЭС образовано Волгоградское водохранилище. При нормальном подпёртом уровне его объем составляет 24,09 км³, а полезный – 8,2 км³. Кроме того на территории области в пределах 197 км расположено Цимлянское водохранилище с общим объемом 23,86 км³, а полезным – 11,5 км³.

Реки Волга и Дон соединены Волго-Донским судоходным каналом. Его общая длина 101 км, из них 45 км приходится на реки и водохранилища: Варваровское, Береславское и Карповское (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика водохранилищ (Справочник «Водное хозяйство», 1988)

Наименование водохранилища	Площадь водного зеркала при НПУ, км ²	Объем, млн м ³		Река
		полный	полезный	
Волгоградское	3117	31450	8250	Волга
Цимлянское	2702	23860	11540	Дон
Карповское	42	155	40	Карповка
Варваровское	26,7	125	26,6	Червленая
Береславское	15,2	52,5	13,4	Червленая

Из малых рек только шесть (Хопер, Медведица, Иловля, Терса, Бузулук и Кумылга) имеют круглогодичный водоток, 40 – только в устьевой части, а остальные действуют в период весеннего паводка и интенсивных дождей [3].

Озер в области сравнительно мало, 98 % из них имеют площадь до 0,5 км². Выделяется группа соленых озер Заволжья: Эльтон, Горько-соленое (Булукта), Боткуль – и группа пресных озер: Сарпа, Цаца, северная часть озера Барманцак, пойменные озера в долине Дона и в Волго-Ахтубинской пойме. Последние, как правило, невелики, в половодье соединяются с основными руслами рек, а в межень изолированы.

Формируемый на территории области речной сток частично зарегулирован путем создания искусственных водоемов на местном стоке, в частности 3780 прудов с полезным объемом 480 млн м³, вода 549 водоемов использовалась для целей орошения.

Оценка водообеспеченности муниципальных районов Волгоградской области ресурсами местного речного стока, по данным С.М. Мусаеляна [8], показывает, что обеспеченность водными ресурсами заволжских и южных районов, а также Городищенского, Дубовского и Камышинского районов на 30-50 % ниже среднеобластных показателей.

Другим не менее важным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Волгоградской области являются подземные воды. Территория области расположена на стыке 4 артезианских бассейнов: Сурско-Хоперского, Донецко-Донского, Прикаспийского и Ергенинского. По данным А.К. Фоменко [9], эксплуатационные прогнозные ресурсы подземных вод составляют 4381 тыс. м³/сут., в том числе с минерализацией: до 1 г/дм³ – 3563 тыс. м³/сут., 1-3 г/дм³ – 727 тыс. м³/сут. И 3-10 г/дм³ – 91 тыс.

м³/сут. Наибольшее количество пресных подземных вод сконцентрировано на северо-западе области в Сурско-Хоперском бассейне. Южные и восточные районы испытывают острый дефицит в подземных водах, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения.

Водные ресурсы достаточно интенсивно используются в различных отраслях экономики области. Объемы забираемой пресной воды из природных объектов на социально-экономические цели области в период перестройки народного хозяйства значительно сократились. Так, в последнее десятилетие XX века установленные лимиты забора воды из поверхностных водоисточников в области уменьшились от 2740 до 2032 млн м³, в том числе из бассейна р. Волга 1420,9 млн м³, а из бассейна р. Дон – 611,6 млн м³. В течение 2013...2016 гг. объемы забранной пресной воды из природных водных объектов продолжали снижаться от 1096,1 до 932,8 млн м³, в том числе из поверхностных водных объектов от 1052,1 до 891,8 млн м³, а из подземных – от 45,4 до 41,0 млн м³, что в 2,7-3,0 раза меньше чем в конце прошлого века [3, 6].

В народном хозяйстве области в эти годы было использовано 592,9...519,9 млн м³ или 56,4...58,3 % всего забранного из природных объектов объема пресной воды. На питьевые и хозяйственно-бытовые нужды по области было использовано 215,7...188,2 млн м³, 218,6...237,2 млн м³ было подано на орошение сельскохозяйственных культур, а остальные – на прочие нужды.

Сброс ливневых, коллекторно-дренажных и сточных вод в поверхностные водные объекты на территории области в течение 2013...2016 гг. изменялся от 159,4 до 121,9 млн м³, в том числе загрязненных сточных вод от 141,2 до 104,2 млн м³. Основной объем загрязненных сточных вод 120,9...89,5 млн м³ или 85...86 % общего стока загрязненных вод приходится на г. Волгоград. Вместе со сточными водами в поверхностные водные объекты сбрасывается до 49,5...75,4 тысяч тонн загрязняющих веществ [6].

Несмотря на значительное сокращение объемов забора пресной воды из поверхностных водоисточников и сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, адекватного улучшения качества волжской и донской воды не происходит. В основном качество воды в этих водных объектах и созданных на их основе водохранилищ, по данным Волгоградского ЦГМС [6], относится к разряду 3А – «загрязненная» и 3Б – «очень загрязненная», а иногда, особенно в водохранилищах, к классу 4А – «грязная». В связи с этим качество воды в основных водных объектах области формируется за счет транзитного переноса загрязняющих веществ с верховьев рек Волги и Дона.

Основной причиной уменьшения объемов забора пресной воды на орошение является значительное сокращение поливных угодий, в том числе из-за высокой стоимости подачи 1 м³ оросительной воды на орошение сельскохозяйственных культур [10]. Прежде всего это относится к оросительным системам и орошаемым участкам, расположенным в правобережье р. Волга. Так, на Городищенской оросительной системе и некоторых орошаемых участках, источником орошения которых является Волго-Донской судоходный канал (ВДСК), подача воды на орошение осуществляется за счет тройной перекачки. При этом стоимость подачи воды на орошение повышается до 4,5-5,0 рублей за кубический метр. В связи с этим многие водопользователи стремятся использовать воду с подачей одной насосной станции из искусственных прудов или из ВДСК, который дополнительно взимает плату с водопользователей за перекачку донской воды при пополнении водохранилищ.

Если среднегодовая минерализация воды в р. Волга и Волгоградском водохранилище, по данным Волгоградского ЦГМС [6], изменяется от 0,28 до 0,31 г/дм³, а в р. Дон и Цимлянском водохранилище от 0,38 до 0,55 г/дм³, то в Варваровском и Береславском водохранилищах, по нашим данным, она в среднем за 2014...2017 гг. повыша-

ется до 0,87 и 0,98 г/дм³. В течение оросительного периода средняя минерализация воды в этих водохранилищах изменяется от 0,72 до 1,19 и 0,66 до 1,53 г/дм³ соответственно (рисунок 1).

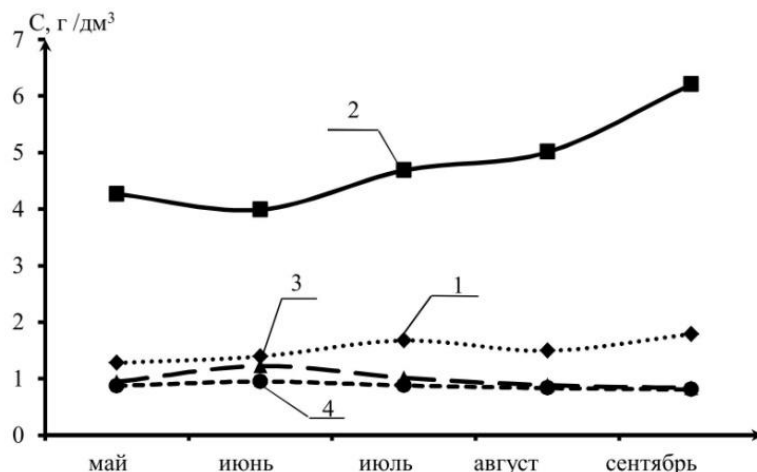


Рисунок 1 – Динамика изменения минерализации воды (С) в поверхностных водоемах (среднее за 2014-2017 гг.):

1 – пруд «Верхний»; 2 – пруд «Нижний»;

3 – Береславское водохранилище; 4 – Варваровское водохранилище

Наиболее высокая минерализация воды отмечается в прудах «Верхний» и «Нижний», расположенных в балки Песчаная – элемента гидрографической сети р. Дон. Так, в пруду «Верхний» среднегодовая минерализация за 2014-2017 годы исследований составила 1,53 г/дм³, а в «Нижнем» - 4,83 г/дм³. При этом средняя минерализация воды в течение оросительного периода в эти годы в «Верхнем» пруду изменялась от 1,28 до 1,79 г/дм³, а в «Нижнем» – от 3,99 до 6,20 г/дм³.

Степень опасности засоления и осолонцевания почв при поливе сельскохозяйственных культур в ФГУП «Орошаемое» поверхностными водами, указанных водных объектов проводилась нами по величине минерализации и «выверенному» адсорбционно-натриевому отношению (рисунок 2).

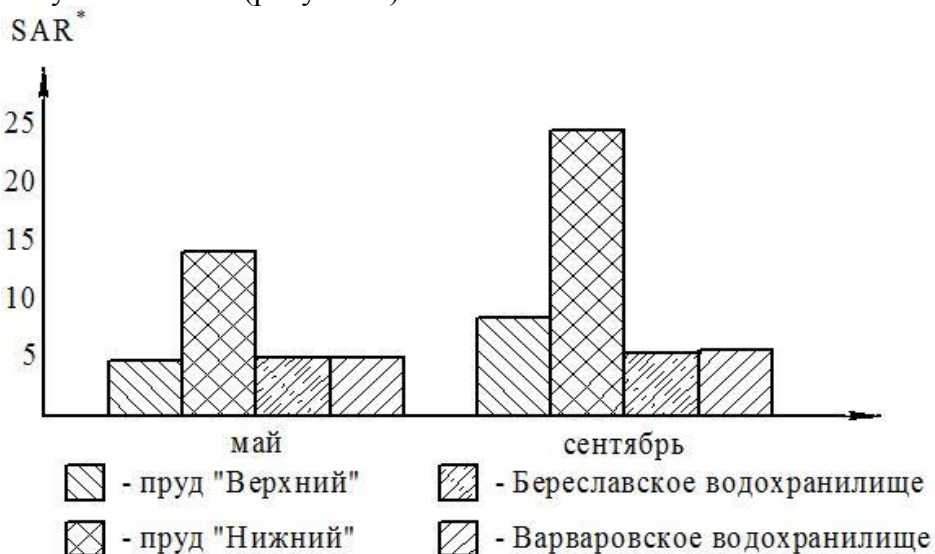


Рисунок 2 – Изменения значений «выверенного» адсорбционно-натриевого отношения (SAR*) поверхностных вод искусственных водоемов

Опасность засоления почв при использовании на полив воды Береславского и Варваровского водохранилищ изменяется от низкой до средней, так как общая минерализация воды в начале оросительного периода составляет менее 1 г/дм^3 , а к концу – в пределах $1...2 \text{ г/дм}^3$. При поливе водой из «Верхнего» пруда опасность засоления почв средняя, так как общая минерализация воды находится в пределах $1...2 \text{ г/дм}^3$, а из «Нижнего» – очень высокая.

Осолонцевания почв при поливе водой из Береславского и Варваровского водохранилищ не ожидается, так как $\text{SAR}^* < 6$. Использование на полив воды пруда «Верхний» приведет к постепенному накоплению солей в почве, так как SAR^* к концу вегетации сельскохозяйственных культур составляет более 6. Воду пруда «Нижний» из-за очень высокой степени опасности осолонцевания ($\text{SAR}^* 14,2-24,6$) для полива использовать не рекомендуется.

Заключение. Водные ресурсы Волгоградской области в средний по водности год оцениваются в пределах $275-280 \text{ км}^3$. Полезный объем воды, аккумулированный в водохранилищах и прудах, составляет немногим более 20 км^3 . Разведанные эксплуатационные ресурсы подземных вод прогнозируются на уровне $4380 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$. Однако из-за неравномерности его распределения и низкого качества заволжские и южные районы области испытывают дефицит пресной воды. Показатели качества воды в основных водных объектах, расположенных на территории Волгоградской области, соответствуют критериям ГОСТ 17.1.2.03-90 качества воды для орошения. Однако, при использовании на полив сельскохозяйственных культур водных ресурсов из искусственных водоемов (прудов) емкостью менее 1 млн м^3 , расположенных в сухостепной зоне, возможно, засоление и осолонцевание почв различной степени.

Библиографический список

1. Безднина, С.Я. Научные основы оценки качества воды для орошения [Текст]: монография / С.Я. Безднина. – Рязань: Изд. РГАТУ, 2013. – 171 с.
2. Бородычев, В.В. Водные ресурсы Республики Калмыкия и мероприятия по совершенствованию водохозяйственного комплекса [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов // Доклады РАСХН. – 2015. – №4. – С. 41-45.
3. Быков, А.А. Стратегия устойчивого водопользования в Волгоградской области [Текст] / А.А. Быков, А.П. Истомин // Освоение и использование природных ресурсов Волгоградской области – путь устойчивого развития региона: мат. науч. конф. – Волгоград, 2001. – С. 171-173.
4. Гидрохимия [Текст] / А.М. Никаноров [и др.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 232 с.
5. Дедова, Э.Б. Характеристика водных ресурсов Республики Калмыкия и пути их рационального использования для нужд агропромышленного комплекса [Текст] / Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, С.И. Ковриго // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: мат. Межд. науч. конф. / Под общ. ред. Ю.А. Мажайского / ФГБОУ ВПО РГАТУ. – Рязань, 2014. – Вып. 6. – С. 256-260.
6. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2016 году» [Текст] / ред. колл. В.Е. Сазонов [и др.]; Комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. – Волгоград: «ТЕМПORA», 2017. – 300 с.
7. Мелиорация и водное хозяйство. Водное хозяйство [Текст]: справочник / Под ред. И.И. Бородавченко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 399 с.
8. Мусаелян, С.М. Экологическое состояние объектов Волгоградской области и пути его улучшения [Текст]: монография / С.М. Мусаелян, А.А. Быков. – Волгоград, 2004. – 96 с.
9. Фоменко, А.К. Обеспеченность населения Волгоградской области ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения [Текст] / А.К. Фоменко // Освоение и использование природных ресурсов Волгоградской области – путь устойчивого развития региона: мат. науч. конф. – Волгоград: Издатель, 2001. – С. 173-178.

10. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии [Текст] / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, А.А. Новиков и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 3(51). – С. 14-21.

Reference

1. Bezdina, S. Ya. Nauchnye osnovy ocenki kachestva vody dlya orosheniya [Tekst]: monografiya / S. Ya. Bezdina. - Ryazan': Izd. RGATU, 2013. - 171 p.
2. Borodychev, V. V. Vodnye resursy Respubliki Kalmykiya i meropriyatiya po sovershenstvovaniyu vodohozyajstvennogo kompleksa [Tekst] / V. V. Borodychev, J. B. Dedova, M. A. Sazanov // Doklady RASXN. - 2015. - №4. - P. 41-45.
3. Bykov, A. A. Strategiya ustojchivogo vodopol'zovaniya v Volgogradskoj oblasti [Tekst] / A. A. Bykov, A. P. Istomin // Osvoenie i ispol'zovanie prirodnih resursov Volgogradskoj oblasti - put' ustojchivogo razvitiya regiona: mat. nauch. konf. - Volgograd, 2001. - P. 171-173.
4. Gidrohimiya [Tekst] / A. M. Nikanorov [i dr.]. - L.: Gidrometeoizdat, 1985. - 232 p.
5. Dedova, Je. B. Harakteristika vodnyh resursov Respubliki Kalmykiya i puti ih racional'nogo ispol'zovaniya dlya nuzhd agropromyshlennogo kompleksa [Tekst] / Je. B. Dedova, M. A. Sazanov, S. I. Kovrigo // Jekologicheskoe sostoyanie prirodnoj sredy i nauchno-prakticheskie aspekty sovremennyh meliorativnyh tehnologij: mat. Mezhd. nauch. konf. / Pod obsch. red. Yu. A. Mazhayskogo / FGBOU VPO RGATU. - Ryazan', 2014. - Vyp. 6. - P. 256-260.
6. Doklad "O sostoyanii okruzhayushej sredy Volgogradskoj oblasti v 2016 godu" [Tekst] / red. koll. V. E. Sazonov [i dr.]; Komitet prirodnih resursov, lesnogo hozyajstva i jekologii Volgogradskoj oblasti. - Volgograd: "TEMPORA", 2017. - 300 p.
7. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. Vodnoe hozyajstvo [Tekst]: spravochnik / Pod red. I. I. Borodavchenko. - M.: Agropromizdat, 1988. - 399 p.
8. Musaelyan, S. M. Jekologicheskoe sostoyanie ob'ektov Volgogradskoj oblasti i puti ego uluchsheniya [Tekst]: monografiya / S. M. Musaelyan, A. A. Bykov. - Volgograd, 2004. - 96 p.
9. Fomenko, A. K. Obespechennost' naseleniya Volgogradskoj oblasti resursami podzemnyh vod dlya hozyajstvenno-pit'evogo vodosnabzheniya [Tekst] / A. K. Fomenko // Osvoenie i ispol'zovanie prirodnih resursov Volgogradskoj oblasti - put' ustojchivogo razvitiya regiona: mat. nauch. konf. - Volgograd: Izdatel', 2001. - P. 173-178.
10. Jeffektivnost' ispol'zovaniya vodnyh resursov v oroshaemom zemledelii [Tekst] / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin, A. A. Novikov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 3(51). - P. 14-21.

E-mail: da.bolotin@yandex.ru

УДК 635

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-28

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ СОЛОНЦОВОЙ ПОЧВЫ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

RESULTS OF INTENSIVE TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF WINTER TRITICAL IN THE CONDITIONS OF LIGHT CHESTNUT SALTAL SOIL OF ASTRAKHAN REGION

А.Н. Бондаренко, кандидат географических наук

Н.В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

A.N. Bondarenko, N.V. Tyutyuma

ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия»

The Caspian Research Institute of Arid Agriculture

Способ возделывания озимой тритикале в бросовых рисовых чеках предусматривает определение влияния агротехнологических приемов возделывания озимых зерновых культур в природно-климатических условиях Астраханской области для получения стабильных и высоких урожаев в условиях орошения (залив чеков) при различных нормах высевы (от 3,0 до 6,0 млн шт./га), дозах минеральных удобрений ($N_{16}P_{16}K_{16}$; $N_{32}P_{32}K_{32}$; $N_{64}P_{64}K_{64}$; $N_{96}P_{96}K_{96}$) и вариантов по-

лива (оросительная норма 3200 м³/га и 4200 м³/га). Исследования проводились в системе парозернокормового севооборота с короткой ротацией, состоящей из трех полей: чистые пары – яровая пшеница – озимая пшеница. Экспериментальная часть исследований выполнялась в условиях светло-каштановой солонцевой почвы в 2015-2017 гг. на землях рисовой оросительной системы Черноярского района Астраханской области. В соответствии с программой исследований полевой эксперимент предусматривал изучение сорта озимой тритикале, влияния условий минерального питания (фактор А) и густоты посева озимых культур (фактор В). Применение повышенной нормы высева хотя и привело к увеличению плотности стеблестоя, однако это сопровождалось одновременным снижением озерненности колоса и в итоге привело к снижению урожая, что и прослеживалось на варианте с повышенной дозой минерального питания N₉₆P₉₆K₉₆. Отмечено, что, наряду с системой удобрения, существенное влияние на величину урожая изучаемой культуры оказывают также нормы высева и оросительная норма, что и было доказано результатами исследований. Наиболее эффективным вариантом в изучении явился второй вариант, т.е. с одним влагозарядковым и двумя вегетационными поливами по 1400 м³/га.

The method of cultivation of winter triticale in waste rice checks provides for determining the influence of agrotechnological methods of cultivation of winter crops in the climatic conditions of the Astrakhan region, to obtain stable and high yields under irrigation (bay checks) at different seeding rates (from 3.0 to 6, 0 million pieces / ha), doses of mineral fertilizers (N₁₆P₁₆K₁₆; N₃₂P₃₂K₃₂; N₆₄P₆₄K₆₄; N₉₆P₉₆K₉₆) and irrigation options (irrigation rate 3200 m³ / ha and 4200 m³ / ha). The studies were carried out in the steam-grain feed crop rotation system with a short rotation consisting of three fields: pure steam — spring wheat — winter wheat. The experimental part of the research was carried out under the conditions of light chestnut sodic soil in 2015-2017. on the lands of the rice irrigation system of the Chernoyarsky district of the Astrakhan region. In accordance with the research program, the field experiment included the study of the variety of winter triticale, the influence of the conditions of mineral nutrition (factor A) and the density of sowing of winter crops (factor B). The use of increased seeding rate, although it led to an increase in stalk density, however, this was accompanied by a simultaneous decrease in the grain number of the spike and eventually resulted in a decrease in yield, which was followed in the variant with an increased dose of mineral nutrition N N96P96K96. It was noted that along with the fertilizer system, the seeding rate and irrigation rate also have a significant influence on the yield of the crop under study, which was proved by the research results. The most effective option in the study was the second option, i.e. with one water recharge and two vegetation irrigations of 1400 m³/ha.

Ключевые слова: сорта тритикале, озимое тритикале, озимая пшеница, уровень минерального питания, урожайность тритикале.

Key words: varieties of triticale, winter triticale, winter wheat, the level of mineral nutrition, yield of triticale.

Введение. Увеличение производства и повышение качества зерна зерновых культур является главной проблемой, стоящей перед сельскохозяйственным производством южных регионов России [1; 3; 5; 6].

Одним из дальнейших путей стабилизации экономики аграрной отрасли на современном этапе развития сельскохозяйственной науки в Астраханской области является освоение научно обоснованных зональных систем земледелия, которые представляют собой комплекс взаимосвязанных организационных, агротехнических, экономических, экологических мероприятий, направленных на повышение плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур, в том числе озимых культур.

В соответствии с программой исследований полевой эксперимент предусматривал изучение сорта озимых культур (**фактор А**), влияния условий минерального питания (**фактор В**) и густоты посева озимых культур (**фактор С**). Площадь, занимаемая под опытом, составила 4 га. Площадь одной учетной делянки – 560 м².

Материалы и методы. Объектом исследования явился тритикале сорта Бард. Варианты исследования: фактор A_1 – Контроль; A_2 – $N_{16}P_{16}K_{16}$; A_3 – $N_{32}P_{32}K_{32}$; A_4 – $N_{64}P_{64}K_{64}$; A_5 – $N_{96}P_{96}K_{96}$.

Агротехника возделывания озимых культур в опытах разрабатывалась на основе действующих зональных рекомендаций с дополнениями их вариантами изучаемых приемов. Закладка и проведение многофакторного полевого опыта методом расщепленных делянок осуществлялась в соответствии с методикой [1, 4].

До проведения ряда агротехнологических операций были проведены вегетационные поливы. Обработку чистых паров начинали с дискования трактором МТЗ-1021+БДТ-3 на глубину 8-10 см после уборки предшественника.

До посева в зависимости от вариантов дробно вносились минеральные удобрения. Посев озимой культуры осуществлялся в оптимальные агроклиматические сроки с нормой высева всхожих семян: 3,0; 4,5; 6,0 млн шт./га (МТЗ-1021 + СЗ,6). Глубина заделки семян 4...5 см. Прикатывание проводили МТЗ-80 + кольчато-шпоровые катки – ЗККШ-6.

Весной обработку поля начинали при наступлении физической спелости почвы с боронования зубowymi боронами С-11+БЗТ-1. В последующем были проведены вегетационные поливы в зависимости от вариантов.

На фоне внесения регулируемых доз минеральных удобрений изучалась эффективность трех норм высева 3,0; 4,5; 6,0 млн шт./га (фактор В). Все проводимые исследования изучались при двух вариантах полива.

На первом варианте было проведено 2 вегетационных полива нормой $1600 \text{ м}^3/\text{га}$. Оросительная норма при этом составила $3200 \text{ м}^3/\text{га}$. Во втором варианте было проведено 3 полива (методом залива оросительных чеков) поливной нормой – $1400 \text{ м}^3/\text{га}$, т.е. один влагозарядковый и два последующих в период вегетации. Всего за вегетацию оросительная норма составила $4200 \text{ м}^3/\text{га}$.

Результаты и обсуждение. Проведенные опыты свидетельствуют о том, что рекомендуемой нормой высева при посеве в оптимальные сроки сева является 4,5 млн всхожих семян/га (МТЗ-1021 + СЗ,6). Глубина заделки семян 4...5 см.

Результаты полевого эксперимента показали, что в среднем от 40 до 50 % потребляемой посевами озимой культуры влаги возмещалось за счет использования почвенной влаги. В опытах влажность 0,7 (корнеобитаемый) – метрового слоя почвы к началу фазы цветения снижалась до 70 % НВ, в фазу молочной спелости находилась в пределах 71...75 % НВ, а к началу фазы технической спелости не превышала 60...65 % НВ.

Суммарное водопотребление в представленном опыте складывалось из запасов продуктивной влаги весной, суммы осадков за период вегетации, а также вегетационных поливов.

В среднем за последние три года изучения 2015...2017 гг. суммарное водопотребление в первом варианте составило $3325,3 \text{ м}^3/\text{га}$ во втором варианте – $4325,3 \text{ м}^3/\text{га}$. Из рисунка 1 видно, что меньше всего воды на формирование урожая озимой тритикале потребляли варианты с уровнем минерального питания $N_{64}P_{64}K_{64}$ при всех нормах высева 3,0, 4,5 и 6,0 млн шт./га, соответственно, данный коэффициент варьировал от 715,1 до $755,8 \text{ м}^3/\text{т}$. Урожайность при таких показателях варьировала от 4,40 до 4,65 т/га.

Анализ коэффициента водопотребления при втором варианте полива выявил, что на формирование товарной продукции меньше всего пришелся расход воды на следующие варианты: $N_{32}P_{32}K_{32}$ (4,5 млн шт./га) – $748,3 \text{ м}^3/\text{т}$, $N_{64}P_{64}K_{64}$ (3,0 млн шт./га) – $796,6 \text{ м}^3/\text{т}$ и $N_{32}P_{32}K_{32}$ (3,0 млн шт./га) $804,0 \text{ м}^3/\text{т}$. При таких показателях урожайность варьировала от 5,38 до 5,78 т/га (рисунок 2).

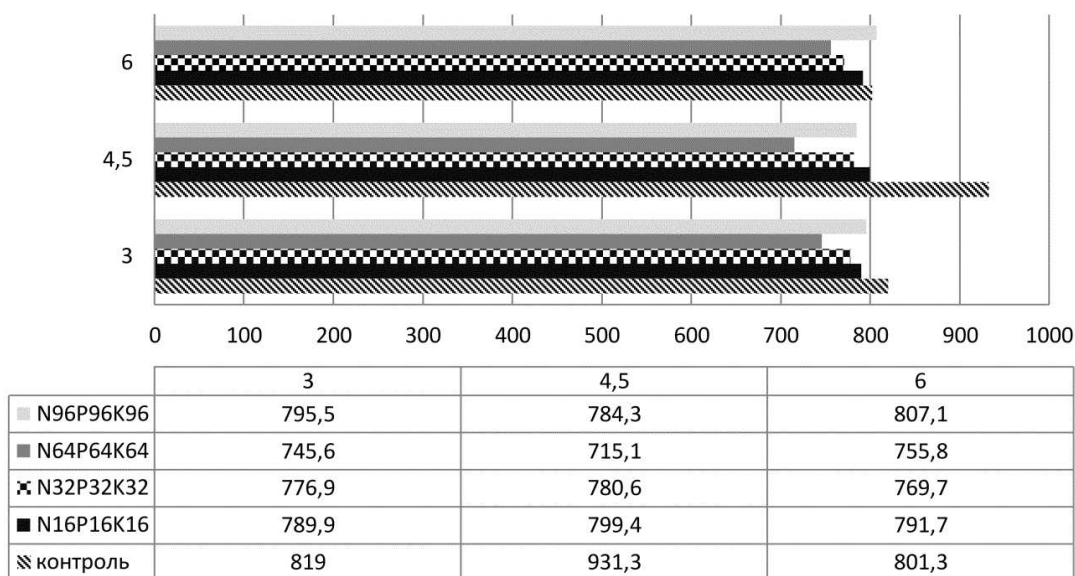


Рисунок 1 – Коэффициент водопотребления озимой тритикале,
(при оросительной норме 3200 м³/га), среднее за 2015-2017 гг.,
в зависимости от вариантов возделывания, м³/т

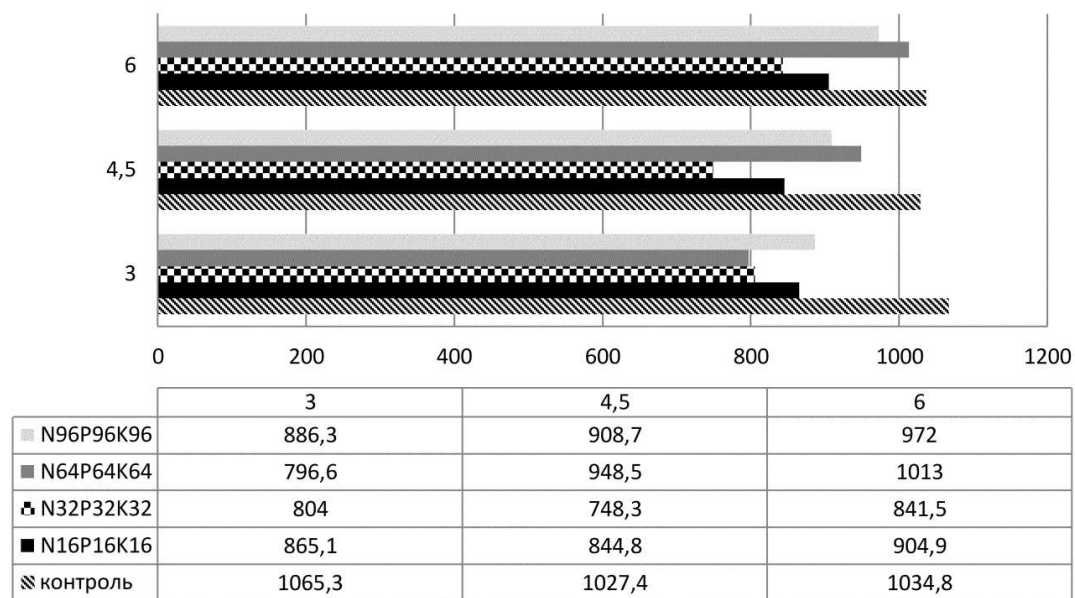


Рисунок 2 – Коэффициент водопотребления озимой тритикале,
(при оросительной норме 4200 м³/га), среднее за 2015-2017 гг.,
в зависимости от вариантов возделывания, м³/т

Анализ показателей элементов структуры урожая в проведенных исследованиях по применению различных доз вносимых минеральных удобрений и норм высева отражает определенную закономерность: так, продуктивная кустистость уменьшается при повышении густоты стояния (6,0 млн шт./га) и увеличивается при снижении густоты стояния (4,5 и 3,0 млн шт./га) растений на единицу площади. Также отмечено, что при меньшей плотности продуктивного стеблестоя на единице площади выше масса 1000 зерен.

Полученные результаты исследований за 2015...2017 гг. показали, что наибольшие показатели элементов структуры урожая при первом варианте полива ($3200 \text{ м}^3/\text{га}$) были получены озимой тритикале на варианте $\text{N}_{64}\text{P}_{64}\text{K}_{64}$ при норме высева 4,5 млн шт./га и на варианте $\text{N}_{96}\text{P}_{96}\text{K}_{96}$, при норме высева 3,0 млн шт./га.

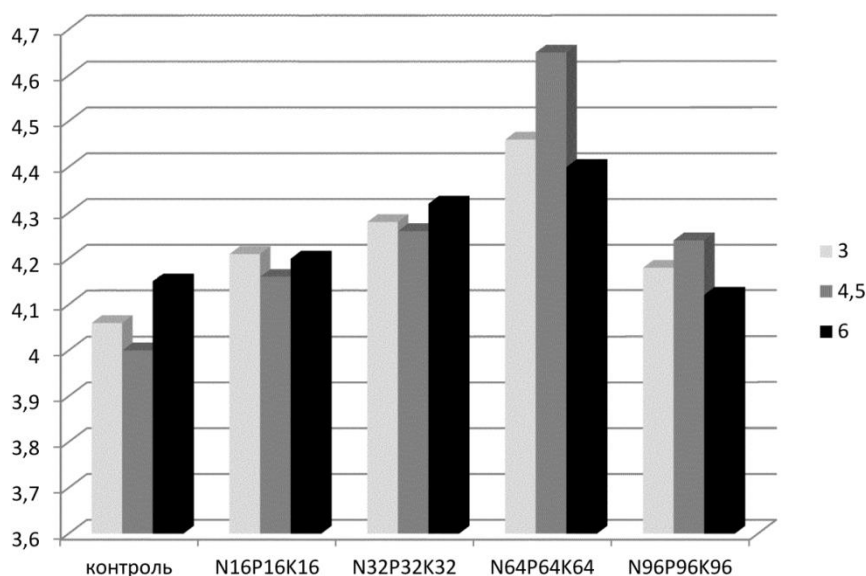


Рисунок 3 – Урожайность по вариантам изучения озимой тритикале Бард (т/га) при оросительной норме – $3200 \text{ м}^3/\text{га}$, среднее за 2015...2017 гг.

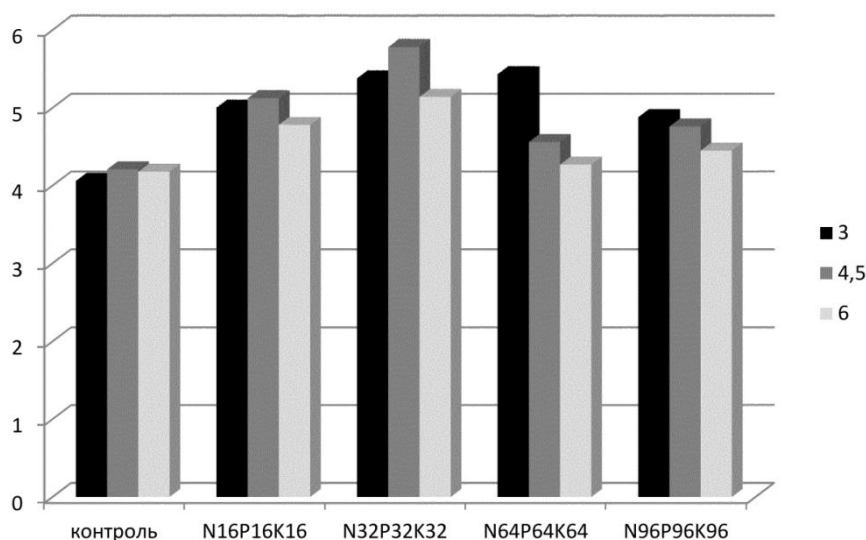


Рисунок 4 – Урожайность по вариантам изучения озимой тритикале сорта Бард (т/га), при оросительной норме – $4200 \text{ м}^3/\text{га}$, среднее за 2015...2017 гг.
(НСР (05)АВ 3,0 млн шт. га – 0,03; (НСР (05)АВ 4,5 млн шт. га -0,06;
(НСР(05) АВ 6,0 млн шт. га – 0,02)

Длина стебля за годы исследований на варианте $\text{N}_{64}\text{P}_{64}\text{K}_{64}$ при норме высева 4,5 млн шт./га составила в среднем 77,85 см, длина колоса 6,90, количество зерен в колосе – 26,58 шт., масса 1000 зерен – 44,90 г. На варианте $\text{N}_{96}\text{P}_{96}\text{K}_{96}$, при норме высева 3,0 млн шт./га, длина стебля составила 91,80 см, длина колоса – 6,80 см, количество зерен в колосе – 31,26 шт., масса 1000 зерен – 45,28 г (рисунок 3).

Рассматривая продуктивность озимой тритикале за три года изучения, необходимо отметить, что наиболее продуктивным вариантом был вариант с дозой $N_{64}P_{64}K_{64}$ и нормами высева 3,0, 4,5 и 6,0 млн шт./га. Урожайность при этих нормах изменялась от 4,32 до 4,65 т/га. Анализируя полученные данные элементов структуры урожая по сорту озимой тритикале Бард при оросительной нормой 4200 м³/га, можно сделать следующие выводы: наилучшие показатели как по количеству зерен в колосе, так и по массе 1000 зерен по изучаемым культурам были получены на вариантах $N_{32}P_{32}K_{32}$, $N_{64}P_{64}K_{64}$ и $N_{96}P_{96}K_{96}$ при норме высева 4,5 млн шт./га.

При втором варианте полива количество зерен в колосе за период исследований составило $N_{32}P_{32}K_{32}$ (4,5 млн шт./га) – 28,62 шт., $N_{64}P_{64}K_{64}$ (4,5 млн шт./га) – 26,96 шт., $N_{96}P_{96}K_{96}$ (4,5 млн шт./га) – 32,25 шт. По массе 1000 зерен выделился вариант при этой же норме высева 4,5 млн шт./га, но дозе удобрений $N_{64}P_{64}K_{64}$ – 47,29 г. Что касается варианта с низким фоном внесения удобрений $N_{16}P_{16}K_{16}$, показатели продуктивности практически не отличались от контроля. Следует также отметить, что при увеличении норм высева до 6,0 млн шт./га показатели элементов продуктивности резко снижаются, даже при внесении различных доз минеральных удобрений (рисунок 4).

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что более высокие дозы минеральных удобрений снижают вегетативную массу, что в последующем отражается на урожайности. По длине колоса и по длине стебля у озимой тритикале сорта Бард выделился вариант с внесением минеральных удобрений $N_{64}P_{64}K_{64}$ при всех нормах высева.

Необходимо отметить, что при увеличении вносимых минеральных удобрений снижаются показатели элементов структуры урожая и соответственно урожайность изучаемой культуры. Лучшими вариантами в изучении были $N_{32}P_{32}K_{32}$, $N_{64}P_{64}K_{64}$ и $N_{96}P_{96}K_{96}$ при норме высева 4,5 млн шт./га. Длина стебля на данных вариантах исследований варьировала от 79,50 до 86,10 см, длина колоса – от 7,20 до 7,65 см по массе 1000 зерен преобладающими вариантами относительно других были $N_{32}P_{32}K_{32}$, $N_{64}P_{64}K_{64}$ при различных нормах высева.

Вариант с дозой внесения минеральных удобрений $N_{16}P_{16}K_{16}$ также практически не отличался от контроля как по длине колоса, так и по длине стебля при всех нормах высева. По числу зерен в колосе и по массе 1000 зерен данный вариант был чуть ниже наиболее высоких доз внесения удобрений. Анализируя показатели урожайности в среднем за три года изучения, при втором варианте, установили, что максимальные данные были получены на варианте $N_{32}P_{32}K_{32}$ при всех нормах высева, где данные показатели варьировали от 5,14 до 5,78 т/га, а также на варианте $N_{64}P_{64}K_{64}$, где данные показатели урожайности изменялись от 4,27 до 5,43 т/га в зависимости от норм высева.

Высокоурожайные варианты при возделывании озимой тритикале при оросительной норме 3200 м³/га (2 полива) с уровнем минерального питания $N_{64}P_{64}K_{64}$ и нормами высева 3,0 млн шт. га, 4,5 и 6,0 млн шт. га показали наибольший уровень продуктивности, при этом рентабельность составляла от 105,3 до 129,5 %, чистый доход от 17 616,2 до 18 120,7 руб./га. Экономическая эффективность вложенных затрат варьировала от 2,1 до 2,3, при общих затратах 13 603,8 до 15 000,3 руб./га.

Результаты экономической эффективности возделывания тритикале сорта Бард при оросительной норме 4200 м³/га (три полива) выявили наиболее доходные варианты – $N_{32}P_{32}K_{32}$ с нормой высева 3,0 и 4,5 млн шт. га. Чистый доход варьировал от 21 861,7 до 24 483,2 руб./га, рентабельность составила от 138,4 до 153,2 %, экономическая эффективность от 2,4 до 2,5. При таких экономических показателях общие затраты практически были равными и составляли 15 798,3 и 15 976,8 руб./га соответственно.

Таблица 1 – Экономическая эффективность возделывания озимой тритикале
в зависимости от норм высева и доз минеральных удобрений, среднее за 2015-2017 гг.

Уровень минерального питания, кг д.в./га	Норма высева, млн шт./га	Урожайность, т/га	Общие затраты, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Стоимость реализованной продукции, руб./га	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Экономическая эффективность, руб./на руб. вложенных затрат
При оросительной норме – 3200 м³/га								
Контроль (без удобрений)	3,0	4,06	10186,7	2509,4	28420,0	18233,3	178,9	2,8
	4,5	4,00	10454,2	2613,6	28000,0	17545,8	167,8	2,7
	6,0	4,15	10823,9	2608,2	29050,0	18226,1	168,4	2,7
N₁₆P₁₆K₁₆	3,0	4,21	11734,4	2787,8	29470,0	17735,6	151,1	2,5
	4,5	4,16	12027,0	2891,1	29120,0	17093,0	142,1	2,4
	6,0	4,20	12546,1	2987,2	29400,0	16853,0	134,3	2,3
N₃₂P₃₂K₃₂	3,0	4,28	12598,3	2943,5	29960,0	17361,7	137,8	2,4
	4,5	4,26	12776,8	2999,3	29820,0	17043,2	133,4	2,3
	6,0	4,32	13403,6	3102,7	30240,0	16836,4	125,6	2,3
N₆₄P₆₄K₆₄	3,0	4,46	13603,8	3050,2	31220,0	17616,2	129,5	2,3
	4,5	4,65	14429,3	3103,1	32550,0	18120,7	125,6	2,3
	6,0	4,40	15000,3	3409,2	30800,0	15799,7	105,3	2,1
N₉₆P₉₆K₉₆	3,0	4,18	14929,2	3571,5	29260,0	14331,0	95,9	2,0
	4,5	4,24	15361,3	3623,0	29680,0	14318,7	93,2	2,0
	6,0	4,12	15924,2	3865,1	28840,0	12915,8	81,1	1,8
При оросительной норме – 4200 м³/га								
Контроль (без удобрений)	3,0	4,06	13386,7	3297,2	28420,0	15033,3	112,3	2,1
	4,5	4,21	13654,2	3243,3	29470,0	15815,8	115,8	2,2
	6,0	4,18	14023,9	3355,0	29260,0	15236,1	108,6	2,1
N₁₆P₁₆K₁₆	3,0	5,00	14934,4	2986,8	35000,0	20065,6	134,4	2,3
	4,5	5,12	15227,0	2974,0	35840,0	20613,0	135,4	2,4
	6,0	4,78	15746,1	3294,2	33460,0	17713,9	112,5	2,1
N₃₂P₃₂K₃₂	3,0	5,38	15798,3	2936,5	37660,0	21861,7	138,4	2,4
	4,5	5,78	15976,8	2764,2	40460,0	24483,2	153,2	2,5
	6,0	5,14	16603,6	3230,3	35980,0	19376,4	116,7	2,2
N₆₄P₆₄K₆₄	3,0	5,43	16803,8	3094,6	38010,0	21206,2	126,2	2,3
	4,5	4,56	17629,3	3866,1	31920,0	14290,7	81,1	1,8
	6,0	4,27	18200,3	4262,4	29890,0	11689,7	64,2	1,6
N₉₆P₉₆K₉₆	3,0	4,88	18129,2	3715,0	34160,0	16030,8	88,4	2,0
	4,5	4,76	18561,3	3899,4	33320,0	14758,7	80,0	1,8
	6,0	4,45	19124,2	4297,6	31150,0	12025,8	63,0	1,6

На варианте с повышенным уровнем минерального питания выделился вариант N₆₄P₆₄K₆₄ с нормой высева 3,0 млн шт. га. Себестоимость 1 т составила 3094,6 руб., чистый доход – 21 206,2 руб./га, рентабельность производства – 126,2 %, экономическая эффективность – 2,3.

Заключение. При анализе полученных данных по возделыванию озимой тритикале в условиях рисовых чеков следует выделить следующее.

В среднем за годы исследований, проведенных в условиях рисовых чеков, установлено, что по сорту тритикале Бард максимальные данные были получены на варианте со средним N₃₂P₃₂K₃₂ при норме высева 4,5 млн шт./га. Урожайность на данном варианте составила в среднем 5,78 т/га (при оросительной норме 4200 м³/га), чистый доход – 24 483,2 руб., рентабельность производства – 153,2, экономическая эффективность вложенных затрат – 2,5 руб./руб.

Библиографический список

1. Алабушев, А. В. Стабилизация производства зерна в условиях изменения климата [Текст] / А. В. Алабушев // Зерновое хозяйство. – 2011. – № 4. – С. 8-13.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] /Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 315 с.
3. Климова, И.И. Перспективы развития зернового производства в Южном федеральном округе [Текст] / И.И. Климова, Н.В. Тютюма, Е.В. Гайдамакина // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2009. – №1. – С. 39-42.
4. Основы научных исследований в агрономии [Текст]/ В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха и др. – М.: Изд-во «Колос», 1996. – 335 с.
5. Федорова, В.А. Методика оптимизации полевых севооборотов зерновой специализации и структура использования пашни в агроландшафтах Нижнего Поволжья [Текст] /В.А. Федорова, Н.В.Тютюма, Е.А.Зенина //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №1(41). – С. 64-71.
6. Федорова, В.А. Способы подъема черного пара при возделывании озимой пшеницы в богарном земледелии Северного Прикаспия [Текст] / В.А. Федорова, Н.В. Тютюма, А.Ф.Туманян// Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2014. – №4(21). – С. 28-30.

Reference

1. Alabushev, A. V. Stabilizaciya proizvodstva zerna v usloviyah izmeneniya klimata [Tekst] / A. V. Alabushev // Zernovoe hozyajstvo. - 2011. - № 4. - P. 8-13.
2. Dosphehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] /B. A. Dosphehov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 315 p.
3. Klimova, I. I. Perspektivy razvitiya zernovogo proizvodstva v Yuzhnom federal'nom okruge [Tekst] / I. I. Klimova, N. V. Tyutyuma, E. V. Gajdamakina // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. - 2009. - №1. - P. 39-42.
4. Osnovy nauchnyh issledovaniy v agronomii [Tekst]/ V. F. Moisejchenko, M. F. Trifonova, A. H. Zaveryuha i dr. - M.: Izd-vo "Kolos", 1996. - 335 p.
5. Fedorova, V. A. Metodika optimizacii polevyh sevooborotov zernovoj specializacii i struktura ispol'zovaniya pashni v agrolandshaftah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] /V. A. Fedorova, N. V. Tyutyuma, E. A. Zenina //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - №1(41). - P. 64-71.
6. Fedorova, V. A. Sposoby pod'ema chernogo para pri vzdelyvanii ozimoy psheicy v bogarnom zemledelii Severnogo Prikaspiya [Tekst] / V. A. Fedorova, N. V. Tyutyuma, A. F. Tumanyan// Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. - 2014. - №4(21). - P. 28-30.

E-mail: bondarenko-a.n@mail.ru

**ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ
В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ ЛЕСНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ
SOILMOISTURE RESERVES DYNAMICS IN SIMULATION MODELS
OF FOREST AGRICULTURE**

А.С. Хныкин¹, младший научный сотрудник
А.В. Вдовенко^{2,1}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

A.S. Khnyckin¹, A.V. Vdovenko^{2,1}

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

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹*Federal scientific center for agro-ecology, integrated land reclamation and protective
forestation Russian Academy of Sciences, Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University*

В статье рассмотрена динамика процессов формирования запасов почвенной влаги в имитационных моделях лесных насаждений с участием наиболее распространенной и неприхотливой лесной породы в условиях аридного климата на юге России – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Зеленые древесные и кустарниковые насаждения обеспечивают защиту почв от дефляции и эрозии, регулируют поверхностный сток, повышают рекреационное и санитарно-эстетическое качество ландшафтов. Особенно это важно в сухостепных и полупустынных условиях, где вода является лимитирующим фактором существования жизни. Стационарные исследования выполнялись на базе гидрологического комплекса (лизиметров) ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН с использованием методов полевых наблюдений, математического анализа данных, имитационного моделирования. В лизиметрах были созданы модели лесонасаждений сосны с различной густотой посадки – 10 тыс. шт./га, 15 тыс. шт./га, 25 тыс. шт./га. Наблюдения за динамикой процессов формирования почвенной влаги в имитационных моделях лесных насаждений (2015...2017 гг.) позволили прийти к выводам, что уже на третий год после посадки сосны промывной тип водного режима переходит в непромывной независимо от густоты растений и гранулометрического состава почвогрунта (в исследованиях также использовались различные имитации почвогрунтов), из чего следует, что основное количество осадков уходит на физическое испарение, транспирацию растений и отток в грунтовые воды. Кроме того, проведенная оценка объемов гравитационного стока воды в первые годы исследований показала, что на песчаных почвах он прекращается при влажности зоны аэрации 2,22 %, тогда как для суглинистых почв эта величина составляет 8,66 %.

The article considers the dynamics of soil moisture reserves formation in imitation models of forest plantations with the participation of the most common and unpretentious forest species in arid climate in southern Russia - pine ordinary (*Pinus sylvestris*). Green tree and shrub plantings protect the soil from deflation and erosion, regulate surface run-off, increase recreational and sanitary-aesthetic quality of landscapes. This is especially important in dry and semi-desert conditions, where water is the limiting factor in the existence of life. The stationary studies were carried out on the basis of the hydrological complex (lysimeters) of the FSBI Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences using the methods of field observations, mathematical analysis of data, and simulation modeling. In lysimeters, models of pine plantations with various planting densities were created - 10 thousand units / ha, 15 thousand units / ha, 25 thousand units / ha. Observations on the dynamics of soil moisture formation in imitation models of forest plantations (2015–2017) led to the conclusion that already in the third year after pine planting, the washing type of the water regime turns into a non-flushing one, regardless of plant density, the composition of the soil (the studies also used various soil simulations), from which it follows that the main amount of precipitation is spent on physical evaporation, transpiration of plants and outflow into groundwater. In addition, the assessment of the gravitational flow of water in the first years of research showed that it stops on sandy soils with a moisture content of the aeration zone of 2.22%, whereas for loamy soils this value is 8.66%.

Ключевые слова: водный режим почвогрунтов, типы водного режима, лизиметрические модели, имитационное моделирование агроценозов, агроценозы.

Key words: soils water regime, water regime types, lysimetric models, simulation models, agrocenoses.

Работа выполнена в рамках тематики Государственного задания № 0713-2018-0006 «Разработать теоретические основы водного баланса агролесоландшафтов и модели лесоаграрного природопользования в речных бассейнах лесостепной и степной зон европейской части Российской Федерации» ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН, 2018 г.

Введение. Тенденции аридизации климата, особенно интенсивно происходящие в последние десятилетия, оказывают наибольшее влияние в сухостепных и полупустынных регионах юга страны [2, 5, 15]. На малопродуктивных песчаных и супесчаных почвах формируются неустойчивые степные агроландшафты, сохранение которых будет способствовать стабильности региона [2-7].

В настоящее время в аридной зоне Российской Федерации произрастают обширные по площади естественные и искусственные древесные массивы различной густоты, породного состава и возраста, расположенные на почвах, обладающих различными, характерными только для них водно-физическими и биологическими свойствами. Запасы влаги в почве являются важнейшим фактором, лимитирующим рост растений и накопление фитомассы в листьях, хвое и древесине посредством транспирации [6-8, 12]. Возникает необходимость изучить динамику процессов формирования запасов почвенной влаги в зависимости от густоты древостоя и водно-физических свойств грунтов.

Экспериментальные данные в области водного режима сельскохозяйственных и лесных угодий на песчаных и супесчаных почвах позволят создавать в дальнейшем адаптированные схемы агролесомелиоративного обустройства низкопродуктивных земель, и, в свою очередь, обеспечивать тем самым экологический баланс экосистем [4-7, 13]. Деревья и кустарники обеспечивают защиту песчаных почв от эрозии и дефляции, повышают ее рекреационное и санитарно-эстетическое значение, что, как следствие, увеличивает устойчивость и долговечность степных ландшафтов, которые зачастую используются без учета природно-ресурсного потенциала [7, 15].

Цель наших исследований заключается в создании экспериментальных имитационных моделей лесных насаждений в гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН для получения данных по водному режиму почвогрунтов в условиях юга России [6-9] и дальнейшего использования их при создании устойчивых агролесоландшафтов [11, 15] и моделирования оптимального лесоаграрного природопользования в ареалах речных бассейнов лесостепной и степной зон юга Российской Федерации.

Новизна исследований заключается в получении экспериментальных данных о влиянии густоты сосновых посадок на водный режим почв разного механического состава с различными водно-физическими свойствами.

Материалы и методы. Стационарные исследования выполнялись на базе гидрологического комплекса ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН с использованием методов полевых наблюдений, математического анализа данных, имитационного моделирования [6, 13, 14].

Проведены следующие работы:

- создание моделей различных по густоте насаждений сосны;
- изучение водного режима почвогрунтов под сосновыми насаждениями;
- изучение роста и состояния модельных насаждений.

Проведено моделирование почвенно-гидрологических процессов по методике Б. А. Доспехова при помощи посадки двухлетних сеянцев сосны обыкновенной на крупногабаритных лизиметрах, которые представляют собой металлические ёмкости объёмом $20,5 \text{ м}^3$. Длина лизиметров 3,6 м, ширина 1,75 м. Дно лизиметра имеет уклон на глубине от 3 до 3,5 м и водовыпуск для слива воды в подземную галерею, где регулярно сливается вода и замеряется её количество (рисунок 1).

Три лизиметра (№ 2, № 5 и № 6) загружены песком с Ергенинской возвышенности. Полевая влагоёмкость песков (ПВ) – 6 %, максимальная гигроскопичность (МГ) – 0,6...0,8 %, плотность – $1,5 \text{ г/см}^3$. Лизиметр № 7 покрыт 20 см слоем гальки размером 3...5 см. Растительность на нём нет (он служит контрольной площадкой, патент № 2410500). Лизиметры № 3 и № 4 загружены суглинком, имеющим: ПВ – 17 %, МГ – 4,5 % и плотность – $1,3 \text{ г/см}^3$.

На трех лизиметрах с песчаными почвами высажены двухлетние сеянцы сосны с густотой: 10 000 шт./га (на лизиметре № 2 высажены 6 сеянцев сосны с шагом посадки $1 \times 1 \text{ м}$), 15 000 шт./га (на лизиметре № 5 высажены 9 сеянцев сосны с шагом посадки $0,9 \times 0,75 \text{ м}$) и 25 000 шт./га (на лизиметре № 6 высажены 15 сеянцев сосны с шагом посадки $0,5 \times 0,5 \text{ м}$). В дополнение к этому сеянцами сосны, густота посадок которых составит 15 000 шт./га, были заняты два лизиметра: лизиметр № 3 с супесчаным субстратом и лизиметр № 4 с суглинистым субстратом (рисунок 2).

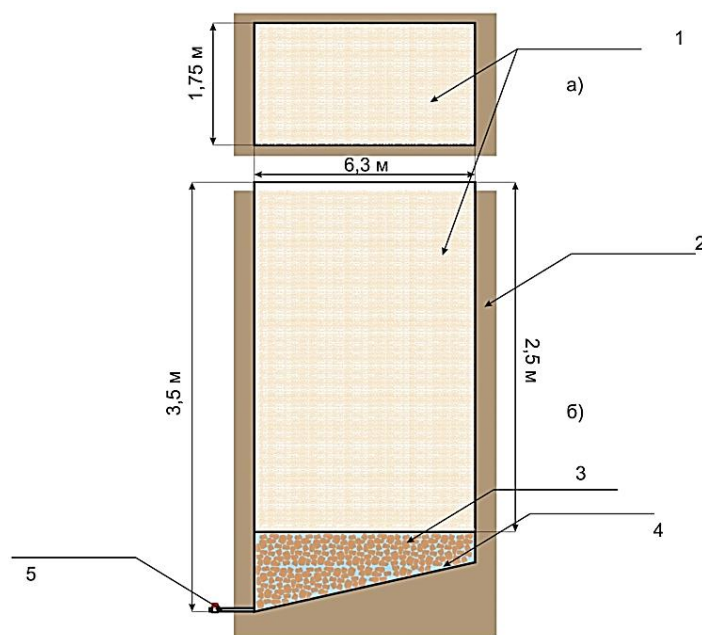


Рисунок 1 – Схема устройства лизиметра в лизиметрическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН: а) вид сверху, б) вид сбоку в разрезе, 1 – почвогрунт-наполнитель, 2 – почвенная толща, 3 – дренаж, 4 – капиллярная кайма, 5 – водовыпуск в подземную галерею

Высота сосенок определялась путём их сплошного обмера в каждом лизиметре и вычисления средней величины. Текущий прирост в высоту за год определяли измерением длины верхушечного побега текущего года. Массу хвои определяют один раз в год во всех четырёх лизиметрах в начале холодного периода (конец октября – первая декада ноября) после окончания осеннего опада хвои.

Лабораторный корпус

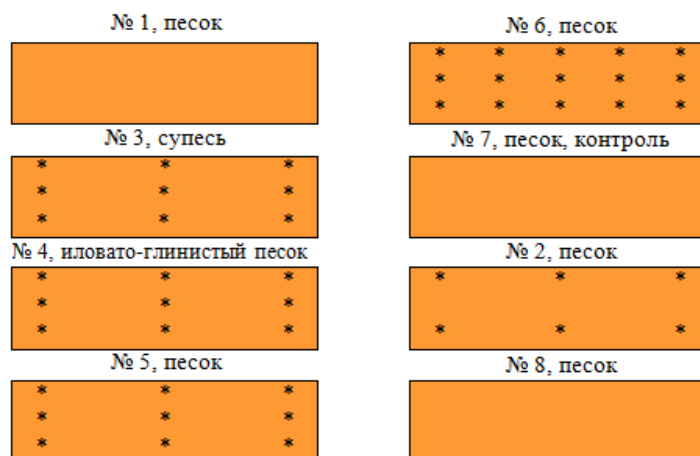


Рисунок 2 – Схема размещения опытов на лизиметрическом комплексе
ФНЦ агроэкологии РАН

В лизиметрах определяется влажность зоны аэрации через каждые 10 см 4 раза за сезон в трёхкратной повторности [6, 10]. Сроки определения: после снеготаяния, в начале вегетационного периода (1 апреля), в середине лета (1 июля), в конце вегетационного периода (30 октября). В лизиметре проводятся еженедельные сливы и замеры воды, фильтрующейся через зону аэрации. Влажность почвогрунта определяется термовесовым методом.

Подсчет водного баланса осуществляется по формуле Г. Н. Высоцкого. Водный баланс рассчитывается на основании следующих показателей: атмосферные осадки, транспирация, физическое испарение, отток влаги к грунтовым водам. В основу расчетов положены методики А.А. Роде (1952), Н.Ф. Кулика (1979), С.В. Астапова (1959) [1, 4-6, 11]:

$$И_{\phi} = Ос - ГрС \pm \Delta В$$

где Ос – осадки, мм. Определяются при помощи наземных дождемеров-накопителей, ГрС – грунтовый сток, мм. Определяются по еженедельным замерам и параллельно по водно-балансовым расчетам, $\Delta В$ – изменение запасов воды в почвогрунтах на глубину 200 см (до верхней границы капиллярной каймы) через каждые 10 см, Иф – физическое испарение. В летний период рассчитывается по формулам Н. Ф. Кулика и водно-балансовым расчетам [4, 8, 9, 14].

Для того чтобы определить влияние запасов почвенной влаги на развитие сосны, необходимо изучить водный баланс почвогрунтов за период их роста.

Результаты и обсуждение. В 2015 гидрологическом году был заложен опыт, целью которого было наблюдение за изменением типа водного режима и перехода его от промывного типа в непромывной. Для достижения цели указанные лизиметры были засеяны пшеницей, а также на них были высажены двухлетние саженцы сосны обыкновенной согласно представленной на схеме опыта (рисунок 1). Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) была выбрана как порода наиболее нетребовательная к почвенному плодородию, хорошо зарекомендовавшая себя при лесоразведении на песчаных и супесчаных почвах [2, 3, 12, 16].

Сосна образует чистые насаждения и растёт вместе с елью, берёзой, осинкой, дубом; малотребовательна к почвенно-грунтовым условиям, занимает часто непригодные для других видов площади: пески, болота. Приспособлена к различным температурным условиям. Отличается светолюбием, в северных широтах хорошо возобновляется на

лесосеках и пожарищах, как основная лесообразующая порода широко используется в лесокультурной практике во всех климатических зонах. При хорошем агротехническом уходе имеет высокую приживаемость. На севере ареала поднимается на высоту до 1000 м над уровнем моря, на юге до 1200...2500 м над уровнем моря [12, 16]. Все перечисленные биологические возможности вида позволяют широко использовать сосну обыкновенную (*Pinus silvestris*) в формировании устойчивых сухостепных и полупустынных ландшафтов, сохранение которых будет способствовать формированию адаптированных систем агролесомелиоративного обустройства низкопродуктивных земель.

Посевы пшеницы на ранних этапах исследования не дали результата, которого мы ожидали (прекращение стока и использование большого количества влаги в зоне аэрации), изъятие необходимого для полного развития растений количества влаги оказалось недостаточным для этого в первый год опыта (причиной тому стала неглубокая корневая система растений пшеницы), и сток продолжался весь последующий холодный период. Весенняя влагозарядка полностью восполнила запасы почвенной влаги. Это позволило развиваться сорной растительности, которая имеет более глубокую корневую систему, что позволяет эффективнее высушивать зону аэрации.

В последующий период сорная растительность активно высушила зону аэрации на лизиметре № 4: к июлю – на 105,2 мм, к ноябрю – еще на 15,73 мм. На лизиметре № 5 эти показатели составили к июлю – на 64,1 мм, к ноябрю – еще на 52,38 мм. В период с октября 2015 г. по апрель 2016 г. физическое испарение на лизиметрах составило 36 мм. За тёплый период на физическое испарение ушло 165 мм. За период вегетации сорная растительность израсходовала на транспирацию 133 мм влаги на суглинке и 119 мм на песке.

Приходная часть водного баланса (осадки) в 2015-2016 гидрологическом году составила 465 мм. Но, несмотря на столь обильные осадки, лишь три лизиметра (№№ 2, 3 и 7) увеличили свои запасы влаги на 15, 28 и 8 мм соответственно (таблица 1). Сорная растительность на лизиметрах № 4 и № 5, имитировавших молодую залежь (отсутствие агротехнического ухода) в 2015 году, израсходовала влаги на транспирацию 324 и 218 мм соответственно, иссушив в сумме со стоком зону аэрации на 196 мм в первом случае и на 125 мм во втором. Гравитационный сток на лизиметре № 6 начался лишь в апреле 2016 года, вследствие чего в расчёте водного баланса для него использовалась не вся годовая сумма осадков.

Таблица 1 – Водный баланс зоны аэрации изучаемых лизиметров, 2015...2016 гидрологический год, количество осадков – 465 мм

Лизиметр	Почвы	Сток, мм	Изменение влажности почвы, мм	Физическое испарение, зимний период	Физическое испарение, летний период	Транспирация	Вид угодий
2	песок	265	15	36	142	7	2-летние сеянцы сосны
3	супесь	211	28	36	167	23	
4	суглинок	177	-196	36	124	324	залежь
5	песок	212	-125	36	124	218	
6	песок	245	-12	36	142	39	2-летние сеянцы сосны
7	песок	320	8	36	100	0	галечная насыпь

За 2016-2017 гидрологический год выпало 305,7 мм осадков (таблица 2). Суммарный сток с лизиметров был следующим: лизиметр № 2 – 139 мм, лизиметр № 3 – 70 мм, лизиметр № 4 – 1,5 мм (причём 1,48 из них стекло за период июль – октябрь), лизиметр № 5 – 88 мм, лизиметр № 6 – 122 мм, а лизиметр № 7 – 227 мм.

Таблица 2 – Водный баланс зоны аэрации изучаемых лизиметров
(2016-2017 гидрологический год, количество осадков – 305,7 мм)

Лизи-метр	Осадки, мм	Изменение влажности		Гравитационный сток, мм	Испарение по балансу, мм
		%	мм		
Ноябрь-март					
2	140	1,35	40,5	61,32	38,18
3	140	1,18	35,4	31,50	73,10
4	140	2,40	62,7	0,00	72,80
5	140	2,77	83,1	16,55	40,35
6	140	-0,17	-4,33	75,15	69,18
7	140	-0,72	-21,6	92,86	70,05
Апрель-июнь					
2	108,6	-2,60	-78,0	47,60	139,00
3	108,6	-3,80	-114,0	36,83	185,77
4	108,6	-4,41	-132,3	0,04	240,86
5	108,6	-1,32	-36,96	59,57	85,99
6	108,6	-2,01	-60,3	44,58	124,32
7	108,6	0,02	0,6	82,99	25,01
Июль-октябрь					
2	57,0	0,67	20,24	2,31	34,45
3	57,0	-0,48	-14,40	0,81	70,59
4	57,0	1,33	37,24	1,48	18,12
5	57,0	0,46	13,80	11,96	31,24
6	57,0	-0,68	-17,34	2,32	72,02
7	57,0	-0,47	-14,10	50,66	30,64

Изменения запасов влаги почвогрунтов были различными в период исследований. Лизиметр № 2 потерял 0,58 % влаги (17,4 мм), в лизиметре № 3 запасы влаги снизились на 2,91 % (81,5 мм), в лизиметре № 4 убыль составила 0,73 % (20,4 мм), лизиметр № 5 накопил влагу в зоне аэрации 1,34 % (37,52 мм).

Накопление влаги в зоне аэрации можно объяснить гибелью саженцев сосны, вызванной иссушением корнеобитаемого слоя растениями озимой пшеницы. Зона аэрации лизиметра № 6 потеряла 3,54 % влаги (106,2 мм), № 7 потерял 1,51 % влаги (45,3 мм).

В конце 2016-2017 гидрологического года сохранность семян сосны составляла 100 % во 2 и 3 лизиметрах, в 5 растения сосны погибли из-за отсутствия агротехнического ухода (таблица 3). Величину потери влаги, полученную в лизиметре № 7, мы считаем контрольной, так как в нем отсутствует растительность. Все отклонения от неё вызваны либо резким иссушением зоны аэрации подростными саженцами сосны, либо восполнением запасов влаги после гибели саженцев.

Данные исследований подтверждают, что озимая пшеница использовала во время вегетации значительное количество влаги, оставшегося количества оказалось недостаточно для роста и развития сосны на лизиметре № 5, в результате все саженцы по-

гибли. На лизиметре № 4 средняя высота и средний прирост побегов за вегетационный период значительно уступает результатам, полученным в остальных лизиметрах, несмотря на высокую влагоемкость суглинистого горизонта, выжило 6 саженцев из 9 посаженных (56 %).

Таблица 3 – Состояние опытных сосновых насаждений
на лизиметрическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН

Лизиметр	Средний прирост, см	Средняя высота, см	Сохранность, %
2	47,0	78,0	100
3	60,0	115,0	100
4	24,0	45,0	56
5	0	0	0
6	34,0	58,0	73

Наилучшими показателями роста отличаются саженцы сосны на лизиметре № 3, наполненном черноземовидной супесчаной почвой, где средний прирост составил 60 см, а максимальный – 70,4 см, средняя высота сосен составила 115 см, а максимальная – 143,4 см. На лизиметре № 6 подсаженные сосенки не прижились, возможно, из-за слишком бедного питательными элементами песчаного грунта, и дальнейшая посадка саженцев сосны не представлялась целесообразной из-за разницы в размерах саженцев и окончания опыта по сравнению с уже высаженными ранее и перехода лизиметра в непромывной тип водного режима.

Заключение. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- на третьем году жизни под посадками сосны при густоте посадки 10 тыс. шт./га, 15 тыс. шт./га и 25 тыс. шт./га промывной тип водного режима почв переходит в непромывной, независимо от указанной густоты посадок и гранулометрического состава почвогрунта, наличия или отсутствия агротехнического ухода. Из этого следует, что основная доля выпадающих осадков используется древесными растениями в процессе формирования биомассы;

- при должной предпосадочной подготовке почвы, своевременном агротехническом уходе и химической обработке приживаемость сеянцев сосны обыкновенной может составлять 100 % в аридных условиях юга России;

- на песчаных почвах гравитационный сток прекращается при влажности зоны аэрации 2,22 %, тогда как для суглинистых почв эта величина составляет 8,66 %, что близко к ВЗ.

Библиографический список

1. Астапов, С.В. Методы изучения водно-физических свойств почв и грунтов [Текст] / С. В. Астапов, С. И. Долгов // Почвенная съёмка / АН СССР. – М., 1959. – С. 299-335.
2. Защитное лесоразведение (опыт Волгоградской области) [Текст]. – М.: «Лесная промышленность», 1968. – 92 с.
3. Зюзь, Н. С. Культура сосны на песках Юго-Востока [Текст] / Н. С. Зюзь. – М.: Агропром, 1990. – 155 с.
4. Кулик Н. Ф. Водный режим лесных биогеоценозов [Текст]: учеб. пособие / Н. Ф. Кулик. – Новочеркасск: НГМА, 1999. – 60 с.
5. Кулик Н. Ф. Опыт комплексного освоения песков юга и юго-востока Европейской части России [Текст] / Н. Ф. Кулик // Агролесомелиорация: проблемы, пути решения, перспективы: сб. статей / ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2001. – С. 206-209.
6. Кулик, А.К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона [Текст]: диссер... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / А.К. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 143 с.

7. Кулик, А.К. Теоретические основы и технологии адаптивного лесоаграрного освоения Придонских песков [Текст] / А.К. Кулик, А.В. Вдовенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 68-75.
8. Кулик, К.Н. Водный баланс почв песчаных массивов (на примере Усть-Кундрюченского массива) [Текст] / К.Н. Кулик, А. К. Кулик, Н.Ф. Кулик // Почвоведение. – 2012. – № 88. – С. 846-854.
9. Кулик, Н.Ф. Водный режим песков аридной зоны [Текст]/ Н.Ф. Кулик. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 277 с.
10. Кулик, Н.Ф. Бур почвенный ручной скребковый [Текст]: патент № 137613 / Кулик Н.Ф. – Оpubl. 20.02.2014 г.
11. Петров, В. И. Лесомелиорация Прикаспия [Текст]: автореф. дис... д. с.-х. наук: 06.03.04 / Петров В. И. – Волгоград, 1989. – 48 с.
12. Сазонова, Т. А. Эколого-физиологическая характеристика сосны обыкновенной [Текст] / Т.А. Сазонова, В.К. Болондинский, В.Б. Придача. – Петрозаводск: Verso, 2011. – 206 с.
13. Салугин, А.Н. Динамика элементов водного баланса в моделях почвенных гидрологических процессов [Текст]/ А.Н. Салугин, А.К. Кулик, М.В. Власенко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 3. – С. 47-50.
14. Салугин, А.Н. Численное моделирование вертикального движения влаги в зоне аэрации [Текст]/ А.Н. Салугин, А.К. Кулик, М.В. Власенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 2 (50). – С. 57-64.
15. Стратегия защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года [Текст]/ К. Н. Кулик и [др.]. – Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2017. – 39 с.
16. Forrest, G. I. Genotypic variation among native Scots Pine populations in Scotland based on monoterpene analysis [Tekst] / G. I. Forrest // Forestry. – 1980. – №. 53. – P. 101-128.

Reference

1. Astapov, S. V. Metody izucheniya vodno-fizicheskikh svojstv pochv i gruntov [Tekst]/ S. V. Astapov, S. I. Dolgov // Pochvennaya s'jomka /AN SSSR. - M., 1959. - P. 299-335.
2. Zashitnoe lesorazvedenie (opyt Volgogradskoj oblasti) [Tekst]. - M.: "Lesnaya promyshlennost'", 1968. - 92 p.
3. Zyuz', N. S. Kul'tura sosny na peskah Yugo-Vostoka [Tekst] / N. S. Zyuz'. - M.: Agroprom, 1990. - 155 p.
4. Kulik N. F. Vodnyj rezhim lesnyh biogeocенозов [Tekst]: ucheb. posobie / N. F. Kulik. - Novocherkassk: NGMA, 1999. - 60 p.
5. Kulik N. F. Opyt kompleksnogo osvoeniya peskov yuga i yugo-vostoka Evropejskoj chasti Rossii [Tekst] / N. F. Kulik // Agrolesomeliорaciya: problemy, puti resheniya, perspektivy: sb. statej /VNIALMI. - Volgograd, 2001. - P. 206-209.
6. Kulik, A. K. Vodnyj rezhim i balans vlagi peschanyh zemel' Nizhnego Dona [Tekst]: disser... kand. s. -- h. nauk: 06.03.03 / A. K. Kulik. - Volgograd: VNIALMI, 2005. - 143 p.
7. Kulik, A. K. Teoreticheskie osnovy i tehnologii adaptivnogo lesoagrarnogo osvoeniya Pridonskih peskov [Tekst] / A. K. Kulik, A. V. Vdovenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 4 (40). - P. 68-75.
8. Kulik, K. N. Vodnyj balans pochv peschanyh massivov (na primere Ust'-Kundryuchenskogo massiva) [Tekst] / K. N. Kulik, A. K. Kulik, N. F. Kulik // Pochvovedenie. - 2012. - № 88. - P. 846-854.
9. Kulik, N. F. Vodnyj rezhim peskov aridnoj zony [Tekst]/ N. F. Kulik. - L.: Gidrometeoizdat, 1979. - 277 p.
10. Kulik, N. F. Bur pochvennyj ruchnoj skrebkovyj [Tekst]: patent № 137613 / Kulik N. F. - Opubl. 20.02.2014 g.
11. Petrov, V. I. Lesomeliорaciya Prikaspiya [Tekst]: avtoref. dis... d. s. -- h. nauk: 06.03.04 / Petrov V. I. - Volgograd, 1989. - 48 p.

12. Sazonova, T. A. Jekologo-fiziologicheskaya harakteristika sosny obyknovЕННОj [Tekst] / T. A. Sazonova, V. K. Bolondinskij, V. B. Pridacha. - Petrozavodsk: Verso, 2011. - 206 p.
13. Salugin, A. N. Dinamika jelementov vodnogo balansa v modelyah pochvennyh gidrologicheskikh processov [Tekst] / A. N. Salugin, A. K. Kulik, M. V. Vlasenko // Rossijskaya sel'sko-hozyajstvennaya nauka. - 2018. - № 3. - P. 47-50.
14. Salugin, A. N. Chislennoe modelirovanie vertikal'nogo dvizheniya vlagi v zone ajeracii [Tekst] / A. N. Salugin, A. K. Kulik, M. V. Vlasenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - № 2 (50). - P. 57-64.
15. Strategiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoj oblasti na period do 2025 goda [Tekst] / K. N. Kulik i [dr.]. - Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. - 39 p.
16. Forrest, G. I. Genotypic variation among native Scots Pine populations in Scotland based on monoterpene analysis [Tekst] / G. I. Forrest // Forestry. - 1980. - №. 53. - P. 101-128.

E-mail: anastasiya.vdovenko@mail.ru

УДК 634.93:521

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-30

СОВРЕМЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ В УЛУЧШЕНИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОТКРЫТЫХ ВОДОЕМОВ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

MODERN BIOTECHNOLOGY IN IMPROVING THE WATER QUALITY OF OPEN MULTI-PURPOSE RESERVOIRS

М.В. Фролова, кандидат биологических наук

О.П. Комарова, кандидат сельскохозяйственных наук

М.В. Московец, старший научный сотрудник

M.V. Frolova, O.P. Komarova, M.V. Moskovets

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

FSBSI the All-Russian research institute of irrigated agriculture, Volgograd

При антропогенном эвтрофировании и загрязнении водоемов происходит деградация водных источников. В результате ускоряются жизненные процессы фитопланктона, в том числе получают массовое развитие сине-зеленые водоросли. Целью исследований являлось повышение качества воды в открытых водоемах многоцелевого использования на основе разработанной научно обоснованной биотехнологии. Исследования проводили на заливах Береславского водохранилища (Волгоградская область) по общепринятым методикам. Разрабатываемая биотехнология основана на структурной перестройке фитопланктона путем вселения микроводоросли *Chlorella vulgaris* (штамм ИФР № 111). Пробы воды для гидрохимических и гидробиологических анализов отбирались батометром в местах забора воды для систем орошения и приближенных к станциям вселения, а также в контрольных заливах, где хлорелла не вселялась, период отбора – один раз в месяц (с марта по сентябрь). В результате проведенных исследований установлено, что хлорелла, адаптируясь, входит в состав водоема, и происходит сдвиг видового состава планктонных водорослей в сторону зеленых. Показано, что основное количество биогенов, поступающих в водоем, используется на биологические процессы, которые способствуют самоочищению водоема. Преобладание зеленых водорослей в альгоценозе является фактором сдерживания в развитии сине-зеленых, а следовательно, предотвращения «цветения» воды и улучшения ее качества. Величина индекса загрязнения воды (ИЗВ) составила 0,635 единиц, что позволяет отнести воду на Береславском водохранилище ко II классу качества воды. Таким образом, разработанная биотехнология может быть использована на водоемах многоцелевого назначения.

At the anthropogenic eutrophication and pollution of reservoirs there is a degradation of water sources. As a result vital processes of phytoplankton accelerate, including blue-green seaweed gain mass development. The purpose of researches was to increase quality of water in open reservoirs of multi-purpose use on the basis of the developed evidence-based biotechnology. Researches were con-

ducted on gulfs of the Bereslavsky reservoir (Volgograd region) by the standard techniques. The developed biotechnology is based on restructuring of phytoplankton by installation of a microalga of *Chlorella vulgaris* (a strain of IFR No. 111). Tests of water for hydrochemical and hydrobiological analyses were selected batometry in places of an intake of water for irrigation systems and brought closer to stations of installation and also in control gulfs where the hlorella wasn't installed, the selection period – once a month (from March to September). As a result of the conducted researches it is established that the hlorella, adapting, is a part of a reservoir, and there is a shift of specific structure of planktonic seaweed towards green. It is shown that the main quantity of the biogenes coming to a reservoir is used on biological processes which promote self-cleaning of a reservoir. The prevalence of green seaweed in an algotsenoza is a control factor in development blue-green, and, therefore, prevention of "blossoming" of water and improvement of her quality. The size of the index of pollution of water (IPW) was 0,635 units that allows to carry water on the Bereslavsky reservoir to the II class of quality of water. Thus, the developed biotechnology can be used on reservoirs of universal purpose.

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

Key words: ecology, phytoplankton, green algae, blue-green algae, water bloom, eutrophication, water quality, open water.

Введение. С каждым годом в мире возрастает дефицит водных ресурсов, в том числе пресной воды. Известно, что народонаселение мира использует только 54 % возобновляемой пресной воды. Если учитывать темпы роста народонаселения Земли (ежегодный прирост составляет около 85 млн человек), прогнозируется, что к 2025 году этот показатель возрастет до 70 %. В Российской Федерации, обладающей значительным водно-ресурсным потенциалом, объем суммарных ресурсов пресных вод оценивается в 10 803 куб. км/год. Россия занимает второе место в мире после Бразилии по объемам годового стока рек, который составляет 4861 куб. км [9].

Реки являются основой водного фонда России, вместе с тем практически на всех реках отмечается значительное антропогенное воздействие, приводящее к загрязнению и непригодности ее использования для питьевых целей. Важной проблемой является также ухудшение качества воды поверхностных водоемов многоцелевого назначения, которое часто не соответствует нормативным требованиям и в большинстве случаев оценивается как неудовлетворительное [5]. Процессы загрязнения поверхностных и подземных вод приобрели особую остроту и глобальный характер. Поверхностные водные объекты не могут служить источниками водоснабжения из-за риска нанесения вреда здоровью населения, а использование подземных приводит к истощению водных ресурсов и сокращению источников питьевого водоснабжения [1]. В связи с загрязнением промышленными, сельскохозяйственными, бытовыми стоками появляется избыток азота, фосфора и хлорсодержащих веществ, начинаются биогенные мутации, беднеет флора и фауна, в результате чего часто наблюдается «цветение» водоемов. Самоочищение водоемов обеспечивается деятельностью бактерий, грибов, высших растений, беспозвоночных животных, рыб. Наиболее активную роль в процессе очищения воды играют водоросли и грибы, устрицы, моллюски, амёбы. Вместе с тем фитопланктон не всегда играет положительную роль в очищении водоемов. При его массовом развитии, особенно сине-зеленых водорослей (*Aphanizomenon flos-ague*, *Anabaena lemmermannii* и *Microcystis aeruginosa*), которые вызывают «цветение воды», происходит загрязнение и эвтрофирование водоемов [4].

В процессе массового отмирания после «цветения» сине-зеленые водоросли выделяют неприятный запах и ядовитые вещества, ухудшают качество воды, приводят к гибели рыбы, создают засоры в механизмах насосных станций. В первую очередь, это относится к классу сине-зеленых водорослей, являющихся доминантами в планктоне эвтрофных водоемов, плотность биогенных элементов в которых в период «цветения»

достигает 500 г/м^3 . Несмотря на принимающиеся за последние годы меры по улучшению экологического состояния водоемов, проблема «цветения» воды остается актуальной. Разложение массы сине-зеленых водорослей сопровождается специфическим неприятным запахом, биомасса в нагонах составляет $2\text{-}3 \text{ кг/м}^2$ [3].

Многими учеными и практиками предлагались и использовались различные методы защиты водоемов от «цветения», в первую очередь, сине-зеленых водорослей: физические (механические), химические, биологические, бактериальные и другие.

Из физических методов изучалось внесение в водоемы глины, повышающей мутность воды и подавляющей фотосинтез водорослей, сбор биомассы различными устройствами с последующей ее утилизацией. Однако практического применения они не нашли в связи с низкой технологичностью, высокими затратами и малой эффективностью. По этим же и другим причинам не получил распространения и способ защиты водоемов от «цветения» воды с использованием химических препаратов, при котором применяли внесение в водоемы медного купороса, газообразного хлора, хлорной извести, катодного серебра и др. [5]. Широко используемый метод бактериальной стерилизации воды в питьевом водоснабжении по целому ряду показателей оказался неприемлемым в открытых водоемах. Биотехнология улучшения качества воды становится весомым и перспективным фактором развития агропромышленного комплекса, при этом использование специальных высокопродуктивных микроводорослей эффективно, экологически безопасно и позволяет получить экологически чистые продукты питания без содержания нитратов и пестицидов. К микроводорослям относится представитель многочисленного семейства микроскопических водных растений из зеленых водорослей хлорелла [2].

Материалы и методы. Нами проводились исследования по разработке и практическому освоению современной биотехнологии повышения качества воды в открытых водоемах. Основаны они на структурной перестройке фитопланктона с использованием для вселения в водоемы штамма хлореллы *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 (патент РФ № 1751981). Исследования по вселению хлореллы проводились на заливах Береславского водохранилища Волго-Донского судоходного канала, предварительно были изучены гидрохимическое и гидробиологическое состояния водоемов. В работе использовались справочные данные и статистические материалы Нижне-волжского водного бассейнового управления, Волго-Донского судоходного канала, управления природных ресурсов Волгоградской области, собственные результаты исследований по современному состоянию гидрохимического и гидробиологического режимов водоемов Нижнего Поволжья в течение 2010-2017 гг. Изучение состояния химического состава воды, количественного и качественного составов гидробионтов (фитопланктона), а также адаптация штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 проводились на водоеме в местах водозабора воды для орошения сельскохозяйственных культур при сезонных выездах. Для проведения научно-исследовательских работ использовались общеизвестные методики.

Выращивание штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 проводилось на элективной питательной среде (N-64, P-8, Fe-0,1, Co-0,001, Cu-0,001 мг/л). Определение плотности культуры по оптическому светопропусканию и подсчету клеток – в камере Горяева.

Пробы воды отбирались батометром в точках вселения хлореллы и контрольных. При обработке проб воды на фитопланктон они фиксировались раствором Утермеля с добавлением формалина, были использованы методические рекомендации зоологического института РАН и Росгидромет [6, 7, 8]. Анализы воды выполнялись в аккредитованных гидрохимических и гидробиологических лабораториях. Вода исследовалась по 13 показателям гидрохимического состава, в числе которых температура, pH, степень насыщения кислородом, БПК, ХПК, нитраты, нитриты, хлориды, кальций, марганец, фосфаты, жесткость и др.

Одной из основных характеристик качества воды водного объекта является индекс загрязненности воды (ИЗВ). ИЗВ рассчитывался по химическим показателям среднегодового значения по формуле:

$$ИЗВ = \frac{\sum (C_{1-6} / ПДК_{1-6})}{6},$$

где *ИЗВ* – индекс загрязнения воды; *C_i* – среднегодовая концентрация *i*-го загрязняющего вещества в водном объекте, мг/л; *ПДК_i* – предельно допустимая концентрация *i*-го загрязняющего вещества в воде, мг/л; *С/ПДК* – относительная (нормированная) среднегодовая концентрация; *n* – количество показателей, по которым определяется индекс загрязнения воды (*n* = 6 – показатели, вносящие наибольший вклад в загрязнение данного водного объекта – растворенный кислород, легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), азот аммонийный, азот нитритный, фосфор фосфатов и нефтепродуктов).

Результаты и обсуждение. По данным прошлых лет, в Береславском водохранилище наблюдалось «цветение» воды, вызванное сине-зелеными водорослями, биомасса которых в летний период достигала 18 г/м³, а в заливах и бухтах – до 40 г/м³. Начиная с 2011 года за период с марта по сентябрь ежегодно в заливы Береславского водохранилища вселяли хлореллу, отбирали пробы фитопланктона. В результате вселения хлореллы численность клеток и биомасса сине-зеленых водорослей снижались, а зеленых – увеличивались (таблица 1).

Таблица 1 – Состояние фитопланктона Береславского водохранилища в 2017 году

Наименование	Период учетов						
	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь
Численность клеток, тыс. кл./л							
Сине-зеленые	13	32	58	90	1549	1430	520
Зеленые	82	256	393	610	2950	8740	2410
Биомасса водорослей (мг/л)							
Сине-зеленые	0,018	0,047	0,057	0,071	0,540	0,430	0,190
Зеленые	0,047	0,201	0,293	0,930	3,400	7,471	2,005

Для контроля расселения адаптированного штамма по заливам водохранилища пробы воды отбирали на участках, куда штамм не вносился. При рассмотрении под микроскопом во всех пробах воды были обнаружены клетки *Chlorella vulgaris*. Для подтверждения того, что хлорелла относится к штамму *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, пробы образцов воды культивировались на элективной питательной среде. Во всех пробах обнаружена планктонная форма хлореллы, которая по морфологическим и физиологическим признакам идентична штамму *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. В процентном отношении от общей численности фитопланктона хлорелла составляла 1 % весной и 3 % летом. Следовательно, акклиматизация планктонного штамма хлореллы в заливах водохранилища прошла успешно, она расселилась по всей акватории водоёма. Исследованиями установлено, что хлорелла (штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111) подавляет развитие сине-зеленых водорослей, а также создает оптимальные условия для массового развития зеленых, вода в результате чистая и не «цветет».

Гидрохимические исследования воды Береславского водохранилища в 2010-2017 гг. проведены сотрудниками ФГБНУ ВНИИОЗ и Испытательной лаборатории ФГУ «Управление эксплуатации Волгоградского водохранилища».

Сравнение состава фитопланктона в заливах опытной группы, куда хлорелла вносилась, и контрольной обнаружило положительное влияние вселяемого объекта на структуру планктонных альгоценозов даже при тех незначительных количествах, которые обнаруживались в водохранилище. Альгоценозы на опытных участках отличались более низкой концентрацией сине-зеленых и видов-возбудителей «цветения» воды, разнообразной структурой и повышенным удельным весом водорослей, более предпочтительных в кормовом и санитарно-гигиеническом отношении. Непосредственное наблюдение за влиянием штамма *Chlorella vulgaris* на состояние природного планктона в стадии «цветения», проведенное в эксперименте с изолированными объемами воды, подтвердило ингибирующее воздействие хлореллы на возбудителей «цветения» *Anabaena flos-aqua* и *Microcystis aeruginosa*. При направленном антропогенном воздействии на фитопланктон Береславского водохранилища установлено, что впервые за последние годы значительно улучшилось качество воды в местах вселения хлореллы, ИЗВ снизился с 1,210 до 0,635 (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика изменения качества воды (по ИЗВ)
Береславского водохранилища (2010-2017 гг.)

Год	Величина ИЗВ	Класс качества воды	Описание класса
2010	1,210	третий	умеренно загрязненная
2011	0,911	второй	чистая
2012	0,881	второй	чистая
2013	0,800	второй	чистая
2014	0,645	второй	чистая
2015	0,637	второй	чистая
2016	0,666	второй	чистая
2017	0,635	второй	чистая

Штамм хлореллы *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, в отличие от автохтонных видов, обитающих в водоемах, воздействует на планктон, ингибируя развитие сине-зеленых водорослей. Постоянное внесение хлореллы в течение ряда лет способствовало формированию полидоминантного альгокомплекса, обеспечивающего санитарно-гигиеническое и экологическое благополучие экосистемы.

Заключение. В результате исследований и мероприятий по вселению хлореллы в заливы Береславского водохранилища установлено заметное улучшение качества воды. Так, показатель индекса загрязнения воды (ИЗВ, индекс загрязнения воды) в 2017 году на 52 % снизился по сравнению с 2010 годом, уровень ИЗВ составил 0,635 единиц, это позволяет отнести воду ко II классу качества (чистые, ИЗВ = 0,3-1,0). В итоге проведенных исследований можно сделать вывод, что современная биотехнология улучшения качества воды открытых водоемов основана на вселении штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111.

Библиографический список

1. Биологические методы решения и проблемы «цветения» водоемов южных регионов России [Текст]/ И.П. Кружилин, В.В. Мелихов, Н.И. Богданов и др. // Вода: экология и технология: материалы 7-го Международного конгресса. – М., 2006. – С. 20-21.
2. Биологическая мелиорация пресноводных водоемов [Текст]/ В.В. Мелихов, И.П. Кружилин, П.И. Кузнецов и др. // Деловая слава России. – 2008. – № 6 (24). – С. 28-31.
3. Биологическая мелиорация водоемов Волгоградской области [Текст] /В.В. Мелихов, И.П. Кружилин, П.И. Кузнецов и др. // Озерные экосистемы: сб. докл. III Международной науч. конф. – Минск: Изд. центр БГУ, 2007. – С. 85-86.

4. Мелихов, В.В. Экологические аспекты устойчивости биоценозов водохранилищ Юга России и некоторые пути их решения [Текст]/ В.В. Мелихов, П.И. Кузнецов//Акватера: тезисы докл. конф. – С-Пб., 2006. – С. 68-69.
5. Мелихов, В.В. Биотехнология на службе здоровья экосистем водоемов и человека [Текст] / В.В. Мелихов, П.И. Кузнецов, С.В. Яковлев // Здоровье и экология. – 2006. – № 3 (37). – С. 18-19.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах : Зоопланктон и его продукция [Текст]/ Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, АН СССР, Зоол. ин-т; [Сост. А. А. Салазкин и др.]. – Л. : ГосНИОРХ, 1984. – 33 с.
7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений [Текст]/ Под ред. А.В. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
8. Садчиков, А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. Методическое руководство [Текст] / А.П. Садчиков. – М.: Университет и школа, 2003. – 157 с.
9. Сорокина, Е.И. Экологические проблемы водных объектов Волгоградской области [Текст] / Е.И. Сорокина, Л.Н. Маковкина // Актуальные проблемы права: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2015 г.). – М., 2015. – С. 173-176.
10. Paerl, H. W. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change / H. W. Paerl, N. S. Hall., E. S. Calandrino // Science of the Total Environment. – 2011. – Apr. – T. 409. – 10. – P. 1739-1745.

Reference

1. Biologicheskie metody resheniya i problemy "cveteniya" vodoemov yuzhnyh regionov Rossii [Tekst]/ I. P. Kruzhilin, V. V. Melihov, N. I. Bogdanov i dr. // Voda: Jekologiya i tehnologiya: materialy 7-go Mezhdunarodnogo kongressa. - M., 2006. - P. 20-21.
2. Biologicheskaya melioraciya presnovodnyh vodoemov [Tekst]/ V. V. Melihov, I. P. Kruzhilin, P. I. Kuznecov i dr. // Delovaya slava Rossii. - 2008. - № 6 (24). - P. 28-31.
3. Biologicheskaya melioraciya vodoemov Volgogradskoj oblasti [Tekst] /V. V. Melihov, I. P. Kruzhilin, P. I. Kuznecov i dr. // Ozernye jekosistemy: sb. dokl. III Mezhdunarodnoj nauch. konf. - Minsk: Izd. centr BGU, 2007. - P. 85-86.
4. Melihov, V. V. Jekologicheskie aspekty ustojchivosti biocenozov vodohranilisch Yuga Rossii i nekotorye puti ih resheniya [Tekst]/ V. V. Melihov, P. I. Kuznecov//Akvatara: tezisy dokl. konf. - S-Pb., 2006. - P. 68-69.
5. Melihov, V. V. Biotehnologiya na sluzhbe zdorov'ya jekosistem vodoemov i cheloveka [Tekst] / V. V. Melihov, P. I. Kuznecov, S. V. Yakovlev // Zdorov'e i jekologiya. - 2006. - № 3 (37). - P. 18-19.
6. Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoemah : Zooplankton i ego produkcija [Tekst]/ Gos. NII ozer. i rech. ryb. hoz-va, AN SSSR, Zool. in-t; [Sost. A. A. Salazkin i dr.]. - L. : GosNIORH, 1984. - 33 p.
7. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij [Tekst]/ Pod red. A. V. Abakumova. - L.: Gidrometeoizdat, 1983. - 240 p.
8. Sadchikov, A. P. Metody izucheniya presnovodnogo fitoplanktona. Metodicheskoe rukovodstvo [Tekst] / A. P. Sadchikov. - M.: Universitet i shkola, 2003. - 157 p.
9. Sorokina, E. I. Jekologicheskie problemy vodnyh ob'ektov Volgogradskoj oblasti [Tekst] / E. I. Sorokina, L. N. Makovkina // Aktual'nye problemy prava: materialy IV Mezhdunar. nauch. konf. (g. Moskva, noyabr' 2015 g.). - M., 2015. - P. 173-176.
10. Paerl, H. W. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change / H. W. Paerl, N. S. Hall., E. S. Calandrino // Science of the Total Environment. - 2011. - Apr. - T. 409. - 10. - P. 1739-1745.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОГО ПИЩЕВОГО ИНГРЕДИЕНТА
В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ****USE OF A NEW FOOD INGREDIENT IN THE PRODUCTION
OF MEAT PRODUCTS OF FUNCTIONAL PURPOSES****И.Ф. Горлов^{1,2}**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**М.И. Сложенкина^{1,2}**, доктор биологических наук, профессор**Ю.Д. Данилов¹**, младший научный сотрудник**И.А. Семенова¹**, кандидат биологических наук**А.С. Мирошник³**, аспирант**I.F. Gorlov^{1,2}, M.I. Slozhenkina^{1,2}, Yu.D. Danilov¹, I.A. Semenova¹, A.S. Miroshnik³**¹ Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград² Волгоградский государственный технический университет³ Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург¹ Volga research institute of production and processing of meat and dairy products² Volgograd State Technical University³ ITMO University

Питание является одним из важнейших факторов в жизни населения. Правильное и сбалансированное питание является залогом нормального развития как умственного, так и физического, способствует повышению качества жизни населения. Одной из общих проблем является проблема недостаточного потребления населением сбалансированного белка. В качестве решения предлагается внедрение в производство мясной продукции функциональной направленности – мясных рулетов копчено-запеченных с добавлением в рецептуру экструдированного нута новой селекции Волжанин 50 в виде хумуса, в котором предварительно были инактивированы антипитательные вещества путем замачивания семян в водном растворе пищевой добавки «Глималаск», используемой в качестве дополнительного источника аминокислот. В ходе исследований было выяснено, что добавление растительной добавки в количестве 15 % от массы несоленого сырья способствует увеличению выхода готовой продукции на 8 %, при этом улучшается аминокислотный состав продукта по сравнению с контрольным. Добавление хумуса в таком количестве не оказывает отрицательного влияния на органолептические свойства мясного рулета. Такой продукт удовлетворяет требованиям Политики в области здорового питания на период до 2020 года и рекомендуется к внедрению на действующие предприятия Волгоградской области.

Nutrition is one of the most important factors in the life of the population. Proper and balanced nutrition is the key to normal development, both mental and physical, and thereby contributes to improving the quality of life of the population. One of the common problems is the problem of insufficient consumption of a balanced protein by the population. As a solution, it is proposed to introduce into the production of meat products a functional orientation – meat rolls of smoked-baked with the addition of the formulation of an extruded chickpeas new selection of Volzhanin 50 in the form of hummus, in which the anti-nutrients were previously inactivated by soaking the seeds in an aqueous solution of the food supplement "Glimalask" used as an additional source of amino acids. During the research, it was found that adding a vegetable additive in an amount of 15% of the weight of unsalted raw material helps to increase the yield of finished products by 8%, while the amino acid composition of the product improves compared to the control one. The addition of hummus in such quantity does not adversely affect the organoleptic properties of the meatloaf. Such product meets the requirements of the Healthy Nutrition Policy for the period until 2020 and is recommended for introduction to the operating enterprises of the Volgograd Region.

Ключевые слова: нут, антипитательные вещества, цельномышечные изделия, рулет копчено-запеченный, хумус, ингредиенты мясных продуктов.

Key words: chickpeas, anti-nutrients, whole-muscle products, smoked-baked roll, hummus, ingredients of meat products.

**Исследования проведены в рамках государственного задания ГНУ НИИММП
по теме АААА-А17-117033110081-2.**

Введение. Питание является одним из важнейших факторов, опосредующих связь человека с окружающей средой. Рациональное и сбалансированное питание создает условия для нормального физического и умственного развития, оказывает существенное влияние на возможность противостоять воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды химической, физической и биологической природы, способствует профилактике заболеваний, увеличению продолжительности и повышению качества жизни населения. Таким образом, питание является фундаментальной основой, определяющей здоровье человека и сохранение генофонда нации.

Проблема сбалансированного питания широко рассматривается в принципах государственной политики Российской Федерации в области здорового питания на период до 2020 г., утвержденных распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. №1873-р. Основные задачи государственной политики:

- расширение отечественного производства основных видов продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности;
- развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, специализированных продуктов питания, продуктов функционального назначения и биологически активных добавок к пище;
- мониторинг состояния питания населения.

Во многих регионах нашей страны наблюдаются различные проблемы несбалансированного питания. Одна из них – проблема недостаточного потребления сбалансированного белка в питании граждан. Как правило, недостаток аминокислот имеет значительное распространение среди людей с большими физическими и психическими нагрузками. Дефицит белка в организме приводит к негативным последствиям практически для всего организма. Недостаточное поступление в организм белка с пищей приводит к замедлению роста и развития детей, у взрослых – к нарушениям деятельности желез внутренней секреции, к изменениям в печени, изменениям гормонального фона, нарушениям выработки ферментов и, как следствие, к ухудшению усвоения питательных веществ, многих микроэлементов, полезных жиров, витаминов. Кроме того, дефицит белка способствует ухудшению памяти, снижению работоспособности, ослаблению иммунитета из-за снижения уровня образования антител, а также сопровождается авитаминозом. Недостаточное потребление белка приводит к ослаблению сердечной и дыхательной системы, потере мышечной массы [4].

Для решения вышеупомянутой проблемы в данной статье была предложена разработка и внедрение в производство мясной продукции – мясных рулетов копчено-запеченных – обладающей функциональными свойствами за счет внесения растительного компонента. При этом предлагается использование нута новой селекции Волжанин 50, в котором предварительно были инактивированы антипитательные вещества, препятствующие полному усвоению макро- и микронутриентов организмом человека. Предполагается улучшение аминокислотного состава такого продукта, общего выхода мясных рулетов без ухудшения потребительских свойств и повышения себестоимости продукта. Привлечение регионального растительного сырья будет удовлетворять госу-

дарственной политике в области здорового питания по расширению сырьевых ресурсов [10]. Представленные экспериментальные данные пищевой и биологической ценности позволяют оценить эффективность используемой растительной добавки и целесообразность внедрения такого продукта на рынок пищевых продуктов.

Материалы и методы. Научные исследования проводили в аккредитованной комплексной аналитической лаборатории Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции. Объектами исследования выступали следующие образцы мясного рулета копчено-запеченного:

- контрольный образец, выполненный по классической рецептуре;
- исследуемый образец с добавлением растительной добавки в количестве 15 % от массы несоленого сырья без его замены в виде прослойки из предварительно приготовленной нутовой пасты – хумуса.

Такое количество растительной добавки было выбрано исходя из предварительных исследований внесения нута в колбасные и другие мясные изделия. При внесении выше 15 % от массы несоленого сырья наблюдается ухудшение органолептических показателей: запах и вкус приобретают гороховый оттенок, цвет на срезе продукта становится желтоватым [2].

В данных образцах необходимо было исследовать показатели эффективности использования растительного сырья. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- адаптация технологии производства мясных рулетов к лабораторным условиям;
- производство контрольного образца и образца копчено-запеченного рулета из свинины с учетом подготовки и внесения растительной добавки;
- исследование органолептических показателей готовой продукции;
- исследование физико-химических показателей: массовая доля белка, влаги, жира, поваренной соли, нитритов;
- исследование аминокислотного состава образцов продукта.

Схема исследований экспериментальных образцов продукта представлена на рисунке 1.

В готовых образцах сначала была проведена органолептическая оценка в соответствии с требованиями ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки», затем определялись физико-химические показатели – массовая доля белка, жира, поваренной соли, нитрита. Массовую долю белка определяли по ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка» методом Кьельдаля: сущность метода заключается в переводе азота аминокислот белка в аммиак путем минерализации с последующим его количественным определением. Массовую долю жира определяли ускоренным методом, основанном на экстрагировании жира из исследуемого образца органическим растворителем – хлороформом – с последующим удалением его из экстракта путем высушивания до постоянной массы по ГОСТ 23042-2015 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира».

Общее содержание влаги в продукте определялось на аппарате Чижовой путем высушивания навески продукта при температуре 150 °С в течение 5 минут. Отбор проб для анализов продукции проводился согласно методике, изложенной в ГОСТ 9792-73 «Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины, говядины и мяса других видов убойных животных и птиц. Правила приемки и методы отбора проб».

Исследования аминокислотного состава продукта проводились согласно методике, описанной ГОСТ Р 55569-2013, при помощи системы капиллярного электрофореза «Капель 105М» («Люмэкс-маркетинг», Россия) в аналитической лаборатории Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомо-

лочной продукции. Сущность метода состоит в разложении пробы для анализа кислотным гидролизом с переводом аминокислот в свободные формы, получении ФТК-производных аминокислот, дальнейшем их разделении и количественном определении методом капиллярного электрофореза.



Рисунок 1 – Схема исследований мясных рулетов

Особенности растительной добавки. Обогащение продуктов питания белком растительного происхождения является одним из основных решений проблемы удовлетворения потребностей населения в данном макроэлементе. Как известно, протеины зернобобовых культур, в т.ч. нута, близки по аминокислотному составу с животным белком. Также нут содержит жиры, клетчатку, большое количество кальция и другие полезные минералы и витамины [3]. В разработке функциональных пищевых продуктов впервые используется новый сорт нута – Волжанин 50 (код сорта 8457668, Балашов А.А., 2018 г.), отличающийся крупными семенами с отличной кулинарной оценкой, содержащий до 26 % легкоусвояемых, сбалансированных по аминокислотному составу белков [1].

Однако пищевые достоинства нута в значительной степени перекрываются наличием в его составе антипитательных веществ, препятствующих более полному усвоению питательных веществ. Они подразделяются на вещества белковой природы – 90 % (ингибиторы пищевых ферментов, лектины), углеводной – 8 % (рафиноза, стехиоза, вербаксоза), гликозидной – 2 % (сапонины, гинестеин, фитаты). Из всех антипитательных веществ наиболее интересны в нашем исследовании ингибиторы протеиназ

(трипсин и химотрипсин) из-за их высокого воздействия на усвоение белков. Поэтому целесообразно проводить инактивацию антипитательных веществ растительной добавки.

Используемый способ инактивации антипитательных веществ включает в себя несколько этапов. На первом этапе семена нута предварительно очищают от металломагнитных примесей на магнитном сепараторе, от механических – на ситах, от пыли – в проточной воде в течение 3-5 минут, замачивают их в водном растворе пищевой добавки «Глималаск», состоящей из органических кислот (аминоуксусной, яблочной, аскорбиновой) с показателем pH 5,0-5,5 при температуре 30-35 °С. На втором этапе проводят термическую обработку нута, состоящую из двух частей – термическая обработка в поле токов СВЧ при частоте электромагнитного поля 2450 МГц и экструзия семян нута. В результате данных манипуляций улучшается диэлектрическая проницаемость белков и концентрация биодоступных незаменимых аминокислот нута [8].

Использование пищевой добавки «Глималаск» при замачивании семян нута имеет преимущества в сравнении с другими пищевыми кислотами. Механизм действия добавки обусловлен полифункциональными свойствами. В частности, яблочная кислота в растворе предотвращает образование дегидроаскорбиновой кислоты, тем самым сохраняя природные свойства аскорбиновой кислоты при поддержании кислотности на нужном уровне. При дезаминировании аминоксусной кислоты в водном растворе образуется гликолевая кислота, в молекуле которой, наряду с карбоксильной группой, присутствует гидроксильная группа, усиливающая окислительные свойства среды. Вследствие этого происходит быстрое размягчение структуры семян, деструкция клеточных стенок, ускоряется диффузия молекул раствора при продвижении внутрь к запасным белкам семядолей нута. Происходит набухание и активная гидратация антипитательных веществ – белков, имеющих ферментную природу (липаза, липооксидаза, уреазы, ингибитор Куница и ингибитор Баумена-Бирка). Получаемая добавка обладает хорошей хранимоспособностью, данный метод снижения антипитательных веществ в бобовых культурах удовлетворяет требованиям регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [7, 9].

Растительная добавка представляет собой экструдированный нут в виде хлопьев с удаленными антипитательными веществами. Подготовка растительной добавки к внесению включает в себя измельчение до состояния муки и последующее гидратирование добавки в соотношении воды и нута 2 : 1 [6, 5]. Воду берут с избытком, лишнюю влагу затем сливают и добавляют в рассол, которым заливают мясное сырье. Полученную вязкую массу перемешивают до однородной консистенции, охлаждают и хранят при температуре 0-4 °С. Учитывая перечень механических и других воздействий на нут, приводящих к термическому воздействию на сырье, можно с уверенностью сказать, что получаемая добавка является хумусом, который затем в виде прослойки наносят на мясной рулет перед термической обработкой.

Способ производства мясных рулетов копчено-запеченных. В качестве сырья для рулета копчено-запеченного используют свинину – лопаточную часть отруба в шкуре, отделенную параллельно шейным позвонкам от полутуш 1 и 2 категорий в шкуре, толщина шпика не более 2 см.

Посол осуществляется мокрым методом с предварительным шприцеванием через кровеносную систему и в мышечную ткань рассолом с содержанием нитрита натрия 0,05 % и сахара 1,5 % в количестве не более 10 % от массы мясного сырья. Нашприцованное мясное сырье укладывают в емкости, прессуют и заливают рассолом в количе-

стве 40-50 %. Длительность выдержки сырья в рассоле 3-5 суток при 2-4 °С и вне рассола 1-2 суток. Лишний раствор, удаленный после гидратирования нутовой муки и содержащий водорастворимые белки, добавляется при заливке мясного сырья рассолом.

Далее осуществляют формирование продукта. Мясное сырье освобождают от костей, хрящей и грубых сухожилий, мякотную ткань нарезают на две половины, укладывают их друг на друга мышечной тканью внутрь, между ними намазывают хумус, завертывают в целлофан, перевязывают шпагатом через каждые 5-8 см и делают петлю для навешивания.

Термическая обработка сформованных мясных рулетов сводится к копчению и запеканию при температуре 85-95 °С в течение 11-12 ч. Готовые рулеты охлаждают до температуры в толще продукта 0-8 °С. Технологическая схема приготовления мясных рулетов представлена на рисунке 2.

Рецептура контрольного и исследуемого образцов продукта, а также их выходы представлены в таблице 1.

Результаты и обсуждение. В первую очередь в готовой продукции проводилась органолептическая оценка, результаты которой представлены в таблице 2. Растительная добавка в некоторой степени повлияла на органолептические свойства продукта, однако это не привело к ухудшению потребительских свойств.

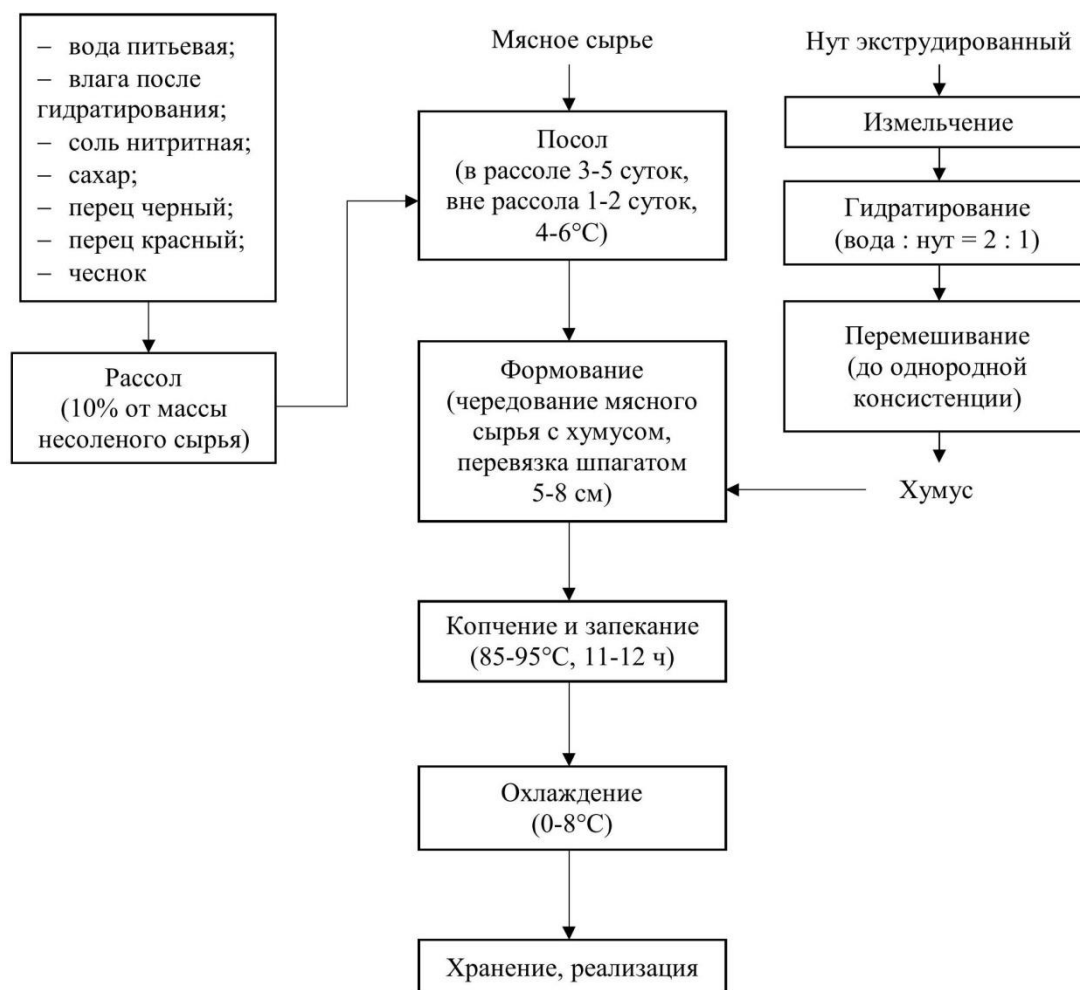


Рисунок 2 – Технологическая схема производства мясных рулетов функциональной направленности

Определение формы и поверхности мясных рулетов производилось визуально. Определение вкуса, запаха, консистенции и вид на разрезе образцов мясных рулетов производилось в свежеприготовленном продукте после его охлаждения до температуры в центре рулета не выше 6 °С. Из таблицы 2 видно, что консистенция опытного образца отличается нежностью и сочностью по сравнению с контрольным образцом. С добавлением растительных компонентов также изменяется и аромат продукта, который приобрел легкий ореховый оттенок. Полученные результаты органолептического анализа показывают перспективность внесения растительных компонентов.

Таблица 1 – Рецептуры мясных рулетов копчено-запеченных

№ п/п	Наименование сырья	Значение	
		контрольный образец	исследуемый образец (15% хумуса)
Сырье несоленое			
1	Лопатка свиная, кг	100	100
ИТОГО несоленого сырья, кг		100	100
Пряности и материалы			
2	Хумус, кг	–	15
6	Соль нитритная, кг	4,8	4,8
7	Сахар-песок, кг	1,5	1,5
8	Перец черный молотый, кг	0,02	0,02
1	Перец красный молотый, кг	0,02	0,02
9	Чеснок свежий, кг	0,2	0,2
13	Вода питьевая, л	44	49
ИТОГО сырья, пряностей и материалов, кг		156,54	176,54
Выход продукта, (%)		90	98

Таблица 2 – Органолептические показатели мясных рулетов

№	Показатель	Контрольный образец	Исследуемый образец
1	Форма, поверхность	цилиндрическая с однородной структурой, с чистой поверхностью	цилиндрическая с однородной структурой, с чистой поверхностью
2	Консистенция, вид на разрезе	не рыхлая, упругая, плотная, с хорошей структурой	достаточно нежная, не рыхлая, упругая, с хорошей структурой
3	Вкус	ярко выраженный мясной, без посторонних привкусов	ярко выраженный мясной, без посторонних привкусов
4	Запах	ароматный, мясной, с приятной нотой специй	ароматный, мясной, с приятной нотой специй и легким ореховым ароматом
5	Цвет	светло-серый цвет на поверхности, розовый оттенок на разрезе	светло-серый цвет на поверхности, розовый оттенок на разрезе

Готовый исследуемый образец мясного рулета копчено-запеченного был подвергнут перечню исследований, результаты которых отражают баланс питательных компонентов и их соотношение с физиологическими нормами суточной потребности человека. Состав питательных веществ продукта представлен в таблице 3.

Компонентный состав готового продукта представлен исходя из суточной нормы потребления колбасных и мясных изделий – 70 г/сутки. В продукте появилось содержание пищевых волокон, увеличилось содержание некоторых витаминов. Однако самым важным моментом будет увеличение ключевого компонента продукта – массовой доли белка, а следовательно, улучшение аминокислотного состава. Как известно,

продукт функциональной направленности должен удовлетворять потребности организма в ключевых макро- и микронутриентах в количестве не более 40 % от суточной нормы; представленный мясной рулет удовлетворяет данному условию.

Таблица 3 – Баланс питательных компонентов мясного рулета

Показатель	Значение показателя		Суточная норма
	г / 70 г продукта	% от суточной нормы	
Белки	10,70±0,11	17,80±0,18	60,0
Жиры	19,80±0,18	18,0±0,16	110,0
Углеводы	1,60±0,02	0,40±0,01	400,0
Вода	38,43±0,45	1,92±0,02	2000,0
Пищевые волокна	0,13±0,01	0,90±0,07	15,0
Витамины:			
А, мг	следы	следы	1,0
В ₁ , мг	0,40±0,03	20,0±1,50	2,0
В ₂ , мг	0,11±0,01	3,70±0,33	3,0
РР, мг	1,90±0,02	9,50±0,10	20,0
В ₅ , мг	0,38±0,01	3,80±0,10	10,0
В ₆ , мг	0,12±0,01	6,0±0,50	2,0
В ₉ , мкг	2,93±0,05	1,50±0,03	200,0
В ₁₂ , мкг	–	–	2,0
Е, мг	0,36±0,03	1,40±0,12	25,0
Калорийность, ккал	228,0±3,60	11,40±0,18	2000,0

На заключительном этапе исследования в готовых образцах продукта проводилось определение аминокислотного состава, результаты представлены на рисунке 3.

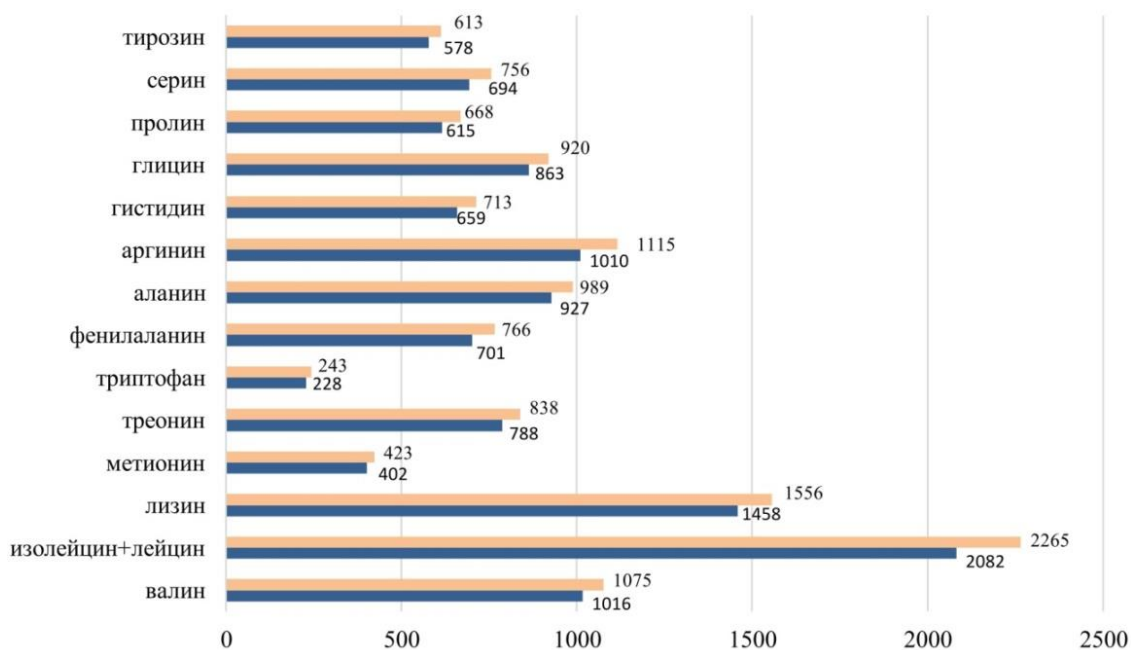


Рисунок 3 – Аминокислотный состав рулетов копчено-запеченных:

- контрольный образец без растительной добавки;
- с добавлением 15 % хумуса без замены мясного сырья

Аминокислотный состав определялся в двух образцах рулетов копчено-запеченных:

- рулет мясной копчено-запеченный без добавления растительной добавки (контрольный образец);
- рулет мясной копчено-запеченный функциональной направленности – с добавлением 15 % нутового хумуса, полученного из нута, предварительно прошедшего инактивацию антипитательных веществ и пропущенного через экструдер.

Полученные результаты наглядно показывают прямую зависимость состояния аминокислотного состава от добавления растительной добавки. Экспериментальный образец с добавлением 15 % нутового хумуса имеет более высокие показатели аминокислотного состава по сравнению с контрольным образцом. Естественно, можно предположить, что дальнейшее увеличение вносимой добавки будет способствовать увеличению содержания белка. Однако существует такой лимитирующий фактор, как органолептические свойства готового продукта. Дальнейшее повышение вносимого нутового хумуса приводит к появлению постороннего запаха в продукте. Следовательно, подобранная доза вносимой добавки может считаться оптимальной.

Заключение. Таким образом, была разработана технология производства мясных рулетов копчено-запеченных с добавлением растительной добавки – экструдированного нута сорта Волжанин 50, предварительно прошедшего стадию инактивации антипитательных веществ, препятствующую усвоению макро- и микронутриентов. Ключевая цель разработки – получить продукт с повышенным содержанием белка и более сбалансированным аминокислотным составом. На основе проведенных исследований контрольного и исследуемого образцов продукта можно выделить следующие преимущества разработанного продукта:

- технология мясных рулетов с растительной добавкой отличается от традиционной наличием операций по подготовке растительного компонента, поставляемого на производство в экструдированном виде с удаленными антипитательными веществами, что не слишком усложняет технологический процесс;
- использование в качестве растительного компонента нута нового сорта Волжанин 50 с отличной кулинарной оценкой и аминокислотным составом расширяет сырьевую базу производства продуктов питания, что удовлетворяет требованиям Политики в области здорового питания;
- выход готового продукта увеличивается до 98 % благодаря высокому показателю влагоудерживающей способности нутового экструдата;
- органолептические свойства продукта не ухудшаются, заметны улучшения консистенции продукта – она становится более нежной и сочной, также появляется легкий ореховый аромат, который не ухудшает общую органолептическую картину;
- баланс питательных компонентов слегка улучшается благодаря внесению экструдированного нута, однако слишком выдающихся результатов не наблюдается; увеличивается ключевой компонент продукта – массовая доля белка – по данному показателю 70 г продукта не превышает 40 % от суточного потребления, что является приемлемым результатом;
- продукт стал более сбалансированным по аминокислотному составу, подобранная доза растительной добавки в исследуемом образце дает положительные результаты, которые представлены на рисунке 2;
- использование растительной добавки сверх несоленого сырья не приводит к значительному повышению цены готового продукта, так как имеет низкую себестоимость.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что данный продукт удовлетворяет требованиям Политики здорового питания на период до 2020 года и рекомендуется к внедрению на действующие производства Волгоградской области.

Библиографический список

1. Балашов, А.В. Нут сорта Волжанин 50: код сорта 8457668 [Текст] /А.В. Балашов. – М.: ФГБУ «Госсорткомиссия», 2018.
2. Горлов, И.Ф. Использование экструдата нута и пшеницы для производства продуктов функциональной направленности [Текст]/ И.Ф. Горлов, Ю.Д. Данилов, М.И. Сложенкина // Мясная индустрия. – 2017. – №7. – С. 46-49.
3. Горлов, И.Ф. Новое в производстве пищевых продуктов повышенной биологической ценности [Текст]/ И.Ф. Горлов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – №3. – С. 57-58.
4. Горлов, И.Ф. Нут – альтернативная культура многоцелевого назначения [Текст]/ И.Ф. Горлов. – Волгоград: Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, 2012. – 107 с.
5. Изучение возможности использования экструдированных нута и пшеницы в технологии колбасных изделий повышенной биологической ценности [Текст]/ Ю.Д. Данилов, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №2 (50). – С. 257-270.
6. К вопросу использования добавок растительного происхождения функциональной направленности в технологии мясopодуктов [Текст]/ Ю.Д. Данилов, М.И. Сложенкина, А.Л. Алексеев и др. // Инновационные технологии пищевых производств: сб. тр. конф. – пос. Персиановский, 2016. – С. 7-9.
7. Методология производства и использования комплексной пищевой добавки компенсаторного и корректирующего действия для повышения биологической ценности мясных продуктов [Текст]/ И.Ф. Горлов, И.А. Семенова, М.И. Сложенкина, П.С. Андреев-Чадаев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №10 (156). – С. 157-161.
8. Новый метод снижения содержания антипитательных веществ в бобовых культурах [Текст]/ И.Ф. Горлов, И.А. Семенова, А.А. Мосолов и др. // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – №3. – С. 71-73.
9. Панкина, И.А. Исследования набухания и растворимости сухих веществ семян зернобобовых культур [Текст]/ И.А. Панкина, Л.М. Борисова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2016. – №2 (28). – С. 13-20.
10. Разработка новых функциональных продуктов на основе использования пророщенного нута [Текст]/ И.Ф. Горлов, Ю.Н. Нелепов, М.И. Сложенкина и др. // Все о мясе. – 2014. – №1. – С. 28-31.

Reference

1. Balashov, A. V. Nut sorta Volzhanin 50: kod sorta 8457668 [Tekst] /A. V. Balashov. – M.: FGBU “Gossortkomissiya”, 2018.
2. Gorlov, I. F. Ispol'zovanie jekstrudata nuta i pshenicy dlya proizvodstva produktov funkcional'noj napravlenosti [Tekst]/ I. F. Gorlov, Yu. D. Danilov, M. I. Slozhenkina // Miasnaya industriya. - 2017. - №7. - P. 46-49.
3. Gorlov, I. F. Novoe v proizvodstve pischevyh produktov povyshennoj biologicheskoy cennosti [Tekst]/ I. F. Gorlov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. - 2005. - №3. - P. 57-58.
4. Gorlov, I. F. Nut - al'ternativnaya kul'tura mnogocелеvogo naznacheniya [Tekst]/ I. F. Gorlov. - Volgograd: Povolzhskij NII proizvodstva i pererabotki myasomolochnoj produkcii, 2012. - 107 p.
5. Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya jekstrudirovannyh nuta i pshenicy v tehnologii kolbasnyh izdelij povyshennoj biologicheskoy cennosti [Tekst]/ Yu. D. Danilov, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2018. - №2 (50). - P. 257-270.
6. K voprosu ispol'zovaniya dobavok rastitel'nogo proisxozhdeniya funkcional'noj napravlenosti v tehnologii myasoproduktov [Tekst]/ Yu. D. Danilov, M. I. Slozhenkina, A. L. Alekseev i dr. // Innovacionnye tehnologii pischevyh proizvodstv: sb. tr. konf. - pos. Persianovskij, 2016. - P. 7-9.

7. Metodologiya proizvodstva i ispol'zovaniya kompleksnoj pischevoj dobavki kompensatornogo i korregiruyushchego dejstviya dlya povysheniya biologicheskoy cennosti myasnyh produktov [Tekst]/ I. F. Gorlov, I. A. Semenova, M. I. Slozhenkina, P. S. Andreev-Chadaev // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - №10 (156). - P. 157-161.

8. Novyj metod snizheniya soderzhaniya antipitel'nyh veschestv v bobovyh kul'turah [Tekst]/ I. F. Gorlov, I. A. Semenova, A. A. Mosolov i dr. // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2018. - №3. - P. 71-73.

9. Pankina, I. A. Issledovaniya nabuhaniya i rastvorimosti suhih veschestv semyan zernobobovyh kul'tur [Tekst]/ I. A. Pankina, L. M. Borisova // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Seriya: Processy i apparaty pischevyh proizvodstv. - 2016. - №2 (28). - P. 13-20.

10. Razrabotka novyh funkcional'nyh produktov na osnove ispol'zovaniya proroschennogo nuta [Tekst]/ I. F. Gorlov, Yu. N. Nelepov, M. I. Slozhenkina i dr. // Vse o myase. - 2014. - №1. - P. 28-31.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК 636.4.033.087.72

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-32

**МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО МЯСА СВИНЕЙ ПРИ
ВВЕДЕНИИ В РАЦИОНЫ ФЕРМЕНТНО-ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА
«БАЦЕЛЛ» ОТДЕЛЬНО И СОВМЕСТНО С ПРИРОДНЫМ БИШОФИТОМ
MEAT PRODUCTIVITY AND QUALITY OF PIG MEAT WHEN INTRODUCING
AN ENZYME PROBIOTIC PREPARATION «BATZELL» IN SEPARATION
AND INDIVIDUALLY WITH NATURAL BISHOPHYTIC**

А.Ф. Злепкин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

К.В. Эзергайль, доктор биологических наук, профессор

И.А. Авоян, старший преподаватель

A.F. Zlepkin, K.V. Ezergail, I.A. Avoyan

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Приведены результаты научно-хозяйственных экспериментов по введению в рационы молодняка свиней ферментно-пробиотического препарата «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом. Установлено, что использование в рационах молодняка свиней испытуемых препаратов способствует формированию мясной продуктивности, улучшает её качество. По завершению опыта выявлены дополнительные резервы увеличения производства свинины и повышения её качества, снижения затрат кормов на единицу продукции и не оказывает отрицательного влияния на химический состав, биологическую ценность и кулинарно-технологические свойства мяса.

The results of scientific and economic experiments with the introduction into the diets of young pigs the enzyme-probiotic preparation "Bacell" separately and together with natural bischofite are presented. It has been established, that the use of the tested preparations in the diets of young pigs contributes to the formation of meat productivity and improves its quality. Upon completion of the experience, additional reserves were identified to increase the production of pork and improve its quality, reduce the cost of feed per unit of production and do not adversely affect the chemical composition, biological value of meat and the culinary and technological properties of meat.

Ключевые слова: мясо свиней, убой свиней, бишофит, рационы свиней, свиньи, группы, мякоть свинины.

Key words: meat of pigs, slaughter of pigs, bischofite, rations of pigs, pigs, groups, pork pulp.

Введение. В связи со значительным сокращением поголовья скота в последние годы в нашей стране особенно важно укреплять отрасль путем улучшения существующих технологий производства свинины, организации полноценного кормления и удовлетворения потребностей животных в корме для их интенсивного роста. Развитие зависит от продолжительности выращивания, доращивания и откорма, производственных издержек на единицу продукции, качества и количества мяса [2, 10].

Живой вес и внешний вид свиней не дают полной картины их продуктивности и качества мяса, и поэтому более точные данные получаются только после убоя животных [8, 9].

Целью наших исследований стало изучение мясной продуктивности и качества мяса свиней при использовании в рационах препарата «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом.

Материалы и методы. Для выполнения поставленной цели в условиях ПЗК им. Ленина Суровикинского района Волгоградской области был проведён научно-хозяйственный опыт.

После отъема поросят, полученных от подопытных свиноматок, были сформированы по принципу пар-аналогов 5 групп поросят в возрасте 45 дней по 20 голов в каждой. Из поросят-отъемышей, полученных от свиноматок контрольной группы сформировали контрольную группу поросят, которые получали основной рацион. Из поросят-отъемышей, полученных от свиноматок I опытной группы, сформировали I и II опытную группу. Так, I опытная группа поросят к основному рациону получала 0,3 % препарата «Бацелл» от массы сухого комбикорма на голову в сутки, а II опытная группа сформирована из поросят, которые получали препарат «Бацелл» с молоком свиноматок до их отъема.

Из поросят-отъемышей, полученных от свиноматок II опытной группы, сформировали III и IV опытные группы. Так, III опытная группа поросят к основному рациону получала 0,3 % препарата «Бацелл» + природный бишофит в количестве 2 мл на голову в сутки, а IV опытную группу сформировали из поросят, которые получали препарат «Бацелл» совместно с природным бишофитом с молоком свиноматок до их отъема.

Научно-хозяйственный опыт длился 210 дней, в том числе: подготовительный период – 10 дней, переходный – 5 дней, главный – 195 дней.

Результаты и обсуждение. С целью окончательной оценки мясной продуктивности подопытного молодняка свиней был проведен в конце научно-хозяйственного опыта контрольный убой. Для этого из каждой группы мы отобрали по три головы с последующей обвалкой туш. От каждой туши были взяты образцы для проведения анализов морфологического, химического состава мяса и его качественной характеристики.

Результаты контрольного убоя показали, что использование в составе рационов препарат «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом оказало положительное влияние на формирование мясной продуктивности и качество мяса.

Результаты контрольного убоя показывают, что предубойная масса после 24 часовой голодной выдержки свиней опытных групп составлял 107,1; 105,6; 110,3 и 106,4 кг, что составляет 4,8 (4,70%); 3,3 (2,32%); 8,0 (7,82%) и 4,1 кг (4,01%) больше, чем у молодых свиней контрольной группы.

Исследование показало, что по убойной массе молодняк свиней III опытной группы превосходил аналогов контрольной группы 10,6 (16,26 %); I опытной группы – на 2,8 (3,84 %); II опытной группы – на 4,5 (6,32 %) и IV опытной группы – на 3,2 кг (4,44 %). Основным показателем, характеризующим убойные качества молодняка, яв-

ляется убойный выход, который за счет использования испытуемых препаратов увеличился в опытных группах соответственно на 4,5; 3,8; 5,0 и 4,5 % по сравнению с контрольной группой.

В опытных группах относительная масса парной туши превосходила контрольную группу на 7,8 (12,29 %); 6,0 (9,45 %); 10,0 (9,45 %) и 6,8 кг (6,8 %). Масса парной туши была выше у молодняка свиней III опытной группы по сравнению с I опытной группы на 2,2 (3,09 %); II опытной группы – на 4,0 (5,70 %) и IV опытной группы – на 3,2 кг (4,56 %).

Установлено, что наиболее тонкий шпик на уровне 6-7 грудных позвонков отмечен в опытных группах 31,6; 31,9; 31,4 и 31,7 мм, ниже, чем у сверстников контрольной группы, что указывает на более выраженные мясные качества у молодняка свиней опытных групп.

Важнейшим показателем является качественная оценка туш свиней по площади «мышечного глаза». Таким образом, площадь «мышечного глаза» у молодых свиней опытных групп по сравнению с контролем была выше на 2,6 (8,58 %); 0,7 (2,31 %); 3,5 (11,56 %) и 4,14 см² (4,62 %).

Особое значение имеет качественная оценка мяса – соотношение костей, мышц и жиров, количество, химический состав, вкус и кулинарные качества. Однако наиболее важными условиями для воздействия на количественные и качественные показатели производства мяса являются оптимальные условия содержания, кормления и соотношения жиров и белков, а также сокращения количества несъедобных частей [4, 7].

По проведенной обвалке туш свиней контрольной и опытных групп можно определить абсолютное и относительное количество основных тканей их организма.

Молодняк свиней из опытных групп, который получал в своем рационе изучаемые препараты в ходе исследования, превосходил своих аналогов из контрольной группы по охлажденной массе туши на 8,1 (12,94 %); 6,1 (9,75 %); 10,0 (15,96 %) и 7,0 кг (11,19 %).

По массе мяса животные I и III опытных групп превосходят аналогов из контрольной группы на 6,81 (20,15 %) и 9,71 кг (28,72 %) , а молодняка свиней из II и IV опытных групп – на 2,18 (5,54 %); (0,26 кг (0,65 %) и 5,03 (13,07 %); 3,16 кг (7,83 %).

Установлено, что более низкий выход сала имел молодняк свиней опытных групп на 5,72; 4,54; 6,34 и 4,37 % по сравнению с контрольной группой. Между опытными группами и контрольной группой нет существенной разницы в количестве костной ткани в тушах молодых свиней.

Интенсивность роста мышечной ткани у опытных молодых свиней указывает на выход мяса в туше на 100 кг предубойной живой массы. В исследованиях было установлено, что по сравнению с контрольными животными преимущество молодняка свиней опытных групп по данному показателю составляет 14,77; 10,29; 19,40 и 14,80 % соответственно.

Исследования показали, что индекс мясности у молодняка свиней из контрольной группы уступал аналогам из опытных групп соответственно на 0,44; 0,59; 1,02 и 0,54 %. Индекс постности у молодняка свиней был выше, чем у контрольной группы на 0,45; 0,32; 0,59 и 0,37 единиц.

Изучение мясной продуктивности животных должно учитывать не только массу туши, выход и морфологический состав, но и химический состав полученной мякоти, поскольку она позволяет оценить физиологическую зрелость мяса, его энергию и биологическую ценность [3, 5].

Результаты химического анализа средних образцов мяса туши показывают физиологическую зрелость свинины, полученных от молодняка свиней сравниваемых групп.

Необходимо отметить, что в мякоти молодняка свиней из III опытной группы по сравнению с контрольной I, II и IV опытными группами наблюдалось снижение влажности на 2,57; 1,96; 1,51 и 1,08%.

Следует отметить, что по сравнению с контрольной группой, в опытных группах в средней пробе мяса свежего мяса было больше сухого вещества на 0,64; 1,06; 2,57 и 1,49 % соответственно. В средней пробе мяса среди молодняка свиней опытных групп была разница в содержании сухого вещества в пользу животных III опытной группы по сравнению с молодняком свиней I, II и IV опытных групп составило 1,96; 1,51 и 1,08 %.

В средних пробах мякоти туш по содержанию белка молодняк свиней опытных групп превосходил сверстников из контрольной группы на 0,32; 0,24; 0,79 и 0,39 %. Содержание жира в средних пробах мякоти туш молодняка оказалось выше в опытных группах. Разница между животными контрольной и опытными группами по этому показателю составила 0,27; 0,82; 1,78 и 1,09 %. Существенных различий по содержанию золы в составе средних проб мякоти подопытных животных не выявлено. При изучении биологической полноценности мякоти мы определяем содержание в ней триптофана, который служит показателем высококачественных белков, а также оксипролина, свидетельствующего о содержании неполноценных белков.

Установлено, что в опытных группах содержание триптофана в средней пробе мяса молодняка свиней было выше соответственно на 5,83 (1,44 %); 7,67 (1,89 %); 13,36 (3,28 %) и 8,03 мг% (1,98 %).

Оксипролина содержалось меньше средней пробе мяса молодняка свиней опытных групп, чем у сверстников из контрольной группы, соответственно на 0,85 (1,75 %); 1,2 (2,47 %); 2,46 (5,06 %) и 1,54 мг% (3,17 %).

В средней пробе мяса туш молодняка свиней в опытных группах белковый качественный показатель был выше по сравнению с животными из контрольной группы на 3,23; 4,54; 8,85 и 5,26 %. Превосходство по изучаемому показателю между молодняком свиней опытных групп составило 5,44; 4,12 и 3,41 % в пользу III опытной группы.

Установлено, что триптофана в длиннейшей мышце спины молодняка свиней опытных групп содержалось больше, чем у сверстников в контрольной группе, соответственно на 10,44 (2,46 %); 12,15 (2,86 %); 18,34 (4,32 %) и 11,66 мг% (2,75 %).

По сравнению с животными контрольной группы, у молодняка свиней опытных групп как показали исследования, в длиннейшей мышце спины оксипролина содержалось меньше соответственно на 0,50 (1,02 %); 1,08 (2,20 %); 1,70 (3,46%) и 0,94 мг% (1,92 %).

Вместе с химическим и биохимическим составом свиного мяса, который характеризует его качество, основными показателями также являются технологические и кулинарные качества. Технологические свойства мяса зависят от его влажности. На сочность мяса влияет сохранение влаги и содержание внутримышечного жира. Чем больше влагоудерживающая способность мякоти, тем меньше потеря сока во время термобработки, а продукт из такого мяса намного более сочный [1, 6].

Чтобы определить товарный вид мяса, его способность к технологической обработке, условия хранения и созревание, мы провели оценку физико-химических свойств мяса. По результатам исследований, меньшей увариваемостью и большей влагоудерживающей способностью отличалась мякоть туш молодняка опытных групп.

В исследованиях установлено, что по влагоудерживающей способности мякоти молодняк из контрольной группы уступал сверстникам из опытных групп, соответственно на 0,58; 0,16; 0,78 и 0,38 %. Показатель увариваемости мякоти был выше у молодняка свиней из контрольной группы по сравнению с их сверстниками из опытных групп, соответственно на 0,44; 0,51; 0,64 и 0,37 %.

По результатам наших исследований выявлено, что показатель pH мякоти мяса, полученного от подопытного молодняка свиней всех групп, был в пределах от 5,68 до 5,80 ед., т.е. соответствовал оптимальным требованиям, необходимым для длительного хранения. У молодняка свиней опытных групп в сравнении со сверстниками из контрольной группы величина кулинарно-технологического показателя (соотношение влагоудерживающей способности и увариваемости) мякоти мяса была больше, соответственно на 1,95; 1,30; 3,25 и 1,95 %. Мякоть мяса молодняка свиней характеризовалась высокими кулинарными свойствами у всех подопытных групп.

Заключение. Использование в составе рациона молодняка свиней опытных групп ферментно-пробиотического препарата «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом способствует формированию мясной продуктивности, повышает биологическую ценность мяса и не оказывает отрицательного влияния на кулинарно-технологические свойства мяса.

Библиографический список

1. Злепкин, В.А. Производство продуктов свиноводства с использованием ферментных препаратов [Текст]: монография / В.А. Злепкин, О.В. Будтуев. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2010. – 184 с.
2. Злепкин, А.Ф. Биохимический состав, технологические и кулинарные качества мяса свиней при использовании биологически активных препаратов [Текст] / А.Ф. Злепкин, Д.А. Злепкин, Ю.В. Кравченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №2 (26). – С. 94-97.
3. Злепкин, А.Ф. Влияние биологически активных препаратов на химический состав мяса подопытных подсвинков [Текст] / А.Ф. Злепкин, В.И. Водяников, Д.А. Злепкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №3 (23). – С. 72-77.
4. Злепкин, А.Ф. Биопрепараты для повышения мясной продуктивности свиней [Текст] / А.Ф. Злепкин, Н.А. Злепкина, Д.А. Злепкин // Комбикорма. – 2012. – №1. – С. 87-88.
5. Злепкин, Д.А. Повышение мясной продуктивности и качества мяса подсвинков при введении в их рационы биологически активных препаратов [Текст] / Д.А. Злепкин, Ю.В. Кравченко // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: материалы Международной научно-практической конференции, январь 2012 г. – Волгоград, 2012. – Т. 3. – С. 59-62.
6. Злепкин, А.Ф. Влияние биологически активных препаратов на биологическую ценность и кулинарно-технические свойства свинины [Текст] / А.Ф. Злепкин, В.В. Саломатин, Д.А. Злепкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – №2 (22). – С. 87-92.
7. Погодаев, В.А. Качество мышечной и жировой ткани чистопородных и гибридных свиней [Текст] / В.А. Погодаев, А.Д. Пешков // Свиноводство. – 2011. – №4. – С. 24-26.
8. Саломатин, В.В. Динамика живой массы подсвинков при использовании в рационах треонина и ферментных препаратов [Текст] / В.В. Саломатин, О.В. Будтуев, В.А. Злепкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – №2 (14). – С. 79-84.
9. Филатов, А.С. Динамика живой массы и мясная продуктивность подсвинков разных пород [Текст] / А.С. Филатов, В.В. Шкаленко, И.Ю. Кукушкин // Свиноводство. – 2011. – №3. – С. 23-25.
10. Филатов, А.С. Продуктивные и некоторые биологические особенности свиней канадской селекции в условиях Нижнего Поволжья [Текст] / А.С. Филатов, И.Ю. Кукушкин // Главный зоотехник. – 2011. – №6. – С. 31-34.

Reference

1. Zlepkin, V. A. Proizvodstvo produktov svinovodstva s ispol'zovaniem fermentnykh preparatov [Tekst]: monografiya / V. A. Zlepkin, O. V. Budtuev. - Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskaya GSXA, 2010. - 184 p.

2. Zlepkin, A. F. Biohimicheskij sostav, tehnologicheskie i kulinarnye kachestva myasa svinej pri ispol'zovanii biologicheskij aktivnyh preparatov [Tekst] / A. F. Zlepkin, D. A. Zlepkin, Yu. V. Kravchenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - №2 (26). - P. 94-97.

3. Zlepkin, A. F. Vliyanie biologicheskij aktivnyh preparatov na himicheskij sostav myasa podopytnyh podsvinkov [Tekst] / A. F. Zlepkin, V. I. Vodyannikov, D. A. Zlepkin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2011. - №3 (23). - P. 72-77.

4. Zlepkin, A. F. Biopreparaty dlya povysheniya myasnoj produktivnosti svinej [Tekst] / A. F. Zlepkin, N. A. Zlepkin, D. A. Zlepkin // Kombikorma. - 2012. - №1. - P. 87-88.

5. Zlepkin, D. A. Povysenie myasnoj produktivnosti i kachestva myasa podsvinkov pri vvedenii v ih raciony biologicheskij aktivnyh preparatov [Tekst] / D. A. Zlepkin, Yu. V. Kravchenko // Agrarnaya nauka - osnova uspehnogo razvitiya APK i sohraneniya jekosistem: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, yanvar' 2012 g. - Volgograd, 2012. - T. 3. - P. 59-62.

6. Zlepkin, A. F. Vliyanie biologicheskij aktivnyh preparatov na biologicheskuyu cennost' i kulinarno-tehnicheskie svoystva svininy [Tekst] / A. F. Zlepkin, V. V. Salomatin, D. A. Zlepkin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2011. - №2 (22). - P. 87-92.

7. Pogodaev, V. A. Kachestvo myshechnoj i zhirovoj tkani chistoporodnyh i gibridnyh svinej [Tekst] / V. A. Pogodaev, A. D. Peshkov // Svinovodstvo. - 2011. - №4. - P. 24-26.

8. Salomatin, V. V. Dinamika zhivoj massy podsvinkov pri ispol'zovanii v racionah treonina i fermentnyh preparatov [Tekst] / V. V. Salomatin, O. V. Budtuev, V. A. Zlepkin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2009. - №2 (14). - P. 79-84.

9. Filatov, A. S. Dinamika zhivoj massy i myasnaya produktivnost' podsvinkov raznyh porod [Tekst] / A. S. Filatov, V. V. Shkalenko, I. Yu. Kukushkin // Svinovodstvo. - 2011. - №3. - P. 23-25.

10. Filatov, A. S. Produktivnye i nekotorye biologicheskie osobennosti svinej kanadskoj selekcii v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / A. S. Filatov, I. Yu. Kukushkin // Glavnyj zootehnik. - 2011. - №6. - P. 31-34.

E-mail: vzlepkin@mail.ru

УДК 338.45:658.5:637.5

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-33

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦЕХА
ТИПОВОГО МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ЦЕЛЬЮ
СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
И УЛУЧШЕНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА**

**FORMALIZATION AND ANALYSIS OF THE PROCESSES OF COOLING PLANT
OF A TYPICAL MEAT PROCESSING COMPANY FOR THE PURPOSE OF THE
FOOD SECURITY SYSTEM REQUIREMENT AND
IMPROVEMENT OF MANAGEMENT ACCOUNTING**

О. В. Кочеткова, доктор технических наук, профессор

O. V. Kochetkova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Выполнены формализация, исследование и анализ бизнес-процессов холодильного цеха типового мясоперерабатывающего предприятия. Установлено, что имеющиеся бизнес-процессы не обеспечивают выпуск безопасной продукции, поскольку не соответствуют в полной мере требова-

ниям нормативных документов системы пищевой безопасности НАССР. В настоящее время НАССР принята различными законодательными органами, такими как Всемирная организация здравоохранения, Международная комиссия по микробиологическим требованиям к пищевым продуктам (ICMSF) и др. В нашей стране на основе системы НАССР разработан и введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 51705.1-2001, за нарушение которого на предприятия накладываются серьезные санкции. Кроме того, выявлены такие недостатки бизнес-процессов холодильного цеха, как неполнота отображения фактов учета мясного сырья и потерь от его охлаждения, несвоевременность фиксации и предоставления данных о протекающих процессах, отсутствие факторного анализа потерь продукции и стратегии размещения мясного сырья в складских ячейках холодильного цеха. Очевидно, что такой подход не способен решать проблемы, связанные с безопасностью пищевых продуктов и обеспечить высокую эффективность производства. В связи с этим потребовалась реорганизация существующих бизнес-процессов холодильного цеха. Реорганизованные бизнес-процессы должны в полной мере отвечать требованиям международных стандартов качества и безопасности, а также обеспечивать выполнение оперативного управления прослеживаемостью, безопасностью и учетом продукции на основе автоматизированного контроля в информационной системе.

The article formalizes, studies and analyzes the business processes of cooling plant of a typical meat-processing company. It is established that the available business processes do not ensure the release of safe products, since they do not fully comply with the requirements of the regulatory documents of the HACCP food safety system. Currently HACCP is adopted by various legislative bodies, such as the World Health Organization, the International Commission on Microbiological Food Requirements (ICMSF), etc. In our country, based on the HACCP system, the national standard GOST R 51705.1-2001 was developed and put into operation, for the violation of which imposed serious sanctions on enterprises. In addition, such shortcomings in the business processes of cooling plant as incomplete display of the facts of accounting for meat raw materials and losses from its cooling are revealed, untimely fixation and provision of data on ongoing processes, the absence of a factor analysis of product losses and the strategy of placing meat raw materials in the storage cells of the refrigeration shop. This approach is not able to solve the problems associated with the safety of food products and ensure high production efficiency. In this connection, the reorganization of the existing business processes of cooling plant was required. Reorganized business processes must fully meet the requirements of international quality and safety standards, as well as ensure the implementation of operational management of security, traceability and accounting of products based on automated control in the information system.

Ключевые слова: *безопасность продукции, мясоперерабатывающие предприятия, прослеживаемость, НАССР, управленческий учет, пищевая безопасность.*

Key words: *product safety, meat processing enterprises, traceability, «HACCP», management accounting, food safety.*

Введение. В мировой практике продукцию мясоперерабатывающих предприятий принято рассматривать как продукцию, для которой характерны высокие специфические риски: химические, биологические, физические. Вступление России в ВТО и принятие Технического регламента ТС 021/2011 [8] сделало обязательным внедрение международной системы пищевой безопасности НАССР (Hazard Analytics Control Critical Points) - системы контроля в критических точках [9, 4]. Это, в свою очередь, потребовало предъявления очень строгих требований к качеству сырья, техническим и санитарным нормам производства и хранения, а также к готовой продукции пищевого производства. Важнейшей отличительной особенностью системы НАССР является управление безопасностью пищевой продукции, которое основано на предотвращении, исключении или снижении появления рисков на всех этапах производственного процесса.

Исследование бизнес-процессов переработки мяса является основой для изыскания путей повышения качества и безопасности мясной продукции [7, 2].

Особую актуальность приобретает исследование бизнес-процессов холодильного цеха, поскольку, по сути дела, именно в этом цехе начинаются процессы мясоперерабатывающего предприятия и нарушение на начальном этапе может привести к получению некачественной продукции в конце производственного процесса, что приведет к существенным финансовым потерям.

Материалы и методы. Исследование соответствия безопасности продукции мясоперерабатывающего предприятия нормативным требованиям невозможно без описания его технологических процессов. С этой целью применялась методология бизнес-моделирования и метод процессного подхода при использовании нотации IDEF0 и программы AllFusion Process Modeler. При построении функциональных диаграмм по методологии IDEF0 каждый процесс изображается в виде отдельных процессных блоков (в виде прямоугольников), которые связываются в общую диаграмму со связями входов, выходов, обозначенных управляющих воздействий (стрелки, направленные сверху вниз) и используемых исполнительных механизмов (стрелки, направленные снизу вверх). Далее производится декомпозиция процессорных блоков в связанной общей диаграмме IDEF0, число уровней иерархии которой зависит от сложности основного процесса [10].

Использование моделирования бизнес-процессов обеспечивает не только наглядность и возможность оценить исследуемую деятельность по отношению к нормативным требованиям, предъявляемым к его управлению, функционированию и различным результатам деятельности, но и получить как бы взгляд со стороны на процессы предприятия и определить необходимые их улучшения для достижения поставленных целей [7]. Для этого сначала создают модели «Как есть», позволяющие выявить текущие проблемы, а затем строят модели «Как будет», отображающие выполнение процессов, обеспечивающих достижение желаемой цели.

На основании изучения технологических процессов типового мясоперерабатывающего предприятия были разработаны модели бизнес-процессов холодильного цеха, представленные в виде IDEF0-диаграмм «Как есть» (рисунки 1-3).

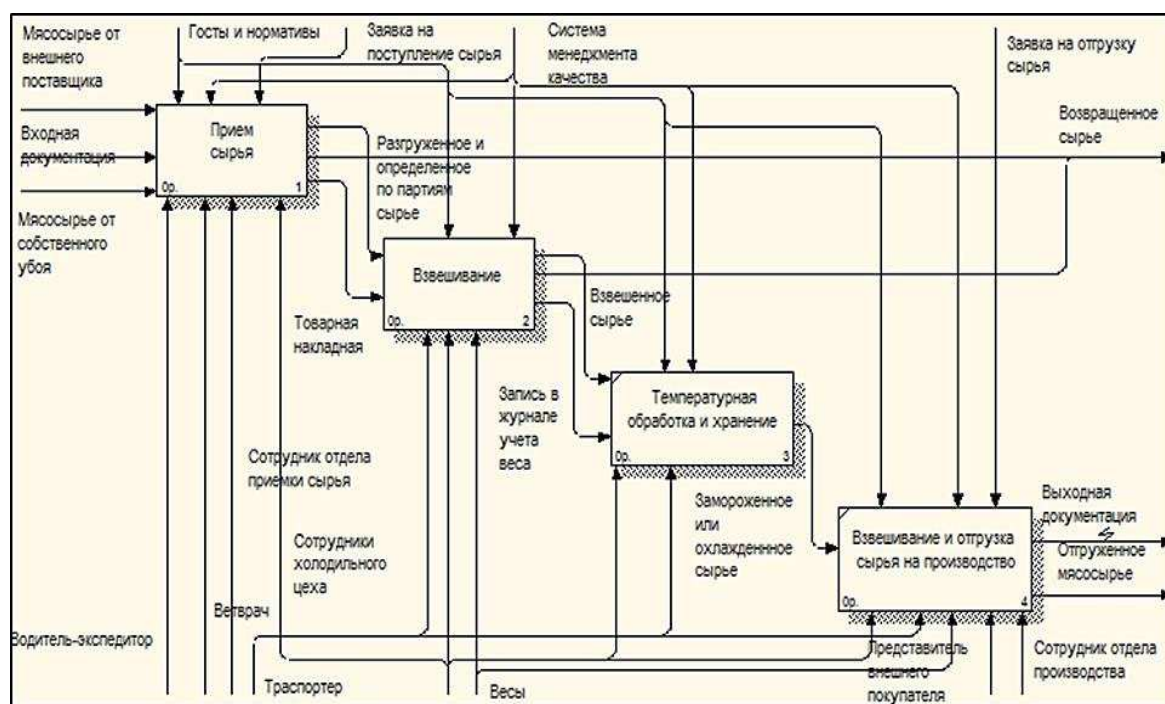


Рисунок 1 - IDEF0-диаграмма работы холодильного цеха на мясокомбинате

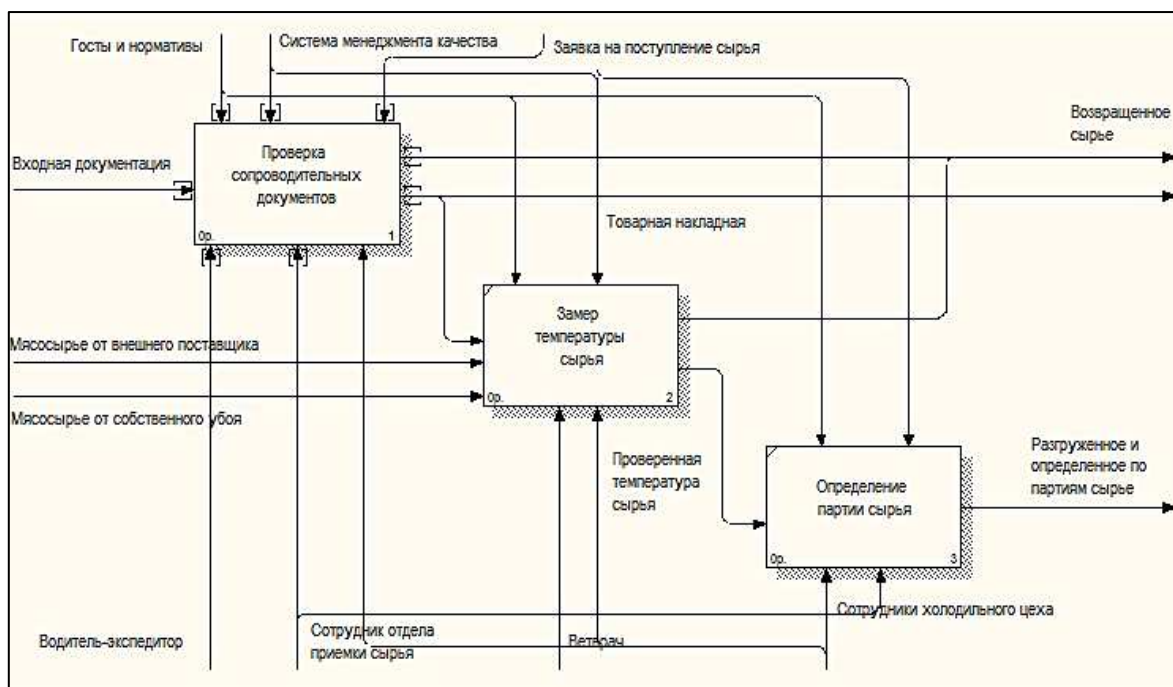


Рисунок 2 – Декомпозиция бизнес-процесса «Прием сыра»

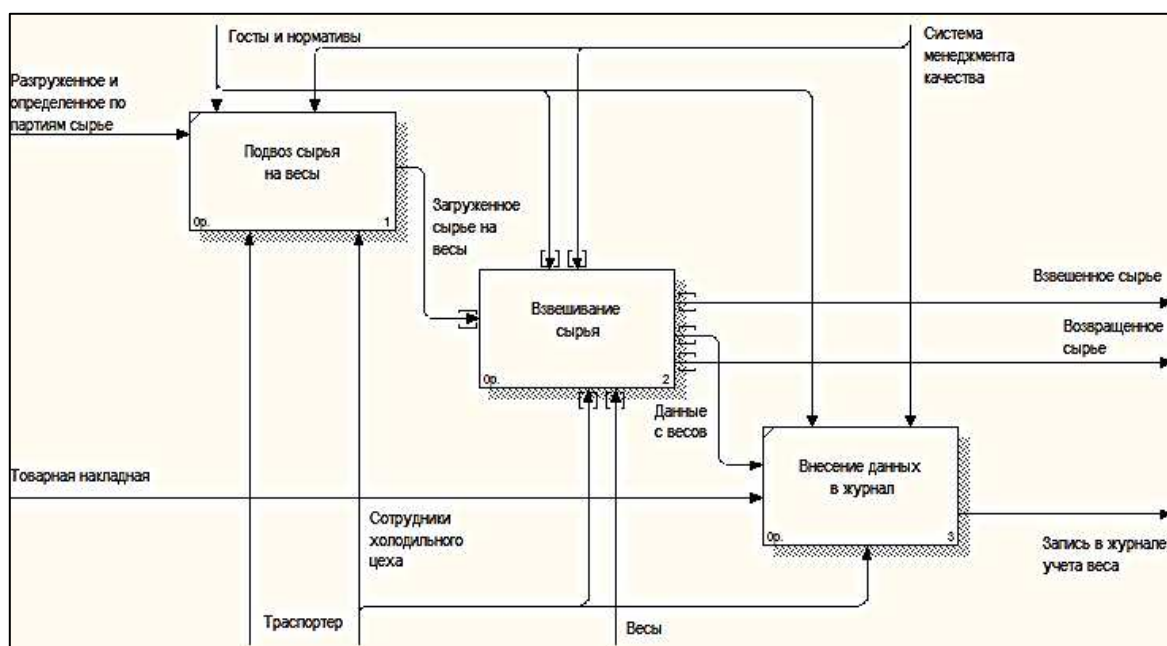


Рисунок 3 - Декомпозиция бизнес-процесса «Взвешивание»

Результаты. Основные бизнес-процессы холодильного цеха (рисунок 1) включают прием сыра, его взвешивание, температурную обработку и хранение, взвешивание и отгрузку сыра на производство. Управляющие механизмы на данной диаграмме представлены документами: системой менеджмента качества, ГОСТ и нормативами, заявками на отгрузку сыра, заявками на поступление сыра.

При выполнении процессов холодильного цеха задействованы водитель-экспедитор, представитель внешнего покупателя, ветврач, сотрудники холодильного цеха и отдела приемки сыра, а также сотрудник отдела производства. Используются техниче-

ские средства: транспортёр и весы. Результатом выполнения процесса являются отгруженное мясосырье, выходная документация и возвращенное сырье (в случае, если было поставлено некачественное мясо или выявлен недовес).

На рисунке 2 изображена декомпозиция процесса «Прием сырья», которая включает проверку сопроводительных документов мясного сырья, замер температуры сырья, определение партии сырья.

Подпроцесс «Взвешивание» (рисунок 3) включает подвоз сырья на весы, взвешивание сырья и внесение данных в журнал. Учетной процедурой является запись в журнале учета с отметкой о соответствии данных товарной накладной.

Обсуждение. Проведем анализ разработанных диаграмм бизнес-процессов холодильного цеха на основе рассмотрения безопасности мясопродуктов как оперативно контролируемой многофакторной системы, которая учитывает качественные и количественные показатели сырья, материалов, работу оборудования и сотрудников, а не как единичного показателя готового продукта.

Данный подход позволяет снизить риски потери качества и безопасности мясной продукции, а также предотвращает излишние материальные потери.

Выполненный анализ бизнес-процессов холодильного цеха позволил установить ряд несоответствий требованиям нормативных документов в отношении безопасности мясной продукции. Так, мясную продукцию в холодильном цехе оценивают традиционными методами проверки качества и безопасности продукции, основанными на отдельных показателях, подлежащих контролю, а не в соответствии с требованиями НАССР.

Существенным недостатком имеющихся бизнес-процессов является отсутствие возможности проанализировать и оценить риски, выявить опасные факторы производства, выполнить прогнозирование отклонений в свойствах продукции, что, в свою очередь, не позволяет реализовать предупреждающие мероприятия [11]. Заслуживает критики также имеющаяся система прослеживаемости [12, 1], призванная выявить жизненный путь и идентифицировать единицу или партию продукции на всех стадиях получения сырья, переработки и движения к потребителю, как не в полной мере соответствующая требованиям международных стандартов менеджмента качества [5, 6].

В качестве недостатка реализуемых бизнес-процессов холодильного цеха можно отметить также тот факт, что формирование отчетов о работе цеха дает возможность создавать документы, подтверждающие выполнение плана на предприятии, но не позволяет оперативно отслеживать происхождение и безопасность мясного сырья. Существующая организация бизнес-процессов и их документационное сопровождение не предусматривают использование информационных систем (ИС), позволяющих оперативно собирать и анализировать информацию о работе производственного оборудования и персонала, фактическом состоянии сырья, материалов и готовой продукции. Это препятствует осуществлению полноценного управленческого учета и выполнению анализа отклонений фактических показателей от плановых, выбору оптимального количества производственных запасов и установлению длительности их хранения в холодильном цехе, учету потерь, контролю исполнения и корректировки планов. Таким образом, существующие бизнес-процессы являются препятствием в повышении эффективности управления безопасностью и эффективностью производства мясной продукции.

В связи с этим требуется реорганизация существующих бизнес-процессов с целью реализации концепции, основанной на анализе опасных факторов, предусматривающая систематическую идентификацию, оценку и управление опасными факторами, существенно влияющими на безопасность продукции, а также реализацию эффективной системы прослеживаемости, контроля и управленческого учета продукции.

Заключение. Произведенная работа по формализации и анализу бизнес-процессов холодильного цеха типового мясоперерабатывающего предприятия доказала необходимость их реорганизации, чтобы в полной мере обеспечить выпуск безопасной продукции и создать в холодильном цехе полноценную систему сбора, регистрации, хранения, анализа и предоставления требуемой для принятия решений информации, что, в свою очередь, позволит улучшить распределение ресурсов, снизить издержки, улучшить финансовые показатели деятельности цеха и предприятия в целом.

Библиографический список

1. Бессонова, Л.П. Научное и экспериментальное обоснование управления качеством пищевых продуктов на основе системы прослеживаемости [Текст]: автореф. дис. доктора техн. наук/ Л.П. Бессонова. – М., 2011. – 42 с.
2. Кочеткова, О.В. Модернизация бизнес-процессов мясоперерабатывающего предприятия для управления безопасностью продукции [Текст]/ О.В. Кочеткова// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3 (28). – С. 287-295.
3. Методики анализа бизнес-процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/bp.shtml>
4. Основные принципы системы ХАССП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.haccp-control.ru/принципы-системы-хассп.html>
5. Системы качества. Управление качеством пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. Общие требования [Текст]: ГОСТ Р 51705.1-2001. – М.: Стандартинформ, 2007.
6. Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Требования к организациям, участвующим в цепи создания пищевой продукции [Текст]: ГОСТ Р ИСО 22000-2007. – М.: Стандартинформ, 2007.
7. Сурмак, Т. Неформальный подход к производственной логистике предприятий мясной отрасли/«Логистика» 12/2014 [Электронный ресурс] / Т. Сурмак. – Режим доступа: <http://www.logistika-prim.ru/articles/neformalnyy-podkhod-k-proizvodstvennoi-logistike-predpriyatii-myasnoi-otrasli>
8. Технический регламент ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/texnreg/deptexreg/tr/Documents/TR%20TS%20PishevayaProd.pdf>;
9. Hazard analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/005/y1579e/y1579e03.htm>
10. David M. Bridgeland, Ron Zahavi. Business Modeling: A Practical Guide to Realizing Business Value. Morgan Kaufmann, 2008. – 408 p.
11. Kochetkova, O.V. Formalization of business processes cooling plant meat processing company / O.V. Kochetkova, D.S. Denisov, A.B. Kochetkov // Science in the modern information society VII Proceedings of the Conference. North Charleston, 28-29.03.2016, Vol.2 — North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. – P. 74-76.
12. Kochetkova, O.V. Model of a system of traceability of meat processing companies / O.V. Kochetkova, I.V. Ilchenko, A.B. Kochetkov // Fundamental and applied sciences today VIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 10-11.05.2016, Vol.1—North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. – P. 34-38.

Reference

1. Bessonova, L. P. Nauchnoe i jeksperimental'noe obosnovanie upravleniya kachestvom pischevyh produktov na osnove sistemy proslezhivaemosti [Tekst]: avtoref. dis. doktora tehn. nauk/ L. P. Bessonova. - M., 2011. - 42 p.
2. Kochetkova, O. V. Modernizaciya biznes-processov myasopererabatyvayushchego predpriyatiya dlya upravleniya bezopasnost'yu produkci [Tekst]/ O. V. Kochetkova// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 3 (28). - P. 287-295.

3. Metodiki analiza biznes-processov [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.cfin.ru/management/controlling/fsa/bp.shtml>
4. Osnovnye principy sistemy HASSP [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.haccp-control.ru/principy-sistemy-hassp.html>.
5. Sistemy kachestva. Upravlenie kachestvom pischevyh produktov na osnove principov HASSP. Obschie trebovaniya [Tekst]: GOST R 51705.1-2001. - M.: Standartinform, 2007.
6. Sistemy menedzhmenta bezopasnosti pischevyh produktov. Trebovaniya k organizaciyam, uchastvuyuschim v cepi sozdaniya pischevoj produkcii [Tekst]: GOST R ISO 22000-2007. - M.: Standartinform, 2007.
7. Surmak, T. Neformal'nyj podhod k proizvodstvennoj logistike predpriyatij myasnoj otrasli/“Logistika” 12/2014 [Jelektronnyj resurs] / T. Surmak. - Rezhim dostupa: <http://www.logistika-prim.ru/articles/neformalniy-podkhod-k-proizvodstvennoi-logistike-predpriyatii-myasnoi-otrasli>
8. Tehnicheskij reglament TS 021/2011 “O bezopasnosti pischevoj produkcii” [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.eurasiancommission.org/ru/act/txnnreg/deptexreg/tr/ Documents/TR%20TS%20PishevayaProd.pdf>;
9. Hazard analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application [Jelektronnyj resurs]. - Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/005/y1579e/y1579e03.htm>
10. David M. Bridgeland, Ron Zahavi. Business Modeling: A Practical Guide to Realizing Business Value. Morgan Kaufmann, 2008. - 408 p.
11. Kochetkova, O.V. Formalization of business processes cooling plant meat processing company / O.V. Kochetkova, D.S. Denisov, A.B. Kochetkov // Science in the modern information society VII Proceedings of the Conference. North Charleston, 28-29.03.2016, Vol.2 — North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. - P. 74-76.
12. Kochetkova, O.V. Model of a system of traceability of meat processing companies / O.V. Kochetkova, I.V. Ilchenko, A.B. Kochetkov // Fundamental and applied sciences today VIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 10-11.05.2016, Vol.1—North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2016. - P. 34-38.

E-mail: ovk555@bk.ru

УДК 636.5.087.26: 636.5.085.25

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-34

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ
МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА
В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ И КУР-НЕСУШЕК
EFFICIENCY OF WASTE USE OF OIL EXTRACTION PRODUCTION
IN FEEDING BROILER CHICKENS AND LAYING HENS**

С.И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.К. Карапетян, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М.В. Струк, кандидат сельскохозяйственных наук

О.В. Корнеева, студент

S.I. Nikolaev, A.K. Karapetyan, M.V. Struk, O.V. Korneeva

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Представлены результаты двух научно-хозяйственных опытов, посвященных использованию концентрата «Горлинка» в составе комбикормов для цыплят-бройлеров и кур-несушек. Концентрат «Горлинка» получают с помощью гидробаротермической обработки жмыха из семян горчицы. Использование нового кормового продукта взамен подсолнечного жмыха в составе комбикорма для цыплят-бройлеров кросса «Росс 308» способствовало увеличению живой массы на 146,9 г, снижению расхода комбикорма на единицу продукции до 4,67 %. Экономический эффект благодаря замене 75 % жмыха подсолнечного на новый ингредиент в рецептуре

комбикорма для птицы составил 1085,35 рублей. Далее были проведены исследования по изучению влияния разработанного нами кормового продукта на яичную продуктивность кур-несушек кросса «Хайсекс коричневый». При введении концентрата горчичного взамен 75 % подсолнечного шрота в рецепт комбикорма для кур были получены следующие положительные результаты: количество яиц, снесенных одной курицей, было больше на 4,25 %, при этом наблюдалось повышение массы яйца на 2,61 %. Экономический эффект от использования кормового продукта составил 3952,44 рубля. При проведении двух научно-хозяйственных опытов мы изучали переваримость и использование питательных веществ комбикормов с новым ингредиентом. Следует отметить, что коэффициенты переваримости питательных веществ птиц в опытных группах были выше по сравнению с контрольной. Таким образом, использование концентрата «Горlinka» в составе комбикорма для сельскохозяйственной птицы позволяет повысить ее продуктивные качества, при этом снизить расход кормов, что положительно сказывается на экономической эффективности отрасли птицеводства.

The article presents the results of two scientific and business experiments on the use of concentrate "Gorlinka" as part of feed for broiler chickens and laying hens. The concentrate "Gorlinka" is obtained using hydrobaro-thermal treatment of the meal from mustard seeds. The use of a new feed product instead of sunflower meal in the composition of feed for broiler chickens of the "Ross 308" cross-country contributed to an increase in live weight by 146.9 g, while reducing the feed consumption per unit of production to 4.67%. The economic effect due to the replacement of 75% of sunflower cake with a new ingredient in the compounding formula for poultry amounted to 1085.35 rubles. Further studies were conducted to study the effect of the food product developed by us on the egg productivity of laying hens of the cross "Hisex Brown". With the introduction of mustard concentrate instead of 75% sunflower meal in the recipe for feed for chickens, the following positive results were obtained: the number of eggs laid by one chicken was 4.25% more, while an increase in the egg mass by 2.61% was observed. The economic effect from the use of feed product amounted to 3952.44 rubles. When conducting two scientific and business experiments, we studied the digestibility and nutrient use of compound feed with a new ingredient. It should be noted that the digestibility factors of the nutrients of birds in the experimental groups were higher compared to the control. Thus, the use of concentrate "Gorlinka" in the composition of feed for poultry allows you to increase its productive quality, while reducing feed consumption, which has a positive effect on the economic efficiency of the introduction of the poultry industry.

Ключевые слова: концентрат «Горlinka», подсолнечный жмых, комбикорма, куры-несушки, яичная продуктивность, цыплята-бройлеры, живая масса бройлеров, гематологические показатели.

Key words: «Gorlinka» concentrate, sunflower oilcake, mixed fodder, laying hens, egg productivity, broiler chickens, live weight, hematological parameters.

Введение. Промышленное птицеводство играет важную роль в обеспечении населения страны продуктами питания [5]. При этом эффективное ведение отрасли птицеводства определяется ее прибыльностью [8].

Главной задачей при производстве птицеводческой продукции является увеличение продуктивности птицы, это возможно лишь при соответствующих условиях ее содержания и обеспечении в полном объеме нужным количеством энергии питательных и биологически активных веществ [4].

Нижеволжский регион, в частности Волгоградская область, характеризуется резко континентальным климатом, а выращивание таких масличных культур, как подсолнечник и соя, затруднено [10]. Поэтому использование данных кормовых средств в составе комбикормов для животных и птицы не всегда рентабельно. Однако в нашем регионе успешно возделывают другую масличную культуру – горчицу Сарептскую [2]. Она хорошо приспособлена к выращиванию в засухоустойчивой зоне, неприхотлива к

почвам, что особенно важно для нашей области. Однако продукт ее переработки на масло – горчичный жмых – содержит антипитательные вещества, и поэтому использование его в кормлении животных и птиц недопустимо [6].

Учеными Волгоградского ГАУ был предложен способ обезвреживания данного вида жмыха путем гидробаротермической обработки [7]. При этом содержание антипитательных веществ в жмыхе значительно снижается, что позволяет скормливать его без вреда для здоровья сельскохозяйственным животным и птице. Этот уникальный продукт получил торговое название «Белоксодержащий кормовой концентрат «Горлинка».

Эффективность горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» не изучена в кормлении кур ни мясного, ни яичного направления продуктивности. Поэтому считается, что изучение эффективности применения горчичного концентрата в кормлении цыплят-бройлеров и кур-несушек является актуальным.

Целью наших исследований явилось увеличение продуктивности сельскохозяйственной птицы, улучшение физиологического состояния, а также повышение экономической эффективности отрасли мясного и яичного птицеводства за счет использования в составе комбикорма горчичного концентрата «Горлинка».

Материалы и методы. В период с 2015 по 2017 гг. на АО «Птицефабрика Красnodонская» Иловлинского района и птицефабрике «Волжская» Среднеахтубинского района Волгоградской области были проведены научно-хозяйственные опыты по изучению влияния горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» на продуктивные качества цыплят-бройлеров кросса «Росс 308» и кур-несушек кросса «Хайсекс Браун».

В группы подопытную птицу подбирали по методу аналогов. Условия содержания, фронт поения и кормления, световой режим и другие требования как в контрольной, так и в опытной группах были идентичны и полностью соответствовали рекомендациям к кроссам. На рисунке 1 представлена общая схема исследований.



Рисунок 1– Общая схема исследований

Важно отметить, что цыплятам-бройлерам мы скармливали горчичный концентрат в количестве 75 %, заменяющий подсолнечный жмых, а курам-несушкам – взамен подсолнечного шрота. Данное различие обусловлено тем, что при выращивании цыплят-бройлеров на птицефабрике АО «Краснодонская» в составе комбикорма используют подсолнечный жмых, а на птицефабрике «Волжская» в рацион для кур-несушек вводят подсолнечный шрот.

Результаты и обсуждение. На предварительном этапе наших исследований мы изучили кормовую ценность подсолнечного жмыха и шрота, а также разработанного нами нового кормового продукта (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав исследуемых кормов, %

Показатель питательности	Кормовые ингредиенты		
	Подсолнечный жмых	Подсолнечный шрот	Концентрат «Горlinkка»
Содержание:			
Воды	10,6	8,31	8,2
Сухого вещества	89,4	91,69	91,8
Сырого протеина	35,2	38,1	38,7
Сырого жира	8,1	3,1	8,7
Сырой золы	6,5	7,0	7,2
БЭВ	25,7	26,29	27,1
Сумма аминокислот	22,03	23,47	26,32
в т.ч. лизина	1,09	1,31	2,19
метионина	0,71	0,92	1,35

Так, представленный выше химический состав изучаемых нами кормовых ингредиентов позволяет заключить, что горчичный концентрат «Горlinkка» превосходит по питательной ценности известные и традиционно используемые корма – жмых и шрот из семян подсолнечника. Содержание сырого протеина в горчичном концентрате составило 38,7 %, а в жмыхе и шроте подсолнечника соответственно – 35,2 % и 38,1 %. По содержанию других питательных веществ также лидировал разработанный нами концентрат. Убедившись, что концентрат «Горlinkка» превосходит по питательной ценности известные кормовые ингредиенты, мы провели первый научно-хозяйственный опыт на цыплятах-бройлерах.

Живая масса является главным зоотехническим показателем, позволяющим оценить развитие и рост птицы, общеизвестно, что цыплята-бройлеры обладают большой интенсивностью роста [1, 3]. По результатам проведенного взвешивания можно сделать заключение, что подопытные цыплята-бройлеры опытной группы отличались более высоким приростом живой массы по отношению к своим сверстникам из контрольной группы (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение живой массы подопытной птицы, г ($M \pm m$)

Показатель	Группа цыплят-бройлеров	
	контрольная	опытная
Живая масса:		
в суточном возрасте	40,4	40,1
в 37-дневном возрасте	2207,6 $\pm$ 18,44	2354,5 $\pm$ 19,5***
Прирост:		
абсолютный	2167,2	2314,4
среднесуточный	58,57	62,55

Здесь и далее * $P > 0,95$, ** $P > 0,99$, *** $P > 0,99$

Так, живая масса птицы из контрольной группы в конце опыта составляла 2207,6 г, а у птицы в опытной группе данный показатель был больше на 146,9 г.

Общий и среднесуточный приросты у птицы были также выше в опытной группе, получавшей в составе комбикорма концентрат. Так, общий прирост в контрольной группе находился на уровне 2167,2 г, в опытной группе данный показатель возрос на 6,79 % и составил 2314,4 г. Среднесуточный прирост птицы, полученный расчетным путем, также лидировал в опытной группе на 3,98 г или 6,8 %.

Поиск новых кормовых культур и добавок необходим, прежде всего, для расширения кормовой базы, снижения доли дорогих ингредиентов в составе комбикормов для животных и птиц, при сохранении продуктивности и качества полученной продукции. Однако большое внимание в кормлении цыплят-бройлеров уделяют такому показателю, как расход комбикорма на единицу прироста живой массы. По результатам проведенного опыта затраты комбикорма на 1 кг прироста были ниже в опытной группе по сравнению с контролем на 1,85 %.

Физиологический опыт на птице проводили с целью изучения коэффициентов переваримости разработанного нами рецепта комбикорма, в состав которого был введен горчичный концентрат.

Так, коэффициент переваримости сухого вещества у птицы опытной группы был выше на 1,37 %, чем у ее аналогов из контроля (78,31 % против 76,94 %). Было отмечено увеличение на 1,99 % коэффициента переваримости органического вещества у птицы опытной группы по сравнению с контролем (81,22 % против 79,23 %). Коэффициент переваримости сырого протеина у птиц в опытной группе достиг 80,05 %, что на 2,24 % больше чем в контроле. Коэффициент переваримости сырой клетчатки у птицы в опытной группе по сравнению с контрольной группой увеличился на 1,65 %. Коэффициент переваримости сырого жира у бройлеров опытной группы составил 82,77 %, что выше, чем у птиц из контроля на 2,29 %. Коэффициент переваримости безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) у птицы опытной группы увеличился на 2,02 % по сравнению с контрольной группой и составил 92,69 %.

В обмене веществ подопытной птицы не наблюдалось каких-либо нарушений, о чем свидетельствуют проведенные гематологические исследования. Однако некоторые различия в крови все же были. Так, было отмечено увеличение эритроцитов в крови цыплят-бройлеров в опытной группе в сравнении с контрольной на 0,12 %. В это же время количество лейкоцитов у птицы опытной группы уменьшилось на 1,12 %. Содержание общего белка в крови цыплят-бройлеров опытной группы превышало на 2,1 г/л аналогичный показатель в контрольной группе. В опытной группе содержание альбумина оказалось на 0,46 ммоль/л больше, чем в контрольной. Содержание кальция и фосфора в крови опытной группы птицы было выше соответственно на 0,24 и 0,25 ммоль/л, чем в контрольной. Использование разработанного нами концентрата в составе комбикорма оказало положительное влияние на гематологические показатели крови.

Анализируя полученные данные в ходе проведения первого научно-хозяйственного опыта, можно сделать вывод, что цыплята-бройлеры опытной группы имели значительно высокий валовой выход мяса: разница с контролем составила 9,01 %, что способствовало повышению дополнительной прибыли в размере 1085,53 рублей.

Таким образом, входящий в состав комбикорма концентрат «Горлинка» оказал положительное влияние на зоотехнические и физиологические показатели цыплят-бройлеров, что способствовало повышению экономической эффективности отрасли мясного птицеводства.

Далее нами был проведен второй научно-хозяйственный опыт на взрослых курах-несушках. В наших исследованиях замена шрота подсолнечного на горчичный концентрат «Горлинка» в рационах взрослых кур-несушек оказала положительное влияние на их яичную продуктивность (таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивность кур-несушек

Показатель	Группа кур	
	контрольная	опытная
Кол-во голов	60	60
Снесено яиц на все поголовье, шт.	19350	20172
Средняя масса яйца, г	63,47±1,90	65,13±1,96
Всего затрачено комбикорма, кг	2554,2	2521,5

Наибольшее количество яиц получено от кур-несушек опытной группы 20 172 штук, что на 822 штуки, или на 4,25 % выше, чем в контрольной группе.

Масса яйца в опытной группе кур составила 65,13 г, что выше, чем в контроле на 1,66 г или 2,61 %. В контрольной группе было получено 1228,14 кг яичной массы, в то время как в опытной этот показатель составил 1313,80 кг. За весь период опыта затраты корма в опытной группе были ниже, чем в контроле. Затраты корма на единицу продукции в опытной группе также были ниже, чем в контрольной группе. Затраты корма на 1 кг яйцемассы в контрольной группе составили 2,08 кг, в опытной группе 1,92 кг, что ниже, чем в контроле на 0,16 кг или 8,33 %. В опытной группе затраты корма на 10 яиц составили 1,25 кг, что ниже, чем в контроле на 0,07 кг.

Коэффициент переваримости сырого протеина у птицы в опытной группе оказался на 0,82 % выше, чем в контроле. Коэффициент переваримости сырой клетчатки в опытной группе птиц увеличился на 0,56 % в сравнении с контрольной. Переваримость сырого жира в опытной группе на 2,02 % выше, чем в контрольной.

Для определения полноценности кормления птицы нами были изучены биохимические и морфологические показатели крови [9]. Результаты исследований показали, что введение концентрата «Горлинка» взамен шрота подсолнечного в комбикорма для кур-несушек способствовало улучшению морфобиохимического состава крови. Содержание эритроцитов в крови кур-несушек опытной группы было выше на $0,16 \cdot 10^{12}/л$ по сравнению с контролем. Содержание гемоглобина в крови кур опытной группы было выше на 7,29 г/л, чем в контрольной. Стоит также отметить увеличенное содержание общего белка в крови кур-несушек в сравнении с контрольной группой на 3,15 г/л. Содержание кальция и фосфора в крови птицы опытной группы было также выше, чем в контроле соответственно на 0,12 ммоль/г.

В результате применения горчичного концентрата «Горлинка» в комбикорме для кур-несушек был получен положительный экономический эффект, который составил 3952,44 рублей.

Заключение. Введение в рацион цыплят-бройлеров и кур-несушек горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» позволило повысить исследуемые показатели. Так, у цыплят-бройлеров живая масса опытной группы увеличилась на 146,9 г, общий прирост – на 147,2 г, а среднесуточный прирост – на 3,98 г. У цыплят-бройлеров опытной группы переваримость сухого вещества выросла на 1,37 %, органического вещества – на 1,99 %, сырого протеина – на 2,24 %, сырой клетчатки – на 1,65 %, сырого жира – на 2,29 %, безазотистых экстрактивных веществ – на 2,02 %. Снижение затрат на корма в течение проведения данного опыта на 4,67 % позволило получить дополнительную прибыль в опытных группах до 1085,53 рублей.

У кур-несушек по результатам исследования повысилась яйценоскость, что в среднем на одну несушку было больше на 13,7 штуки или 4,25 %, чем в контрольной группе. Средняя масса яйца у кур опытной группы возросла на 1,66 г, суммарное количество полученной яичной массы в опытной группе на 85,66 кг было больше, чем в контроле. Затраты корма на 1 кг яйцемассы снизились на 8,33 % в опытной группе. Переваримость органического вещества у птицы в опытной группе увеличилась на 1,17 %, сырого протеина – на 0,82 %, сырой клетчатки – на 0,56 %, сырого жира – на 2,02 % по сравнению с контролем. В результате проведенного опыта мы получили экономический эффект в опытной группе, равный 3952,44 рубля.

Библиографический список

1. Влияние БВМК (С) на продуктивность цыплят-бройлеров [Текст]/ Е.А. Липова, А.В. Васина, М.Э. Шаповалова и др.// Современное состояние животноводства: проблемы и пути их решение: материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2018. – С. 211-212.
2. Использование концентрата «Горlinka» в рационах дойных коров [Электронный ресурс]/ С.И. Николаев, С.В. Чехранова, А.В. Никишенко и др.// АгроЭкоИнфо. – 2018. – №3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_308.doc.
3. Околелова, Т.М. Продуктивность и мясные качества бройлеров при коррекции протеина и энергии в комбикорме за счет ферментных препаратов [Текст]/ Т.М. Околелова // Эффективное животноводство. – 2016. – № 7 (128). – С. 16-18.
4. Околелова, Т.М. Производить конкурентную продукцию [Текст]/ Т.М. Околелова, Д.Д. Смирнов, М.А. Алиев // Птицеводство. – 2017. – № 1. – С. 47-49.
5. Фисинин, В. Мировое и российское птицеводство: современные тренды [Текст]/ В. Фисинин // СФЕРА: Птицепром. – 2017. – № 1. – С. 18-19.
6. Шерстюгина, М.А. Изучение химического состава нетрадиционных кормов [Текст]/ М.А. Шерстюгина, О.Е. Карнаухова // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию Н.И. Вавилова. – М., 2018. – С. 354-355.
7. Шерстюгина, М.А. Использование продуктов переработки семян масличных культур в качестве наполнителя БВМК для птицы [Текст]/ М.А. Шерстюгина // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XXI Международной научно-практической конференции. – Барнаул, 2018. – Т. 2. – С. 336-338.
8. Ahmadi, M. Effect of different levels of nano-selenium on performance, blood parameters, immunity and carcass characteristics of broiler chickens / M. Ahmadi, Ahmadian A & Seidavi AR // Poultry Science Journal. – 2018. – № 6(1). – P. 99-108.
9. Ahmadipour, B. Effect of guanidinoacetic acid supplementation on growth performance and gut morphology in broiler chickens / B. Ahmadipour, MR. Khajali F & Sharifi // Poultry Science Journal. – 2018. – № 6(1). – P. 19-24.
10. Poultry Product Manufacturing Using By-Products of Fat-and-Oil Industry / S.I. Nikolaev, A.K. Karapetyan, V.V. Shkalenko et al.// J. Pharm. Sci. & Res. – 2018. – Vol. 10(8). – P. 1902-1905.

Reference

1. Vliyanie BVMK (S) na produktivnost' cyplyat-brojlerov [Tekst]/ E. A. Lipova, A. V. Vasina, M. Je. Shapovalova i dr.// Sovremennoe sostoyanie zhivotnovodstva: problemy i puti ih reshenie: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Saratov, 2018. - P. 211-212.
2. Ispol'zovanie koncentrata "Gorlinka" v racionah dojnyh korov [Jelektronnyj resurs]/ S. I. Nikolaev, S. V. Chehranova, A. V. Nikishenko i dr.// Agro}koInfo. - 2018. - №3. - Rezhim dostupa: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_308.doc.
3. Okolelova, T. M. Produktivnost' i myasnye kachestva brojlerov pri korrekcii proteina i jenerгии v kombikorme za schet fermentnyh preparatov [Tekst]/ T. M. Okolelova // Jefferktivnoe zhivotnovodstvo. - 2016. - № 7 (128). - P. 16-18.
4. Okolelova, T. M. Proizvodit' konkurentnyuyu produkcuyu [Tekst]/ T. M. Okolelova, D. D. Smirnov, M. A. Aliev // Pticevodstvo. - 2017. - № 1. - P. 47-49.

5. Fisinin, V. Mirovye i rossijskoe pticevodstvo: sovremennye trendy [Tekst]/ V. Fisinin // SFERA: Pticeprom. - 2017. - № 1. - P. 18-19.
6. Sherstyugina, M. A. Izuchenie himicheskogo sostava netradicionnyh kormov [Tekst]/ M. A. Sherstyugina, O. E. Karnauhova // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 130-letiyu N. I. Vavilova. - M., 2018. - P. 354-355.
7. Sherstyugina, M. A. Ispol'zovanie produktov pererabotki semyan maslichnyh kul'tur v kachestve napolnitelya BVMK dlya pticy [Tekst]/ M. A. Sherstyugina // Agrarnaya nauka - sel'skomu hozyajstvu: materialy XXI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Barnaul, 2018. - T. 2. - P. 336-338.
8. Ahmadi, M. Effect of different levels of nano-selenium on performance, blood parameters, immunity and carcass characteristics of broiler chickens / M. Ahmadi, Ahmadian A & Seidavi AR // Poultry Science Journal. – 2018. – № 6(1). – P. 99-108.
9. Ahmadipour, B. Effect of guanidinoacetic acid supplementation on growth performance and gut morphology in broiler chickens / B. Ahmadipour, MR. Khajali F & Sharifi // Poultry Science Journal. – 2018. – № 6(1). – P. 19-24.
10. Poultry Product Manufacturing Using By-Products of Fat-and-Oil Industry / S.I. Nikolaev, A.K. Karapetyan, V.V. Shkalenko и др. // J. Pharm. Sci. & Res. – 2018. – Vol. 10(8). – P. 1902-1905.

E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

УДК 636.2.033

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-35

ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРОВ КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ, ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОД И ИХ ПОМЕСЕЙ

ECONOMIC AND BIOLOGICAL FEATURES OF THE COWS OF THE KAZAKH PROTECTIVE, HEREFORD BREEDS AND THEIR POOMS

А.В. Ранделин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.А. Кайдулина, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. Ранделина, кандидат сельскохозяйственных наук

В.С. Гришин, кандидат сельскохозяйственных наук

A.V. Randelin, A.A. Kaidulina, V.V. Randelina, V.S. Grishin

ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград

Federal State Budget Scientific Institution «Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products», Volgograd

Изложен материал сравнительного изучения хозяйственно-биологических особенностей коров казахской белоголовой, герефордской пород и их помесей с генотипом $\frac{1}{2}$ каз. X $\frac{1}{2}$ герефорд. Выявлено, что самой высокой живой массой во все возрастные периоды характеризовались коровы герефордской породы. Они превосходили по данному показателю сверстниц казахской белоголовой породы в возрасте 3, 4 и 5 лет на 9,24; 5,49 и 5,60 % и помесей соответственно – на 4,98; 4,50 и 2,89 %. Наиболее высокой молочностью обладали помесные коровы. Дочери помесных коров превосходили по живой массе в возрасте 175 дней потомков чистопородных коров казахской белоголовой и герефордской пород соответственно на 2,07 и 5,1 кг. Превосходство по воспроизводительной способности и естественной резистентности установлены у чистопородных коров казахской белоголовой породы и помесных сверстниц.

The article presents a comparative study of the economic and biological characteristics of the Kazakh white-headed and Hereford cows and their hybrids with the genotype of $\frac{1}{2}$ ka. X $\frac{1}{2}$ hereford. It is revealed that the highest live weight in all age periods was characterized by hereford cows. They exceeded in this indicator peers of the Kazakh white-headed breed at the age of 3, 4 and 5 years at 9.24; 5.49 and 5.60%, and hybrids, respectively, by 4.98; 4.50 and 2.89%. The highest milkiness had

crossbred cows. The daughters of crossbred cows outnumbered in live weight at the age of 175 days the descendants of purebred Kazakh white-headed and hereford breeds by 2.07 and 5.1 kg, respectively. Superiority in reproductive ability and natural resistance were established in all-breed cows of the Kazakh white-headed breed and cross-bred peers.

Ключевые слова: коровы, породы коров, генотипы коров, живая масса коров, воспроизводительная способность коров, естественная резистентность коров, помеси коров.

Key words: cows, breeds of cows, genotypes of cows, live weight of cows, reproductive ability of cows, natural resistance of cowscross-breed cows.

Введение. В процессе развития породы, повышения ее генетического потенциала продуктивности селекционеры вынуждены, кроме чистопородного разведения, использовать вводное скрещивание, как правило, с родственными породами. Так, по мнению ряда исследователей [2, 1], при совершенствовании казахского белоголового скота перспективным приемом является скрещивание с герефордской породой. Однако в ряде работ [5, 3] отмечается потеря у помесного скота ряда существенных качеств, характерных для казахской белоголовой породы, таких как репродуктивная способность, естественная резистентность.

При этом эффективность вводного скрещивания во многом зависит от качества скрещиваемых животных, условий их выращивания и содержания [4, 6].

Целью исследований было изучение хозяйственно-биологических особенностей в условиях резко-континентального климата Нижнего Поволжья коров казахской белоголовой, герефордской пород и их помесей.

Материалы и методы. Исследования проводились на маточном поголовье ОАО «Шуруповское» Фроловского района Волгоградской области. Поголовье коров было распределено на 3 группы. В первую группу были отобраны чистопородные коровы казахской белоголовой породы, во вторую – герефордской породы и в третью – помесные с генотипом $\frac{1}{2}$ каз. $\times$ $\frac{1}{2}$ герефорд.

Для проведения исследований использовались документы зоотехнического и племенного учета, каталоги быков-производителей, опытные данные. Подопытные коровы содержались в летнее время на пастбищах, в зимнее – в коровнике. Содержание коров было беспривязным. Цифровой материал, полученный в процессе исследований, обработан биометрически на ПК по программе «Microsoft Office Excel 2010».

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что при осеменении в возрасте 17-18 месяцев наиболее низкую живую массу имели чистопородные коровы казахской белоголовой породы. Они уступали по данному показателю своим сверстницам герефордской породы на 25,9 кг или 6,86 % ($P>0,999$) и помесным сверстницам на 24,3 кг или 6,30 % ($P>0,999$). В возрасте 3-х лет чистопородные коровы казахской белоголовой породы уступали герефордским сверстницам 45,0 кг или 9,25 % ($P>0,999$) и помесным с генотипом $\frac{1}{2}$ каз. $\times$ $\frac{1}{2}$ герефорд. – 25,9 кг или 4,98 % ($P>0,999$). В возрасте 4 лет чистопородные коровы казахской белоголовой породы уступали по живой массе сверстницам герефордской породы на 5,99 % ($P>0,999$) и помесным сверстницам на 4,50 % ($P>0,999$). Половозрелые коровы казахской белоголовой породы уступали сверстницам по живой массе 5,66 ($P>0,999$) и 2,83 % ($P>0,999$) (таблица 1).

Следует отметить, что во все возрастные периоды помесные коровы превосходили по живой массе чистопородных сверстниц казахской белоголовой породы, но уступали чистопородным коровам герефордской породы, что указывает на промежуточный тип наследуемости живой массы помесными животными.

Таблица 1 – Показатели живой массы коров

Возраст	Порода и генотип коров		
	казахская белоголовая	герефордская	помеси с генотипом ½ каз. X ½ герефорд.
n	70	45	70
При осеменении (17-18 мес.)	361,5±0,58	387,4±0,77	385,8±0,54
3 года	456,9±1,61	531,9±0,83	472,4±1,60
4 года	530,7±1,94	564,5±0,66	565,7±1,30
5 лет и старше	552,3±1,02	573,3±0,41	578,4±0,97

Приплод маточного поголовья в мясном скотоводстве считается основным товарным продуктом. В связи с этим большое внимание при оценке коров уделяется их молочности, которая, в свою очередь, оценивается по массе приплода в возрасте 215 дней.

В наших исследованиях наиболее высокой молочностью характеризовались помесные коровы с генотипом ½ каз. X ½ герефорд. Так, в возрасте 215 дней бычки, полученные от помесных коров, превосходили сыновей коров казахской белоголовой породы на 15,5 кг или 9,62 % ($P>0,99$) и сыновей герефордской породы соответственно на 2,01 %; в возрасте 10 месяцев – на 5,98 ($P>0,99$) и 3,73 % ($P>0,95$); в 12 месяцев – на 6,06 ($P>0,999$) и 3,28 % ($P>0,99$); в 18 месяцев – на 5,11 ($P>0,99$) и 2,02 % ($P>0,95$) (таблица 2).

Таблица 2 – Живая масса приплода подопытных коров

Возраст	Порода и генотип матерей (коров)		
	Казахская белоголовая	Герефордская	Помеси с генотипом ½ каз. X ½ герефорд.
Бычки			
215 дней	213,1±1,59	229,0±1,57	233,6±1,60
10 месяцев	304,3±1,28	310,9±0,89	322,5±2,76
12 месяцев	341,6±1,49	350,8±1,62	362,3±1,47
15 месяцев	426,8±1,67	439,7±2,06	448,6±2,27
Телки			
215 дней	199,3±0,86	214,9±0,87	220,0±0,85
10 месяцев	255,1±1,36	264,3±1,03	274,2±1,49
12 месяцев	297,9±1,35	316,2±0,69	319,2±1,31
15 месяцев	341,9±1,45	358,9±1,05	362,8±1,38

Аналогичная закономерность выявлена и по динамике живой массы телочек-дочерей подопытных коров. Так, телочки-дочери помесных коров в возрасте 215 дней имели живую массу больше, чем дочери казахских белоголовых коров на 10,39 % ($P>0,999$) и герефордских коров – на 2,37 % ($P>0,95$); в 12 месяцев – на 7,15 ($P>0,999$) и 0,95 %; в 15 месяцев – на 6,11 ($P>0,999$) и 1,09 %.

По нашему мнению, более интенсивный рост приплода помесных коров произошел в связи с проявлением у них гетерозиса, а также в связи с более высокой молочностью матерей.

Однако рентабельность мясного скотоводства тесно связана с получением делового приплода. Мы изучили воспроизводительную способность у подопытных коров и установили, что наиболее высокой она была у чистопородных животных казахской белоголовой породы (таблица 3).

Так, из числа 70 голов чистопородных коров казахской белоголовой породы после первого осеменения оплодотворилось 37 голов. Оплодотворяемость после первого осеменения у них составила 52,9 %, что больше, чем у сверстниц герефордской породы на 8,5 % и помесных сверстниц больше на 2,9 %.

Таблица 3 – Оплодотворяемость коров после первого осеменения

Показатель	Порода и генотип коров		
	казахская белоголовая	герефордская	помеси с генотипом $\frac{1}{2}$ каз. X $\frac{1}{2}$ герефорд.
Осеменено коров, гол	70	45	70
Оплодотворено при первом осеменении; гол	37	20	35
%	52,9	44,4	50,0

В процессе исследований выявлено, что у чистопородных казахских белоголовых коров были более высокие показатели естественной резистентности организма (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели естественной резистентности организма коров

Показатель резистентности	Порода и генотип коров		
	казахская белоголовая	герефордская	помеси с генотипом $\frac{1}{2}$ каз. X $\frac{1}{2}$ герефорд.
Бактерицидная активность, %	48,75±0,41	45,81±0,54	46,53±0,37
Лизоцимная активность, %	37,96±0,35	34,86±0,25	35,70±0,32
Фагоцитарная активность, %	41,13±0,29	37,53±0,21	39,58±0,24
Фагоцитарная емкость, тыс. мк. тел	29,14±0,25	26,38±0,19	27,10±0,17

Бактерицидная активность лейкоцитов в крови чистопородных коров казахской белоголовой породы была выше, чем у сверстниц герефордской породы и помесей соответственно на 2,94 ($P>0,95$) и 2,22 % ($P>0,95$); лизоцимная активность – на 3,10 ($P>0,99$) и 2,26 % ($P>0,99$); фагоцитарная активность – на 3,60 ($P>0,999$) и 1,55 % ($P>0,95$). При этом фагоцитарная емкость их крови была выше на 2,76 тыс. мк. тел или 10,46 % ($P>0,999$) и 1,74 тыс. мк. тел или 6,35 % ($P>0,99$).

Заключение. Таким образом, помесные коровы уступали сверстницам герефордской породы, но превосходили сверстниц казахской белоголовой породы по величине живой массы. Наиболее высокой молочностью характеризовались помесные коровы с генотипом $\frac{1}{2}$ каз. X $\frac{1}{2}$ герефорд. Помесные коровы в сравнении с герефордскими сверстницами имели более высокую воспроизводительную способность и естественную резистентность.

Библиографический список

1. Беляев, А.И. Ресурсосберегающие технологии производства говядины [Текст]/ И.М. Беляев, И.Ф. Горлов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – №3. – С. 10-14.
2. Влияние кратности использования герефордских бычков при вводном скрещивании с коровами казахской белоголовой породы на мясную продуктивность [Текст]/ А.В. Ранделин, А.А. Закурдаева, В.Б. Дорошенко и др. // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: Наука и высшее профессиональное обучение. – 2015. – №1 (37). – С. 121-125.
3. Новые селекционные достижения в животноводстве для обеспечения импортозамещения генетических ресурсов и продовольствия [Текст]: монография / И.Ф. Горлов [и др.]. – Волгоград, 2015. – 132 с.
4. Полиморфизм генов BGN, RORC и DGAT1 у мясных пород крупного рогатого скота России [Текст]/ И.Ф. Горлов, А.А. Федюнин, Д.А. Ранделин и др. // Генетика. – 2014. – Т.50. – №12. – С. 14-48.
5. Ранделин, Д.А. Научно-практическое обоснование производства конкурентоспособной говядины на основе оптимизации использования породных ресурсов мясного скота [Текст]: автореф. ... дисс. д-ра биол. наук по специальности: 06.02.10. /Д.А. Ранделин. – Волгоград, 2013. – 49 с.
6. Эффективное производство говядины на основе использования генетических ресурсов отечественной и зарубежной селекции [Текст]: монография / О.А. Суторма, И.Ф. Горлов, А.В. Ранделин и др. – Волгоград: Сфера, 2018: – 208 с.

Reference

1. Belyaev, A. I. Resursosberegayushchie tehnologii proizvodstva govyadiny [Tekst]/ I. M. Belyaev, I. F. Gorlov // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. - 2010. - №3. - P. 10-14.
2. Vliyanie kratnosti ispol'zovaniya gerefordskih bychkov pri vvodnom skreschivanii s korovami kazahskoj belogolovoj porody na myasnuyu produktivnost' [Tekst]/ A. V. Randelin, A. A. Zakurdaeva, V. B. Doroshenko i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrarnogo universitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obuchenie. - 2015. - №1 (37). - P. 121-125.
3. Novye selekcionnye dostizheniya v zhivotnovodstve dlya obespecheniya importozamescheniya geneticheskikh resursov i prodovol'stviya [Tekst]: monografiya / I. F. Gorlov [i dr.]. - Volgograd, 2015. - 132 p.
4. Polimorfizm genov BGH, RORC i DGAT1 u myasnyh porod krupnogo rogatogo skota Rossii [Tekst]/ I. F. Gorlov, A. A. Fedyunin, D. A. Randelin i dr. // Genetika. - 2014. - T.50. - №12. - P. 14-48.
5. Randelin, D. A. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie proizvodstva konkurentosposobnoj govyadiny na osnove optimizacii ispol'zovaniya porodnyh resursov myasnogo skota [Tekst]: avtoref. ... diss. d-ra biol. nauk po special'nosti: 06.02.10. /D. A. Randelin. - Volgograd, 2013. - 49 p.
6. Jeffektivnoe proizvodstvo govyadiny na osnove ispol'zovaniya geneticheskikh resursov otechestvennoj i zarubezhnoj selekcii [Tekst]: monografiya / O. A. Sutorma, I. F. Gorlov, A. V. Randelin i dr. - Volgograd: Sfera, 2018: - 208 p.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК 639.3.05

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-36

**ИЗУЧЕНИЕ АНОМАЛИЙ В СТРОЕНИИ ТЕЛА И НАРУЖНЫХ ОРГАНОВ
ЦЕННЫХ ПОРОД ОСЕТРОВЫХ В УСЛОВИЯХ
ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ****THE STUDY OF ANOMALIES IN THE STRUCTURE OF THE BODY
AND EXTERNAL ORGANS OF VALUABLE BREEDS IN CONDITIONS
ARTIFICIAL BREEDING****Д.А. Ранделин, доктор сельскохозяйственных наук****А.И. Новокщёнова, кандидат сельскохозяйственных наук****Ю.В. Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук****D.A. Randelin, A.I. Novokschenova, Y.V. Kravchenko***Волгоградский государственный аграрный университет**Volgograd State Agrarian University*

Изучены наиболее распространённые в ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ типы морфологических аномалий у взрослых осетровых. Предложены варианты изменения бионормативов содержания особей маточного стада, позволяющие иметь низкое количество нарушений в строении тела. Выявлена некоторая видоспецифичность морфологических аномалий годовиков осетровых рыб, полученной от выращенных «из икры» производителей.

The most common types of morphological anomalies in adult sturgeon were studied at the Problem Research Laboratory "Breeding of valuable sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University. Variants of changes in bio standards content of individuals broodstock, allowing to have a low number of violations in the structure of the body. Some species specificity of the morphological anomalies of the sturgeon yearlings of fish, obtained from caviar-grown producers, was revealed.

Ключевые слова: аномалии обонятельного органа осетров, аномалии органов зрения осетров, механические повреждения наружных органов осетров, осетровые рыбы, годовики осетровых.

Key words: anomalies of the olfactory organ of sturgeon, anomalies of the organs of vision of sturgeon, mechanical damage to the external organs of sturgeon, sturgeon fish, sturgeon yearlings.

Введение. В настоящее время индустриальное воспроизводство осетровых перешло на производителей из собственных маточных стад [5], и одна из задач такого разведения – получение полноценной молоди. Естественно, что на производителей в искусственных условиях влияют колебания абиотических факторов, это снижает качество половых продуктов и отражается на полноценности потомства [5], следствием чего является наличие аномалий в строении тела и органов молоди осетровых. Этим и обоснованы научно-исследовательские работы по мониторингу за нарушениями морфологии особей в ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ. Цель работ – качественная и количественная оценка морфологических аномалий в строении осетровых рыб, полученных от производителей из сформированного ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ маточного стада. Задачи: 1) выявить частоту встречаемости особей с морфологическими нарушениями на разных этапах онтогенеза; 2) разработать рекомендации по уменьшению числа особей с морфологическими аномалиями в группах.

Материалы и методы. Материал собран в период 2017-2018 гг. от производителей из маточных стад осетрового хозяйства ВолГАУ. Объекты исследования – особи видов русский (*Acipenser gueldenstaedtii* B.) и сибирский (ленской популяции) (*Acipenser baeri* Brandt) осетр.

Морфологические отклонения исследуемой молоди осетровых рыб выявляли путём сравнения их с опубликованными материалами, используемыми в качестве нормы [5, 6], а также по атласу нарушений в гаметогенезе и строении молоди осетровых [1]. Всего проанализировано более 722 шт. молоди и годовиков. Морфологические нарушения в строении осетровых определялись визуально.

Таблица 1 – Объем исследованного материала из стада лаборатории, шт.

Вид	Возраст, шт.			Всего, шт.
Стерлядь (<i>Acipenser ruthenus</i> L.)	3 года 4 шт.	-	-	4
Ленский осетр (<i>Acipenser baeri</i> Brandt)	2 мес. 35 шт.	9 мес. 385	1 год 248	668
Русский осетр (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> B.)	6 лет 50 шт.	-	-	50

Таблица 2 – Частота встречаемости отклонений от нормального строения осетровых ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

Вид, возраст	Укороченная жаберная крышка	Альбинизм	Отсутствие одного или обоих глаз	Разросшиеся костные пластинки грудных плавников	Сосудистая сетка на роструме	Нарушения обонятельного органа	Лордоз	Повреждения плавниковой каймы
Ленский осетр 2 мес.	-	-	-	-	-	-	-	-
Ленский осетр 9 мес.	8	6	-	-	-	-	-	1
Ленский осетр 1 год	1	-	1	1	1	1	1	4
Русский осетр 6 лет	-	-	-	-	-	10	-	2

Результаты и обсуждение. У 1-6 годовиков осетровых рыб исследуемого стада выявлены 8 разновидностей нарушений строения: укороченные жаберные крышки, альбинизм, аномалии в строении плавниковой каймы, отсутствие одного или обоих глаз, разросшиеся костные элементы грудных плавников, сосудистая сетка на роструме, несращение перемычки обонятельного органа, боковые изгибы позвоночника (лордоз).

У ленского осетра (1 год) – отсутствие одного или обоих глаз – 0,4 %, расширение костных элементов грудных плавников – 0,4 %, выраженная капиллярная сетка по роструму – 0,4 %, волнистость плавниковой каймы – 10 %, нарушение обонятельного органа 0,4 %, лордоз – 0,4 %, укороченная жаберная крышка – 0,4 %. У русского осетра 6 лет – аномалии обонятельного органа – 10 %, волнистость и повреждение плавниковой каймы – 10 %.

По результатам обследований ленского осетра (9 месяцев) из аномалий встречаются: укороченная жаберная крышка – 1,8 %, альбинизм – 1,5 %, повреждения плавниковой каймы – 0,2 %, патологии обонятельного органа нет.

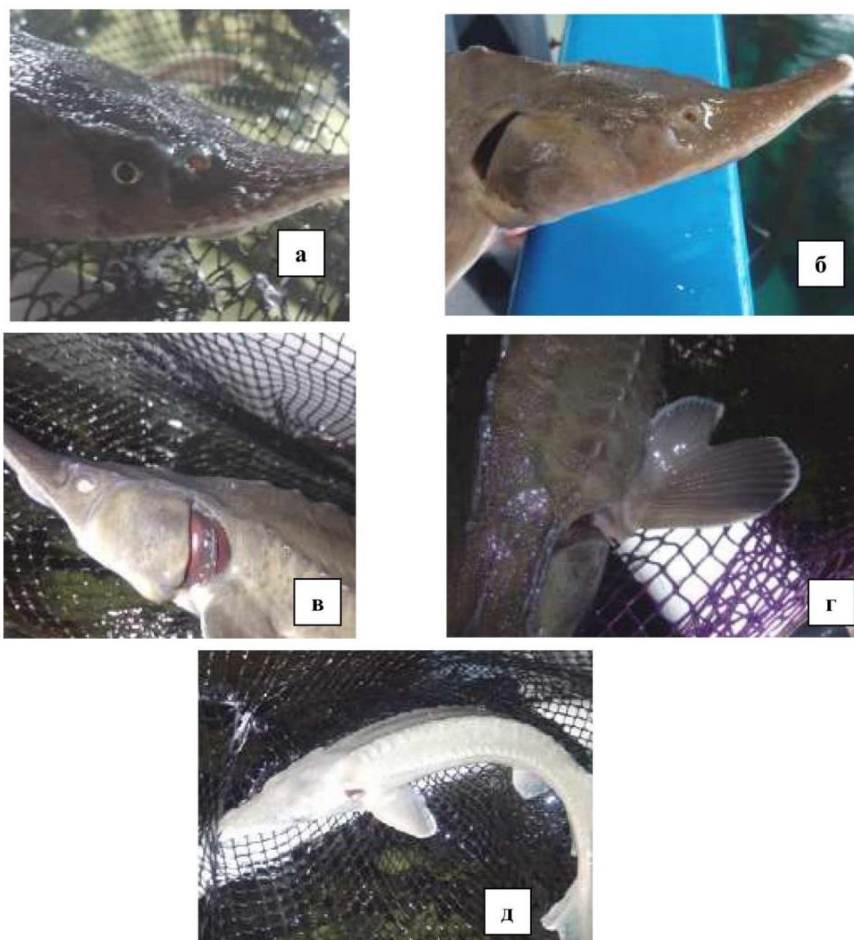


Рисунок 1 – Морфологические нарушения особей осетровых маточного стада лаборатории ВолГАУ: а – не сращение перемычки обонятельного органа; б – нарушение в строении глаз; в – недоразвитие жаберной крышки; г – травмы грудных плавников; д – случаи альбинизма

В целом в стаде лаборатории нарушения морфологии имеют 5,5 % особей, среди них укороченная жаберная крышка – 1,1 %, несращение перемычки обонятельного органа – 0,9 %, альбинизм – 0,8 %, нарушение в строении глаз – 0,13 %, лордоз – 0,13 %, лордоз – 0,13 %.

механические нарушения (повреждения и волнистость плавниковой каймы) – 5,7 %, комбинированных – 0,13 % (одновременное присутствие двух-трёх патологий выявлялось единично), другие – 0,1 %.

Также по опыту лаборатории выявлено, что на разных этапах онтогенеза у русского осетра нарушения в строении обонятельного отверстия и укороченная жаберная крышка встречается чаще, чем у ленского.

Мальковый период – обследование 2-х месячной молоди не выявило ни одной особи с аномалиями в строении: имевшие нарушения внешнего строения рыбы погибли на ранних этапах развития. Известно, что жизнестойкость особей, имеющих аномалии, ниже и смертность среди рыб с нарушениями выше, однако, как видно из опыта рыбоводных предприятий, часть осетровых с аномалиями достигает половой зрелости [1].

Таким образом, в сравнении с этапом малька, на этапах годовиков увеличивается число изменений в строении наружных органов. Это является причиной нарушений при переводе личинок осетровых на экзогенное питание, при этом также увеличиваются и механические повреждения.

Известно, что причинами морфологических аномалий осетровых являются механические повреждения: они не являются нарушениями развития, но служат показателем неадекватных условий рыбоводного процесса [1]), а также следствием несовершенства технологии перевода предличинок на экзогенное питание и проявляются [5] в незначительных травмах края лопасти. Причина несращения перемычки обонятельного органа – воздействие на личинок и молодь примесей в составе вод, поступающих в УЗВ, а также резкий подъем температуры. Аномалии обонятельного органа приводят к сокращению обонятельного эпителия, что приводит к изменению поведения особей [1]. Лордоз – следствие неправильного прикрепления плавниковой каймы на стадии личинок. Укорочение жаберных крышек возникает у личинок на 39-40 стадии развития. При нарушениях жаберный аппарат может выполнять свои функции, но из-за его незащищенности возрастает вероятность повреждения жаберных лепестков, поражения их микрофлорой и гибели рыбы [1].

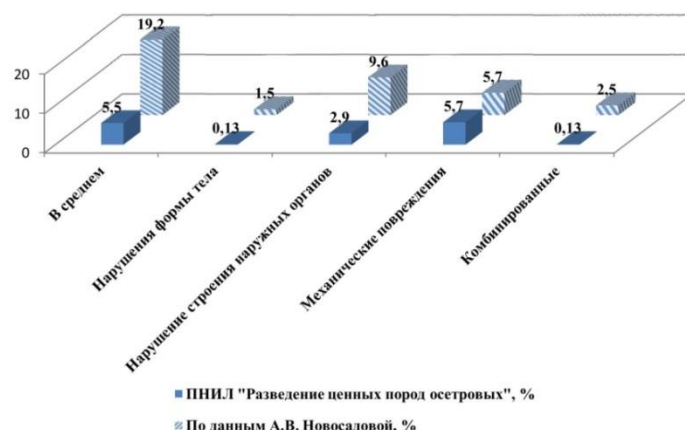


Рисунок 2 – Сравнительный анализ наличия морфологических аномалий у особей осетровой лаборатории ФГБОУ ВО ВолГАУ

Таким образом, особи маточного стада ПНИЛ имеют меньший процент аномалии по сравнению с литературными данными (рисунок 2). Так, по данным А.В. Новосадовой, встречаемость нарушений у молоди на мальковом этапе онтогенеза в среднем составила 19,2 %, в т.ч. формы тела – 1,5 %, строения наружных органов – 9,6 %, механических – 5,7 %, комбинированных – 2,5 %.

Заключение. По результатам научно-исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

- так как основной причиной возникновения нарушений строения являются недостатки применяемой технологии воспроизводства [5], то можно сделать вывод, что в условиях ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ причин, вызывающих эти аномалии, меньше;

- наиболее распространённый тип аномалий у взрослых осетровых – нарушения в строении наружных органов, причём у 1,1 % особей – это укорочение жаберной крышки. Массовыми также являются аномалии в строении плавниковой каймы: повреждения, скрученность, волнистость. Комбинированные аномалии обычно сочетают только два нарушения;

- замечена некоторая видоспецифичность морфологических аномалий годовиков осетровых рыб, полученной от выращенных «из икры» производителей. Так, по опыту лаборатории выявлено, что на разных этапах онтогенеза у русского осетра нарушения в строении обонятельного отверстия и укороченная жаберная крышка встречается чаще, чем у ленского;

- известно, что снижение численности морфологических аномалий зависит также от наличия в элементах системы латунных или деревянных частей. Следовательно, можно рекомендовать для формирования условий содержания полипропиленовые составляющие, а также наличие в установках замкнутого водообеспечения нескольких этапов фильтрации.

Результаты исследований могут служить контрольным показателем для определения качества молоди осетровых при индустриальном воспроизводстве, а также помочь в оценке эффективности разведения и оптимизации условий постэмбрионального развития.

Библиографический список

1. Атлас нарушений в гаметогенезе и строении молоди осетровых [Текст]/ Н.В. Акимова, В.Б. Горюнова, Е.В. Микодина и др. – М.: ВНИРО, 2004. – 120 с.
2. Биологические основы рыбоводства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mydocsx.ru/1-133655.html>
3. Детлаф, Т.А. Развитие осетровых рыб [Текст]/ Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен. – М.: Наука, 1981. – 222 с.
4. Коротаева, О.С. Рост и развитие русского осетра при использовании интенсивной технологии выращивания [Текст]/ О.С. Коротаева, А.И. Густова // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практич. конф. / ВолГАУ. – Волгоград, 2016. – С. 322-325.
5. Кравченко, Ю.В. Оценка условий выращивания рыб в УЗВ на примере лаборатории «Разведение ценных пород осетровых» [Текст]/ Ю.В. Кравченко, А.Р. Амирханян, В.Г. Дикусаров // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практич. конф. / ВолГАУ. – Волгоград, 2016. – С. 356-360.
6. Морфологические аномалии, наиболее часто встречающиеся у осетровых рыб в ремонтно-маточных стадах [Текст]/ М.Ю. Баканёва, Б.В. Блинков, Ю.В. Фёдоровых и др. // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2015. – №3. – С. 102-109.
7. Новосадова, А.В. Морфологические нарушения в раннем онтогенезе осетровых рыб у потомства культивируемых производителей [Текст]: автореф. дисс. ... канд. биологич. наук/ А.В. Новосадова. – М., 2013. – с.
8. Подушка, С.Б. Аномалии обонятельного органа осетровых и использование их в качестве маркера молоди, выпускаемой рыбоводными заводами [Текст] / С.Б. Подушка // Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО. – 1999. – № 1. – С. 38-56.
9. Пономарёв, С.В. Осетроводство на интенсивной основе [Текст]/ С.В. Пономарёв, Д.И. Иванов. – М.: Колос, 2009. – 312 с.
10. Чебанов, М.С. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб [Текст]/ М.С. Чебанов, Е.В. Галич, Ю.Н. Чмырь. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2004. – 148 с.

Reference

1. Atlas narushenij v gametogeneze i stroenii molodi osetrovych [Tekst]/ N. V. Akimova, V. B. Goryunova, E. V. Mikodina i dr. - M.: VNIRO, 2004. - 120 p.
2. Biologicheskie osnovy rybovodstva [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://mydocx.ru/1-133655.html>
3. Detlaf, T. A. Razvitie osetrovych ryb [Tekst]/ T. A. Detlaf, A. S. Ginzburg, O. I. Shmal'gauzen. - M.: Nauka, 1981. - 222 p.
4. Korotaeva, O. S. Rost i razvitie russkogo osetra pri ispol'zovanii intensivnoj tehnologii vyrashchivaniya [Tekst]/ O. S. Korotaeva, A. I. Gustova // Strategicheskie orientiry innovacionnogo razvitiya APK v sovremennyh jekonomicheskikh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. / VolGAU. - Volgograd, 2016. – P. 322-325.
5. Kravchenko, Yu. V. Ocenka uslovij vyrashchivaniya ryb v UZV na primere laboratorii "Razvedenie cennyh porod osetrovych" [Tekst]/ Yu. V. Kravchenko, A. R. Amirhanyan, V. G. Dikusarov // Strategicheskie orientiry innovacionnogo razvitiya APK v sovremennyh jekonomicheskikh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. / VolGAU. - Volgograd, 2016. – P. 356-360.
6. Morfologicheskie anomalii, naibolee chasto vstrechayuschiesya u osetrovych ryb v remonto-matochnyh stadah [Tekst]/ M. Yu. Bakanjova, B. V. Blinkov, Yu. V. Fjodorovych i dr. // Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe hozyajstvo. - 2015. - №3. - P. 102-109.
7. Novosadova, A. V. Morfologicheskie narusheniya v rannem ontogeneze osetrovych ryb u potomstva kultiviruemyh proizvoditelej [Tekst]: avtoref. diss. ... kand. biologich. nauk/ A. V. Novosadova. - M., 2013. - p.
8. Podushka, S. B. Anomalii obonyatel'nogo organa osetrovych i ispol'zovanie ih v kachestve markera molodi, vypuskaemoj rybovodnymi zavodami [Tekst] / S. B. Podushka // Nauchno-tehnicheskij byulleten' laboratorii ihtologii IN}NKO. - 1999. - № 1. - P. 38-56.
9. Ponomapjov, C.B. Osetpovodstvo na intensivnoj osnove [Tekst]/ C.B. Ponomapjov, D. I. Ivanov. - M.: Kolos, 2009. - 312 p.
10. Chebanov, M. S. Rukovodstvo po razvedeniyu i vyrashchivaniyu osetrovych ryb [Tekst]/ M. S. Chebanov, E. V. Galich, Yu. N. Chmyr'. - M.: FGNU Rosinformagroteh, 2004. - 148 p.

E-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

УДК 636.22/28.082

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-37

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ БЫЧКОВ РАЗНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ТУШ

THE EFFECTIVENESS OF CULTIVATION OF STEERS OF DIFFERENT BREEDS AT PRODUCTION OF HEAVY CARCASSES

Н.Г.Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

В.Н. Приступа², доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

Ю.А. Колосов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

Д.С. Торосян², С.А. Дороженко², аспиранты

N. G. Chamurliев¹, V. N. Pristupa², Y. A., Kolosov²,

D.S. Torosyan², S.A.Dorozhenko²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Донской государственный аграрный университет

¹Volgograd State Agrarian University

²Don State Agrarian University

Разработка и совершенствование технологии интенсивного выращивания молодняка крупного рогатого скота для получения в 18-месячном возрасте живой массы 550-600 кг и тяжеловесной туши категории «Супер» является большим резервом увеличения производства и

повышения качества говядины, позволяющим вести отрасль рентабельно. Целью работы являлась сравнительная оценка энергии роста, мясной продуктивности и качества говядины бычков молочных и мясных пород при их интенсивном доращивании без применения сочных кормов и биодобавок в условиях откормочной площадки. Научно-хозяйственный опыт проводился в условиях промышленного комплекса ООО «Агропарк-Развильное» Ростовской области. Были сформированы четыре подопытные группы бычков: чёрно-пёстрой (1 группа), симментальской (2 группа), русской комолой (3 группа) и казахской белоголовой (4 группа) пород с живой массой 180-195 кг в 8-месячном возрасте. Животные содержались на рационе, когда в сутки в зависимости от живой массы каждый бычок потреблял 98...141 МДж обменной энергии, 9,2...14,6 кг сухого вещества, 0,9-1,3 кг переваримого протеина и 1,9...2,1 кг клетчатки. Рацион не содержал сочных кормов. За период доращивания бычки русской комолой породы увеличили живую массу максимально – почти на 412 кг, а их сверстники из первой группы – на 23 кг или 6 % меньше. Отставание бычков второй и четвёртой групп от лидеров составило 5...7 кг или 1,3-1,7 %. По массе туши – 315,0...339,2 кг – все анализируемые породы превосходили требования для говядины категории «Супер А». Выход парной туши составил по группам от 55,8 до 57,2 %. Убойный выход оказался ниже у бычков молочного направления продуктивности (58,15), которые на 1...2 % уступили животным других групп. Авторы делают заключение, что по характеризующей технологии можно получать тяжеловесные говяжьи туши от 570 кг и выше, отвечающие требованиям стандарта категории «Супер А» по ГОСТ Р 54315-2011, и высококачественную говядину с уровнем рентабельности от 12 до 16,5 %.

The development and improvement of technology of intensive rearing of young cattle to obtain at the age of 18 months of live weight 550-600 kg and heavy carcass category "Super" is a great reserve to increase production and improve the quality of beef, allowing the industry to conduct cost-effective. Object of the work was a comparative assessment of growth energy, meat productivity and quality of beef of dairy and beef breeds in their intensive rearing without the use of succulent feed and supplements in the feedlot. Scientific and economic experience was carried out in the conditions of industrial complex of LLC Agropark-Razvilnoe of the Rostov region. Four experimental groups of bulls were formed: black-and-white (group 1), Simmental (group 2), Russian (group 3) and Kazakh white-headed (group 4) breeds with a live weight of 180-195 kg at 8 months of age. Animals were kept on a diet when per day, depending on the live weight, each bull consumed 98 -141 MJ of metabolic energy, 9.2-14.6 kg of dry matter, 0.9-1.3 kg of digestible protein and 1.9-2.1 kg of fiber. The diet did not contain juicy feed. During the period of rearing the bulls of the Russian komoloy breed increased the live weight by the maximum-almost 412 kg, and their peers from the first group by 23 kg or 6% less. The second and fourth groups of bulls lagged behind the leaders by 5...7 kg or 1.3% and 1.7%. By weight of the carcass-315,0...339.2 kg-all analyzed breeds exceeded the requirements for beef of "Super A" category. The output of the steamed carcass was from 55.8 to 57.2% in groups. Predictable carcass yield was lower in bulls of the dairy direction of efficiency (58,15) that 1-2% lost animals of other groups. The authors conclude that according to the described technology it is possible to obtain heavy beef carcasses from 570 kg and above that meet the requirements of the standard category "Super A" according to GOST R 54315-2011 and high-quality beef with a level of profitability from 12 to 16.5 %.

Ключевые слова: мясное скотоводство, породы бычков, тяжеловесные туши, экономическая эффективность мясного скотоводства, качество говядины.

Key words: beef cattle breeding, breeds of bulls, heavy carcasses, cost-effectiveness of beef cattle breeding, quality of beef.

Введение. Для решения проблемы продовольственной безопасности в России имеется уникальный генофонд животных молочного и мясного направлений продуктивности. При производстве говядины в большинстве случаев молодняк крупного рогатого скота выращивается при стойлово-пастбищной системе в хозяйствах с законченным циклом производства или реализуется для интенсивного доращивания на про-

мышленных комплексах [3, 4, 5, 10, 12]. Эффективная реализация генетического потенциала породы проявляется при уровне кормления, обеспечивающем энергию роста молодняка не ниже 800 граммов в сутки [2, 3, 5, 10, 11].

В настоящее время в большинстве хозяйств среднесуточные приросты при откорме и нагуле скота не превышают 600 г, средняя живая масса скота, реализованного на убой, составляет 390...420 кг, а масса туши не превышает 230 кг. Такой результат соответствует требованиям говядины четвертого уровня категории – «Отличная, класс Г» – действующего стандарта ГОСТ Р 54315-2011. Системы выращивания и откорма молодняка в нашей стране, в том числе и интенсивная технология, основаны на максимальном использовании зеленых кормов, сенажа, силоса, соломы при минимальных затратах концентратов. Это позволяет получать в двухлетнем возрасте животных с живой массой 400-450 кг и легковесную тушу при убое. Поэтому разработка и совершенствование технологии интенсивного выращивания молодняка крупного рогатого скота для получения в 18-месячном возрасте живой массы 550-600 кг и тяжеловесной туши категории «Супер» является большим резервом увеличения производства и повышения качества говядины [2, 6, 11].

В России более 90 % говядины получают от животных молочного и комбинированного направления продуктивности. При этом в большинстве неспециализированных сельхозпредприятий при выращивании молодняка среднесуточный прирост невысокий, а сроки откорма растянуты. Поэтому для повышения предубойной массы и сокращения продолжительности выращивания многими исследователями рекомендуется коммерческий молодняк интенсивно доращивать на специализированных комплексах промышленного типа [7, 8, 9].

Целью работы являлась сравнительная оценка энергии роста, мясной продуктивности и качества говядины бычков молочных и мясных пород при их интенсивном доращивании без применения сочных кормов и биодобавок в условиях откормочной площадки.

Материалы и методы. Для научно-хозяйственного опыта в условиях промышленного комплекса ООО «Агропарк-Развильное» Ростовской области нами в октябре 2016 года было отобрано по принципу аналогов по 18 бычков чёрно-пёстрой (1 группа), симментальской (2 группа), русской комолой (3 группа) и казахской белоголовой (4 группа) пород с живой массой 180-195 кг в 8-месячном возрасте. Все животные после 25-дневного адаптационного периода находились в одном загоне, оборудованном самокормушками для грубых и концентрированных кормов, которые они поедали вволю. При этом животные имели свободный доступ в помещение для отдыха. Для изучения возрастной динамики живой массы и энергии роста их индивидуально взвешивали на электронных весах при постановке на опыт в годичном, 15 и 18-месячном возрасте при отправке на убой. На основании данных взвешивания животных вычисляли абсолютный, относительный и среднесуточный приросты за отдельные периоды и за весь цикл выращивания.

Учет поедаемости кормов определялся еженедельно по общепринятой методике – групповым методом, а учет несъеденных остатков корма – ежемесячно за два смежных дня. По фактическому расходу кормов на одно животное установили оплату корма продукцией.

Убой подопытных животных проводили на мясокомбинате ООО МПК «Виктория» по методике ВИЖа. Из каждой группы индивидуально было учтено по 3 животных в 18-месячном возрасте. После туалета туши, ветеринарного осмотра и маркировки их взвешивали и учитывали выход внутреннего сала, убойную массу и убойный выход. При этом левая полутуша подвергалась обвалке, при которой учитывался выход

мышечной, жировой и костной тканей. Экономическую эффективность при интенсивном доращивании животных определяли согласно учету производственных затрат и выручки от реализации продукции по «Методике определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» и «Методических рекомендаций по определению экономического эффекта внедрения научно-исследовательских работ в животноводство» (Шмаков Ю.И., Комаров Л.Л., Черкаев Н.В., 1984). Себестоимость кормов и реализованной продукции брали по фактически сложившимся ценам в хозяйстве за время проведения исследований.

Цифровые материалы подвергали статистической обработке с использованием компьютерных программ STATS и Microsoft Excel. Достоверность разницы определяли по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В нашем опыте бычки в условиях промышленного откормочного комплекса содержались беспривязно в помещениях легкого типа с вольным выходом на выгульно-кормовую площадку. Рацион питания животных существенно отличался от традиционных рационов, используемых в хозяйствах подобного типа. Его особенность состояла в отсутствии в рационе сочных кормов, что существенно снижает затраты средств на корма. По нашим расчётам, стоимость 1 кг сухого вещества в сене и соломе более чем на 50 % дешевле 1 кг сухого вещества кукурузного силоса, традиционно используемого в кормлении крупного рогатого скота. Самокормушки были расположены под навесом на выгульно-кормовой площадке. В них одновременно помещали распакованные рулоны ячменной и гороховой соломы, разнотравного и люцернового сена. Дроблёную концентратную смесь (ячмень 40 %, кукуруза 40 % и пшеница 20 %) раздавали в самокормушки бункерного типа. Корма раздавали 1 раз в 4...5 дней по мере поедания. В среднем в сутки, в зависимости от живой массы, каждый бычок потреблял 98...141 МДж обменной энергии, 9,2...14,6 кг сухого вещества, 0,9...1,3 кг переваримого протеина и 1,9...2,1 кг клетчатки.

При таких условиях содержания и уровне кормления бычки различных пород вели себя спокойно, активно потребляли корм и около 20 % суточного времени затрачивали на отдых и сон. После 20...25-дневного адаптационного периода внутри сформированной группы не отмечено проявления полового возбуждения и каких-то других действий, вызывающих дополнительные затраты энергии.

При постановке на опыт бычки черно-пестрой породы по средней живой массе на 7-9 кг или 3-4 % уступали сверстникам других пород (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение живой массы подопытных бычков, кг

Возраст, мес.	Группа (n= по 18 в группе)							
	1		2		3		4	
	M±m	C _v	M±m	C _v	M±m	C _v	M±m	C _v
8	182,2±5	4,6	190,4±4	3,9	191,8±4	3,5	189,8±5	3,6
12	341,7±6	5,9	360,6±6	3,2	363,7±5	4,2	359,4±4	3,2
15	459,3±5	5,2	482,3±5	7,6	487,3±6	3,8	480,7±4	2,6
18	570,7±6	5,9	596,5±6	6,2	603,6±5	4,4	594,1±6	2,3

Разница по этому признаку у подопытных животных других групп была не более 2 кг. В процессе доращивания, несмотря на равные условия кормления и содержания, бычки русской комолой породы по энергии роста и показателям изменения живой массы занимали ведущее положение. Достоверные различия по живой массе в 12-месячном возрасте, также как и при постановке на опыт, были установлены только между быч-

ками черно-пестрой породы и их сверстниками других пород. Разница составляла 17...20 кг или 4...6 %, и в дальнейшем она последовательно увеличивалась и достигла при снятии с откорма 23...33 кг. Живая масса бычков русской комолой породы на протяжении всего периода исследований была наибольшей и к 18 месяцам превысила 600 кг. Однако превосходство их над сверстниками симментальской и казахской белоголовой пород составило 7,1 и 9,5 кг и было статистически недостоверным. При этом внутри групп больших отличий по этому признаку не отмечалось, что и подтверждается показателями изменчивости.

У животных всех групп наиболее высокая энергия роста отмечена в период от 8- до 12-месячного возраста (таблица 2).

Таблица 2 – Абсолютный и среднесуточный прирост

Возраст, мес.	Абсолютный, кг				Среднесуточный, г			
	1	2	3	4	1	2	3	4
9-12	159,5	170,2	171,9	169,6	1307	1395	1409	1390
13-15	117,6	121,7	123,6	121,3	1292	1337	1358	1333
16-18	111,4	114,2	116,3	113,4	1224	1255	1278	1246
9-18	388,5	406,1	411,8	404,3	1282	1340	1359	1334

В этот период бычки 1 группы при энергии роста 1307 грамм ежесуточно уступали сверстникам других пород на 83-102 грамма. В последующем интенсивность роста животных всех групп снизилась и значительно сократилась разница в энергии роста между бычками черно-пестрой породы и их сверстниками из других групп. В результате за период дорастивания бычки русской комолой породы увеличили живую массу максимально – почти на 412 кг, а их сверстники из первой группы – на 23 кг или 6 % меньше. Отставание бычков второй и четвертой групп от лидеров составило 5...7 кг или 1,3...1,7%.

Вместе с тем следует отметить, что при интенсивном уровне дорастивания от черно-пестрых бычков за 303 дня эксперимента было получено 388 кг абсолютного прироста с ежесуточной прибавкой живой массы 1282 г и они уступили по этому признаку бычкам 3 группы только 77 г.

Таким образом, при интенсивном дорастивании в полуторогодовалом возрасте бычки молочных и мясных пород достигают живой массы 570...603 кг, что на 3,6...9,6 % превосходит требования стандарта категории «Супер А» (ГОСТ Р 54315-2011).

После завершения откорма по три бычка-аналога из каждой группы были подвергнуты контрольному убоя. По всем показателям контрольного убоя лидирующее положение отмечено в 3 группе русской комолой породы (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели убоя бычков в возрасте 552 дня

Наименование	Группа (M ± m)			
	1	2	3	4
Съёмная живая масса, кг	579,4±1,3	604,3±1,6	611,6±1,2	601,4±1,1
Предубойная масса, кг	563,6±1,2	586,4±1,2	593,0±1,3	583,3±1,2
Масса парной туши, кг	315,0±1,7	331,9±1,3	339,2±1,1	330,4±1,3
Выход парной туши, %	55,9	56,6	57,2	56,6
Масса внутреннего сала, кг	14,5±0,8	15,4±1,0	16,8±0,9	16,0±0,8
Выход внутреннего сала, %	2,57	2,63	2,83	2,75
Убойная масса, кг	327,5±1,9	347,3±1,6	356,0±1,2	346,4±1,4
Убойный выход, %	58,15	59,23	60,03	59,39

По массе туши – 315,0...339,2 кг – все анализируемые породы превосходили требования для говядины категории «Супер А». Выход парной туши составил по группам от 55,8 до 57,2 %. Убойный выход предсказуемо оказался ниже у бычков молочного направления продуктивности (58,15), которые на 1...2 % уступили животным других групп.

Прирост живой массы происходил в значительной степени за счет накопления мышечной ткани, доля которой в тушах бычков подопытных групп была на уровне 73,6...75,5 % (таблица 4). На долю жировой ткани туши и внутреннего сала, относительно предубойной массы, у подопытных бычков приходилось 5,36...6,07 %, с некоторым преимуществом в пользу животных черно-пестрой породы. Это связано с тем, что масса парной туши у бычков 1 группы была на 15...24 кг меньше, чем у молодняка 2...4 групп. Наиболее высокие показатели убойной массы получены от бычков русской комолой и симментальской пород (3 и 2 группа), а убойного выхода – у русской комолой и казахской белоголовой пород (60,03 и 59,39 %). Естественно, что у последних самые низкие абсолютные и относительные показатели выхода костей, хрящей и сухожилий и почти в 2 раза выше выход говядины премиум-класса.

Таблица 4 – Морфологический состав туши

Показатель	Группа (n = 3)			
	1	2	3	4
Масса охлажд. туши, кг	307,2±1,4	325,6±1,2	332,7±1,3	324,1±1,4
Масса мышеч. ткани, кг	226,1±1,9	231,0±2,1	251,2±1,6	231,0±2,2
Выход мышеч. ткани, %	73,6±1,0	74,4±1,2	75,5±1,4	74,3±0,9
Масса жиров. ткани, кг	19,7,0±0,2	16,7±0,6	15,0±0,3	17,5±0,3
Выход жиров. ткани, %	6,4±0,02	5,4±0,04	5,7±0,06	5,9±0,03
Масса костей, хрящей и сухожилий, кг	61,4±0,6	61,5±0,4	60,8±0,7	58,6±0,4
Кости, хрящи, сухож., %	20,0±0,13	20,2±0,14	18,8±0,8	19,8±0,08
Индекс мясности	4,00	4,02	4,38	4,24
Выход говядины премиум-класса, %	5,3	7,6	10,6	10,2

Из приведенной информации следует, что интенсификация доращивания бычков молочных и мясных пород с 8- до 18-месячного возраста обеспечивает получение тяжелых туш с высоким выходом мышечной ткани независимо от породной принадлежности.

Анализ экономической эффективности интенсивного доращивания бычков молочных и мясных пород в условиях промышленного комплекса показал высокую окупаемость кормовых и финансовых затрат (таблица 5). За 18 месяцев доращивания по группам в среднем на 1 кг прироста затрачено 10,2...10,6 кг сухого вещества корма. При этом более высокие затраты корма и себестоимость 1 килограмма прироста получены в группах бычков, имеющих более низкую массу абсолютного прироста. Это отразилось на выручке от реализации, полученной прибыли и рентабельности доращивания. Самые высокие показатели прибыли и рентабельности получены по группе бычков русской комолой (третья группа), а наиболее низкие – у черно-пестрой пород (первая группа). Эти показатели по другим группам занимают промежуточное положение.

Следовательно, внедрение интенсивного доращивания молодняка молочных и мясных пород даст возможность получать тяжелых туш и высококачественную говядину с уровнем рентабельности от 12 до 16,5 %.

Таблица 5 – Экономические показатели (в среднем на одного бычка)

Показатель	Группа			
	1	2	3	4
Живая масса в 8 месяцев, кг	182,2	190,4	191,8	189,8
Живая масса в 18 месяцев, кг	570,7	596,5	603,6	594,1
Абсолютный прирост, кг	388,5	406,1	411,8	404,3
Всего затрачено сухого вещества на 1 голову за учетный период, кг	4129	4174	4203	4173
Расход сухого вещества на 1 кг прироста, кг	10,62	10,27	10,21	10,32
Цена 1 кг жив. мас. при покупке, руб.	118	118	118	118
Стоимость приобретен. бычка, руб.	21499,6	22467,2	22632,4	22396,4
Себестоимость дорастивания, руб.	41543	41631	41754	41622
Общие затраты, руб.	63042,6	64098,2	64206,4	64018,4
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	106,9	102,5	101,4	102,9
Реализ. цена 1 кг жив. мас., руб	124	124	124	124
Выручка от реализации, руб	70766,8	73966,0	74846,4	73668,4
Прибыль, руб.	7724,2	9867,8	10640,0	9650,0
Рентабельность, %	12,25	15,39	16,57	15,07

Заключение. Интенсивное дорастивание бычков различных пород и направлений продуктивности с 8 до 18- месячного возраста на рационах, состоящих из грубых и концентрированных кормов, имеющих питательность в зависимости от живой массы на разных этапах 98...141 МДж обменной энергии, 9,2...14,6 кг сухого вещества, 0,9...1,3 кг переваримого протеина и 1,9...2,1 кг клетчатки, можно получать тяжеловесные говяжьи туши от 570 кг и выше, отвечающие требованиям стандарта категории «Супер А» по ГОСТ Р 54315-2011.

Библиографический список

1. Влияние ритмичного кормления на эффективность производства говядины [Текст] / Ю.А. Колосов, И.В. Капелист, П.И. Зеленков и др. // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 12 (79). – С. 44-46.
2. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [Текст]. – М., 2012. – 300 с.
3. Дороженко, С.А. Рост и развитие чистопородных и помесных бычков калмыцкой породы при стойлово-пастбищном выращивании [Текст] / С.А. Дороженко, В.Н. Приступа // Инновации в АПК: технологии пищевых производств, селекция сельскохозяйственных животных и технология производства продукции животноводства: материалы международной научно-практической конференции, 8 февраля 2018 г. / Донской ГАУ. – пос. Персиановский, 2018. – С. 232-236.
4. Косилов, В.И. Потребление и использование питательных веществ рационов бычками разных генотипов [Текст] / В.И. Косилов, И.В. Миронова // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 1 (89). – С. 78-82.
5. Мысик, А.Т. Состояние животноводства и инновационные пути его развития [Текст] / А.Т. Мысик // Зоотехния. – 2017. – № 1. – С. 2-9.
6. Отечественный и зарубежный опыт откорма молодняка крупного рогатого скота на открытых фидлотах [Текст] / Г.П. Легошин, Е.С. Афанасьева, О.Н. Могиленец и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 7. – С. 2-4.
7. Приступа, В.Н. Мясная продуктивность животных черно-пестрой породы разных линий [Текст] / В.Н. Приступа, Д.В. Торосян, В.И. Лемешко // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (24.1). – Часть 1. – С. 55-60.

8. Продуктивность молодняка калмыцкой породы при разной интенсивности его выращивания в подсосный период [Текст] / В.Н. Приступа, Д.В. Торосян, А.Ю. Колосов и др. // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (24.1). – Часть 1. – С. 60-65.

9. Создание и разведение новых заводских линий крупного рогатого скота калмыцкой породы [Текст]: научно-практические рекомендации и методическое пособие / В.Н. Приступа, А.И. Клименко, Г.П. Немашкалов и др. – пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2015. – 20 с.

10. Технология выращивания и мясная продуктивность чистопородных и помесных бычков калмыцкой породы [Текст] / В.Н. Приступа, Д.С. Торосян, С.А. Дороженко и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №4. – С. 261-264.

11. Тихомиров, И.А. Совершенствование технологии выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота [Текст] / И.А. Тихомиров, В.К. Скоркин, В.П. Аксенова // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2017. – № 4(28). – С. 117.

12. Торосян, Д.С. Формирование и качество мясной продукции скотоводства и птицеводства [Электронный ресурс] / Д.С. Торосян, К.Е. Ермолаев, В.Н. Приступа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – №09(133). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/26.pdf>

Reference

1. Vliyanie ritmichnogo kormleniya na jeffektivnost' proizvodstva govyadiny [Tekst] / Yu. A. Kolosov, I. V. Kapelist, P. I. Zelenkov i dr. // Agrarnyj vestnik Urala. - 2010. - № 12 (79). - P. 44-46.

2. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013-2020 gody [Tekst]. – М., 2012. - 300 p.

3. Dorozhenko, S. A. Rost i razvitie chistoporodnyh i pomesnyh bychkov kalmyckoj porody pri stojlovo-pastbischnom vyraschivanii [Tekst] / S. A. Dorozhenko, V. N. Pristupa // Innovacii v APK: tehnologii pischevyh proizvodstv, selekciya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i tehnologiya proizvodstva produkcii zhivotnovodstva: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 8 fevralya 2018 g. / Donskoj GAU. - pos. Persianovskij, 2018. - P. 232-236.

4. Kosilov, V. I. Potreblenie i ispol'zovanie pitatel'nyh veschestv racionov bychkami raznyh genotipov [Tekst] / V. I. Kosilov, I. V. Mironova // Vestnik myasnogo skotovodstva. - 2015. - № 1 (89). - P. 78-82.

5. Mysik, A. T. Sostoyanie zhivotnovodstva i innovacionnye puti ego razvitiya [Tekst] / A. T. Mysik // Zootehniya. - 2017. - № 1. - P. 2-9.

6. Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt otkorma molodnyaka krupnogo rogatogo skota na otkrytyh fidlotah [Tekst] / G. P. Legoshin, E. S. Afanas'eva, O. N. Mogilenec i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. - 2014. - № 7. - P. 2-4.

7. Pristupa, V. N. Myasnaya produktivnost' zhivotnyh cherno-pestroj porody raznyh linij [Tekst] / V. N. Pristupa, D. V. Torosyan, V. I. Lemeshko // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 2 (24.1). - Chast' 1. - P. 55-60.

8. Produktivnost' molodnyaka kalmyckoj porody pri raznoj intensivnosti ego vyraschivaniya v podsosnyj period [Tekst] / V. N. Pristupa, D. V. Torosyan, A. Yu. Kolosov i dr. // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - № 2 (24.1). - Chast' 1. - P. 60-65.

9. Sozdanie i razvedenie novyh zavodskih linij krupnogo rogatogo skota kalmyckoj porody [Tekst]: nauchno-prakticheskie rekomendacii i metodicheskoe posobie / V. N. Pristupa, A. I. Klimenko, G. P. Nemashkalov i dr. - pos. Persianovskij: Donskoj GAU, 2015. - 20 p.

10. Tehnologiya vyraschivaniya i myasnaya produktivnost' chistoporodnyh i pomesnyh bychkov kalmyckoj porody [Tekst] / V. N. Pristupa, D. S. Torosyan, S. A. Dorozhenko i dr. // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2018. - №4. - P. 261-264.

11. Tihomirov, I. A. Sovershenstvovanie tehnologii vyraschivaniya i otkorma mladnyaka krupnogo rogatogo skota [Tekst] /I. A. Tihomirov, V. K. Skorkin, V. P. Aksenova // Vestnik Vserossijskogo nauchno-ssledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva. - 2017. - № 4(28). - P. 117.

12. Torosyan, D. S. Formirovanie i kachestvo myasnoj produkcii skotovodstva i pticevodstva [Elektronnyj resurs] / D. S. Torosyan, K. E. Ermolaev, V. N. Pristupa // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2017. - №09(133). - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/26.pdf>

E-mail: zootexnia@mail.ru

УДК 636.5.034.087.72

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-38

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАД «ЭЛЬТОН» В РАЦИОНАХ ПЛЕМЕННОЙ ПТИЦЫ КРОССА ХАЙСЕКС КОРИЧНЕВЫЙ

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF BAA «ELTON» IN THE DIETS OF BREEDING BIRDS CROSS HAJSEKS BROWN

В.В. Шкаленко¹, доктор биологических наук, профессор

В.С. Зотеев², доктор биологических наук, профессор

М.А. Рябова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.Г. Тюбина¹, преподаватель

V.V. Shkalenko¹, V.S. Zoteev², M.A. Ryabova¹, A.G. Tubina¹

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²ЗАО Агрофирма «Восток», г. Волгоград

¹Volgograd State Agrarian University

²Agrofirma «Vostok», Volgograd

Рассмотрены результаты применения биологически активной добавки «Эльтон» в кормлении племенных кур-несушек кросса Хайсекс коричневый и ее влияние на переваримость и усвояемость питательных веществ рационов. Коэффициент переваримости сухого вещества у птицы в контрольной группе был на уровне 70,96 %, в опытных – 71,13, 71,87, 71,56, что выше, чем в контрольной группе, на 0,17; 0,91; 0,60 %, соответственно. У птицы контрольной группы коэффициент переваримости органического вещества находился на уровне 71,75 %, в опытных – 73,47; 75,98; 74,48, что выше, по сравнению с переваримостью птицы контрольной группы, на 1,72; 4,23; 2,73 %; соответственно; коэффициент переваримости сырого протеина у кур контрольной группы – 74,79 %, в опытных – 77,37; 82,17; 78,45, что выше контрольной группы на 2,58; 7,38; 3,66 %; соответственно; коэффициент переваримости сырой клетчатки у кур контрольной группы – 19,58 %, в опытных – 20,56; 20,95; 20,74 %, что выше, чем в контрольной группе, на 0,98; 1,37; 0,16 % соответственно; коэффициент переваримости сырого жира у птицы контрольной группы составил 88,89 %, в опытных группах – 92,49; 95,78; 92,76 %, что выше контрольной группы на 3,60; 6,89; 3,87 % соответственно. Лучшие результаты по исследуемым показателям показала группа, которой дополнительно к общехозяйственному рациону вводили БАД «Эльтон» в количестве 4,0 %.

The article discusses the results of the use of biologically active additives "Elton" in feeding breeding laying hens cross Highsex brown and its impact on the digestibility and digestibility of nutrients diets. The coefficient of digestibility of dry matter in poultry in the control group was at the level of 70,96 %, in experimental-71,13, 71,87, 71,56, which is higher than in the control group by 0,17; 0,91; 0,60 %, respectively. In birds of the control group the coefficient of digestibility of organic matter was at the level of 71,75 %, in experimental-73,47; 75,98; 74,48, which is higher, compared with the digestibility of poultry in the control group by 1,72; 4,23; 2,73 %; respectively; the coefficient of digestibility of crude protein in chickens of the control group - 74,79 %, in experimental – 77,37;

82,17; 78,45, which is higher than the control group by 2,58; 7,38; 3,66 %; respectively; the coefficient of digestibility of crude fiber in chickens of the control group - 19,58 %, in experimental - 20,56; 20,95; 20,74 %, which is higher than in the control group group by 0,98; 1,37; 0,16%, respectively; the coefficient of digestibility of crude fat in poultry in the control group was 88,89 %, in the experimental groups-92,49; 95,78; 92,76 %, which is higher than the control group by 3,60; 6,89; 3,87 %, respectively. The best results on the studied indicators were shown by the group, which in addition to the General economic diet introduced BAA "Elton" in the amount of 4,0 %.

Ключевые слова: кормление кур-несушек, биологически активные добавки, куры-несушки, переваримость и усвояемость питательных веществ, рационы кур-несушек, БАД «Эльтон», кросс Хайсекс коричневый.

Key words: feeding of laying hens, biologically active additives, laying hens, digestibility and digestibility of nutrients, rations of laying hens, biologically active additives «Elton», cross Hisex brown.

Введение. Сельское хозяйство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Оно занимает особое место во всем народном хозяйстве. Птицеводство играют важную роль в решении глобальной продовольственной проблемы [1, 5].

Продукция птицеводства является основным поставщиком высококачественного животного белка, диетических продуктов питания, таких как яйцо и мясо птицы [4, 3].

Ранее было доказано, что природные минеральные добавки и биологически активные добавки оказывают положительное влияние на процессы пищеварения у птиц и способствуют лучшему перевариванию и усвоению питательных веществ корма [1, 3, 6, 9].

Недостаточность рационов сельскохозяйственных животных и птицы в биологически активных веществах часто приводит к перерасходу кормов, вызывает глубокие изменения в организме, а иногда становится причиной их гибели [3].

Влияние кормовых факторов на развитие и жизнеспособность эмбрионов птиц было подробно изучено. Хороший статус кормления племенного стада имеет решающее значение для переноса в яйцеклетку адекватного сбалансированного количества питательных веществ, необходимых для нормального развития эмбриона. Последствия для эмбриона могут быть смертельными, если яйцо содержит либо неадекватный, чрезмерный, либо несбалансированный уровень питательных веществ. По мере того как возникают недостатки в кормлении или избыточные явления, обычное влияние на эмбрион также становится более серьезным, и происходит оно на более ранних стадиях развития [10].

Цели работы: разработка норм ввода в рацион племенной птицы кросса Хайсекс коричневый и внедрение в производство биологически активную добавку «Эльтон».

Материалы и методы. Исследования по изучению использования в кормлении кур-несушек племенного стада кросса Хайсекс коричневый проводились в ЗАО «Агрофирма «Восток» (СП «Светлый»). В качестве добавки в корм птице использовали биологически активную добавку «Эльтон», месторождение Палласовский район Волгоградской области.

По содержанию минеральных веществ БАД «Эльтон» состоит из следующих компонентов: м.д. железа 15971,9 мг/кг; м.д. меди 13,7 мг/кг; м.д. марганца 1722,9 мг/кг; м.д. свинца 2,35 мг/кг; м.д. кадмия 0,04 мг/кг; м.д. ртути - 0,004 мг/кг; м.д. мышьяка 0,576 мг/кг; м.д. никеля 11,31 мг/кг; м.д. хрома 10,49 мг/кг; м.д. кобальта 2,44 мг/кг; м.д. калия 3724,89 мг/кг; м.д. магния 27705,01 мг/кг; м.д. цинка 44,1 мг/кг; м.д. натрия 2,1 %; м.д. кальция 4,0 %; м.д. фосфора 0,04 %.

Химический состав рационов кормления для подопытной племенной птицы в разные периоды выращивания соответствовал требованиям к комбикорму для кросса Хайсекс коричневый, рекомендациям ВНИТИП и руководству по работе с птицей кросса «Хайсекс Браун» ОАО ППЗ «Свердловский».

Содержание племенных кур-несушек кросса Хайсекс коричневый было групповым в дурьярусных клеточных батареях фирмы «BigDutchman».

Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано 4 группы (контрольная и три – опытные), в 17-ти недельном возрасте по 60 голов в каждой. Опыт проводился в течение 53 недель. Куры-несушки в подопытные группы подбирались по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы.

Кормление всех групп осуществлялось основным рационом, предусмотренным технологией. Различие в кормлении состояло в том, что племенным курам-несушкам опытных групп дополнительно скармливали БАД «Эльтон». Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Число птиц в группе, голов	Особенности кормления
Контрольная	60	ОР
1 опытная	60	ОР + 2% биологически активной добавки «Эльтон»
2 опытная	60	ОР + 4% биологически активной добавки «Эльтон»
3 опытная	60	ОР + 6% биологически активной добавки «Эльтон»

Результаты и обсуждение. Пищеварение является очень важным этапом в процессе питания сельскохозяйственных животных и птицы. Во время пищеварения вещества корма переводятся в простые растворимые соединения, в форме которых они могут всасываться в пищеварительном тракте и использоваться в дальнейшем для процессов ассимиляции. На переваримость корма влияют такие факторы, как возраст птицы, состав рациона, техника приготовления кормов и режим кормления [2, 7].

В опытах по оценке питательной ценности кормов показатели переваримости различных питательных веществ занимают важное место. На переваримость корма влияют такие факторы, как возраст птицы, состав рациона, техника приготовления кормов и режим кормления. Уровень переваривания кормов в желудочно-кишечном тракте птицы дает наиболее полное представление о питательности кормов [8].

Оценка питательности рационов производилась по следующим показателям: количество сухого вещества, органического вещества, количество переваримого протеина, клетчатки, количество переваримого жира (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов кур-несушек, % ($M \pm m$)

Группа	Показатель				
	Сухое вещество	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир
Контрольная	70,96±3,71	71,75±4,29	74,79±2,74	19,58±1,01	88,89±3,69
1-опытная	71,13±3,43	73,47±3,09	77,37±2,14	20,56±0,68	92,49±3,31
2- опытная	71,87±2,96	75,98±3,69	82,17±2,31	20,95±1,09	95,78±2,69
3- опытная	71,56±4,19	74,48±2,07	78,45±2,09	20,74±1,01	92,76±3,67

Из данных таблицы 2 видно, что племенные куры-несушки опытных групп по сравнению с контрольной лучше переваривали питательные вещества рационов.

У птицы 2 опытной группы были самые высокие коэффициенты переваримости. Коэффициент переваримости сухого вещества в контрольной группе составил 70,96 %, в 1 опытной – 71,13 %, во 2 опытной – 71,87 %, в 3-опытной – 71,56 %, что выше контрольной группы на 0,17; 0,91 и 0,60 %, соответственно.

У птицы контрольной группы коэффициент переваримости органического вещества находился на уровне 71,75 %, в 1 опытной – 73,47%, во 2-опытной – 75,98 %, в 3 опытной – 74,48 %, что выше, чем в контрольной группе на 1,72; 4,23 и 2,73 %, соответственно.

Коэффициент переваримости сырого протеина в 1 опытной группе составил 77,37 %, во 2 опытной – 82,17 %, в 3 опытной – 78,45 %, что выше контрольной группы на 2,58; 7,38 и 3,66 % соответственно. В контрольной группе данный показатель составил 74,79 %.

Коэффициент переваримости сырой клетчатки в контрольной группе находился на уровне 19,58 %, в 1 опытной – 20,56 %, во 2 опытной группе 20,95 %, в 3 опытной – 20,74 %, что выше, чем в контрольной группе, на 0,98; 1,37 и 1,16 % соответственно.

Коэффициент переваримости сырого жира в контрольной группе составил 88,89 %, в 1 опытной – 92,49 %, во 2 опытной – 95,78 %, в 3 опытной – 92,89 %, что выше, чем на контроле на 3,60; 6,89 и 3,87 % соответственно.

Данные наших исследований соответствуют данным многих отечественных и зарубежных ученых, которые изучали влияние природных БАДов и минералов на переваримость питательных веществ рационов сельскохозяйственных животных и птицы.

Из полученных данных можно сделать вывод: включение в рацион кур-несушек в качестве добавки БАД «Эльтон» повышает переваримость и усвояемость питательных веществ рационов (таблица 3).

Таблица 3 – Баланс и использование азота курами-несушками, г ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Принято с кормом	3,115±0,12	3,115±0,12	3,115±0,12	3,115±0,12
Выделено в помете	1,241±0,14	1,226±0,66	1,205±0,21	1,215±0,09
Выделено в кале	0,546±0,22	0,528±0,06	0,511±0,49	0,529±0,37
Выделено в моче	0,695±0,07	0,697±0,45	0,694±0,04	0,687±0,24
Баланс	1,874±0,11	1,889±0,05	1,910±0,15	1,900±0,16
Использовано:				
от принятого, %	60,150±1,97	60,650±2,35	61,310±2,07	60,980±2,03

Из таблицы 3 видно, что во 2 опытной наиболее высокий показатель использования азота от принятого – 61,31 %, в 1 опытной группе – 60,65 %, в 3 опытной – 60,98 %, что выше, чем в контрольной группе на 1,16; 0,50 и 0,83 %, соответственно. Разница по показателям недостоверна (рисунок 1).

В ходе проведения балансового опыта на племенных курах-несушках кросса Хайсекс коричневый был отмечен положительный баланс азота. Следовательно, использование в кормлении кур БАД «Эльтон» не оказало отрицательного действия на кур несушек по использованию азота.

У племенных кур-несушек, получавших дополнительно к основному рациону, предусмотренному технологией, БАД «Эльтон», отмечалось более высокое переваривание азота. Наиболее высокий показатель переваримости азота установлен у птицы, получавшей дополнительно 4,0 % БАД «Эльтон».

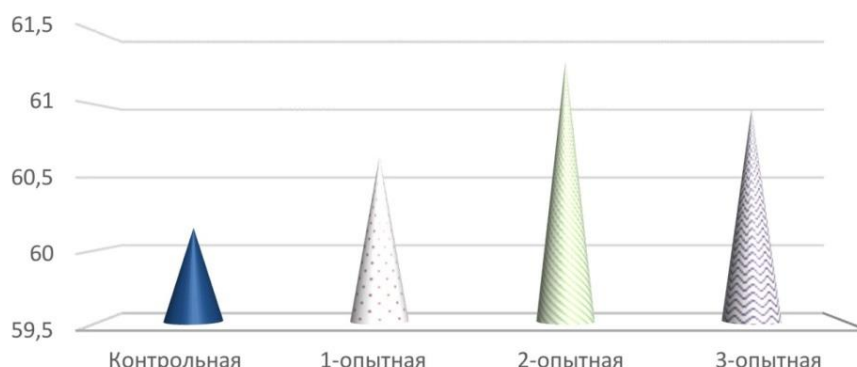


Рисунок 1 – Использование азота от принятого подопытной птицей, %

Кальций и фосфор являются важными питательными веществами, вовлеченными во многие биологические процессы. Эти минералы являются наиболее распространенными элементами в организме, причем 99 % Ca и 80 % P хранятся в скелете в качестве гидроксиапатита, и оба они играют важную роль в развитии костей и минерализации. Оставшийся Ca находится во внеклеточной жидкости, плазме и внутри клеток и играет ключевую роль в метаболизме, свертывании крови, активации фермента, нервно-мышечной функции, мышечном сокращении, клеточной адгезии и внутриклеточной передаче сигналов [4].

Очевидно, что недостаток, избыток или дисбаланс в Ca и P приводят к каскаду изменений, включая увеличение или уменьшение поглощения этих 2 минералов из тонкого кишечника [2].

Дисбаланс Ca и P в рационе также может приводить к избыточному количеству экскреции P, которое может иметь отрицательные экологические последствия, когда применение птичьего помета в качестве удобрения для почвы вызывает насыщение водоемов биогенными элементами и загрязнение окружающей среды [7].

Чтобы свести к минимуму концентрации P в корме, важно сформулировать рационы при правильном соотношении Ca-P. Для реализации правильных соотношений Ca-P в рационах важно, чтобы мы знали переваримость Ca и P в ингредиентах, которые используются для птицы, и требования, предъявляемые к кроссу.

Самым высоким показателем использования кальция отличалась 2 опытная группа кур-несушек – 60,65 %, превысив показатель контрольной группы на 1,09 %, в 3 опытной группе использование кальция составило – 60,86 %, что было выше на 0,99 %, чем в контрольной группе, в 1 опытной группе – 60,25 %, что больше на 0,38 %, чем в контрольной группе (таблица 4, рисунок 2).

Таблица 4 - Баланс и использование кальция подопытной птицей, г (M±m)

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Принято с кормом	4,130±0,08	4,130±0,09	4,130±0,07	4,130±0,03
Выделено в помете	1,658±0,01	1,642±0,12	1,613±0,16	1,616±0,10
Удержано	2,472±0,11	2,488±0,04	2,517±0,19	2,514±0,17
Использование от принятого, %	59,870±3,35	60,250±3,99	60,950±2,96	60,860±3,67

Из опыта видно, что опытные группы лучше усваивали кальций. Баланс кальция в опытных группах был положительным; общеизвестно, что при положительном балансе происходит накопление минеральных веществ корма в организме птицы.

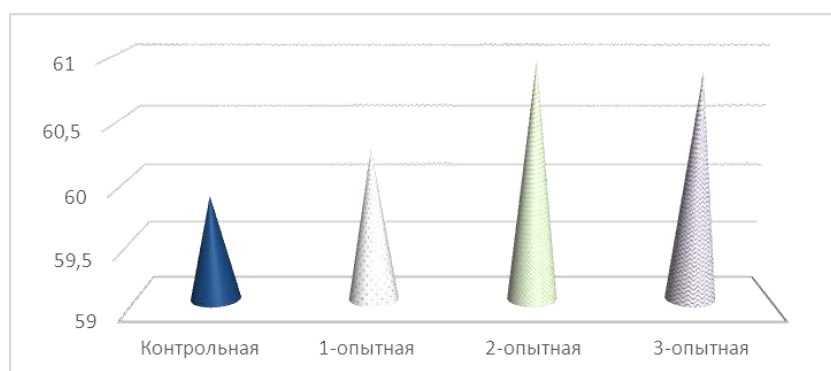


Рисунок 2 – Использование кальция от принятого подопытной птицей, %

Использование фосфора в контрольной группе кур-несушек составило 47,32 %, в 1 опытной – 47,46 %, во 2 опытной 47,99 %, в 3 опытной – 47,86 %, что больше, по сравнению с контрольной группой на 0,14; 0,67 и 0,54 % соответственно (таблица 5, рисунок 3).

Таблица 5 – Баланс и использование фосфора подопытной птицы, г ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Принято с кормом	0,779±0,001	0,779±0,003	0,779±0,005	0,779±0,006
Выделено в помете	0,410±0,004	0,409±0,002	0,405±0,002	0,406±0,001
Удержано	0,369±0,005	0,370±0,004	0,374±0,004	0,373±0,004
использование от принятого, %	47,320±1,368	47,460±1,311	47,990±1,343	47,860±1,359

У кур-несушек, получавших дополнительно к основному рациону, предусмотренному технологией, БАД «Эльтон», отмечались более высокие значения переваривания фосфора. Наиболее высокий показатель переваримости фосфора был установлен у группы кур-несушек, получавших 4,0 % БАД «Эльтон».

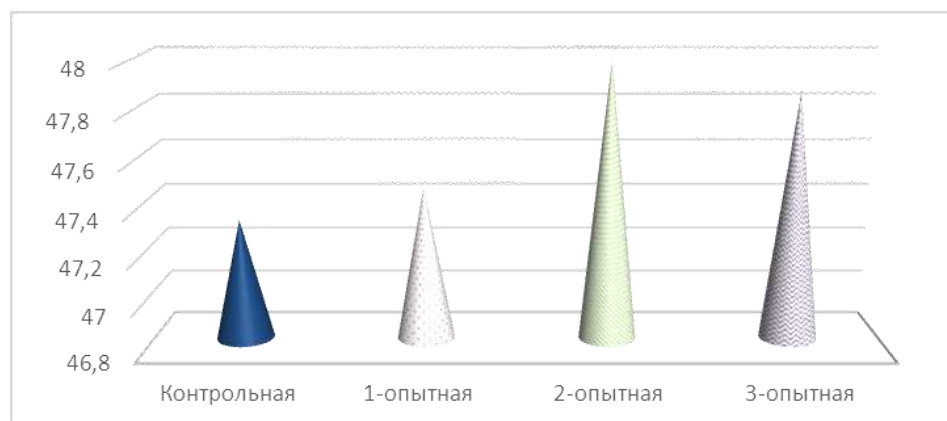


Рисунок 3 – Использование фосфора от принятого подопытной птицей, %

Усвояемость аминокислот зависит от различных факторов, среди которых важнейшим является сбалансированность аминокислотного состава комбикормов. Без правильного сочетания аминокислот в рационе немислимо эффективное и рентабельное производство птицеводческой продукции [2, 8].

Доступность лизина в контрольной группе составила 80,29 %, в 1 опытной группе – 80,86 %, во 2 опытной группе – 81,95 %, в 3 опытной 81,02 %, что было выше, чем в контрольной группе, на 0,57; 1,66 и 0,73 % соответственно (таблица 6, рисунок 4).

Таблица 6 - Доступность лизина и метионина кур-несушек, %.

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Лизин	80,29±4,09	80,86±4,16	81,95±3,56	81,02±3,41
Метионин	81,48±4,13	81,79±3,98	82,67±3,18	82,34±3,19

Доступность метионина в опытных группах составила 81,79; 82,67 и 82,34 %, что выше контрольной группы на 0,31; 1,19 и 0,86 % соответственно. В контрольной группе данный показатель составил 81,48 % (рисунок 4).

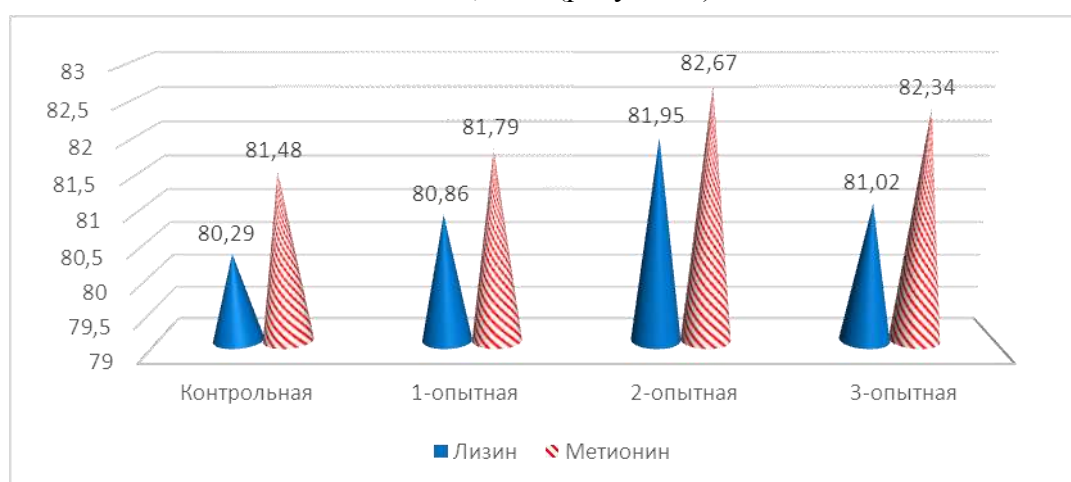


Рисунок 4 – Доступность аминокислот кур-несушек, %

Заключение. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что использование биологически активной добавки «Эльтон» в составе рационов кормления племенной птицы кросса Хайсекс коричневый способствует повышению переваримости питательных веществ, использованию азота, кальция, и фосфора, а также доступности аминокислот. Рекомендуем вводить в рацион племенной птицы кросса Хайсекс коричневый БАД «Эльтон» в количестве 4,0 % от массы рациона.

Библиографический список

1. Андреева, А.Е. Продуктивные и воспроизводительные качества кур при использовании цеолитов Южно-Уральских месторождений [Текст]: дисс. ... канд. с.-х. наук / А.Е. Андреева. – Уфа, 2007. – 152 с.
2. Биологически активная добавка «Эльтон» в кормлении кур-несушек Хайсекс коричневый [Текст]/ С.И. Николаев, А.Н. Струк, А.Г. Найдова и др.// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3 (47). – С. 136-141.
3. Использование сорго сорта «Камышинское 75» в кормлении кур родительского стада [Текст]/ С.И. Николаев, А.Н. Струк, А.К. Карапетян и др.// Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции / Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2018. – Том 1. – С. 262-266.
4. Комарова, З.Т. Биологические особенности и технологии кормления сельскохозяйственной птицы [Текст]/ З.Б. Комарова, С.И. Николаев, С.М. Иванов. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. – 356 с.

5. Ланцева, Н.Н. Экспериментальное обоснование механизма действия высококремнистых минеральных комплексов-кудюритов в птицеводстве [Текст] : монография / Н.Н. Ланцева, К.Я. Мотовилов, А.Н. Швыдков; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. –187 с.

6. Овчинников, А.С. Технология добычи и использования сапропелей в земледелии Нижнего Поволжья [Текст]/ А.С. Овчинников // Освоение и использование природных ресурсов Волгоградской области-путь устойчивого развития региона: материалы науч. практ. конф. – Волгоград, 15-16 декабря 2000 г. – Волгоград, 2001. – С. 163-171.

7. Improvement of fodder base for agricultural animals and poultry in the conditions of Volgograd region / V.V. Shkalenko, A.K. Karapetyan, S.V. Chechranova et al.// Scientific journal «Fundamentalis scientiam» (Madrid, Spain). – 2017. – № 11. – P. 4-7.

8. Burgos, S. Environmental approaches to poultry feed formulation and management /S. Burgos, S. A. Burgos //International Journal of Poultry Science. – 2006. – Т. 5. – №. 10. – P. 900-904.

9. Eroglu, N. Applications of natural zeolites on agriculture and food production / N. Eroglu, M. Emekci, C. Athanassiou //Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2017. – № 97(11). – P. 3487-3499.

10. Moretti, A.F. Incorporation of Lactobacillus plantarum and zeolites in poultry feed can reduce aflatoxin B1 levels / A.F. Moretti et al. // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – № 55(1). – P. 1-6.

Reference

1. Andreeva, A. E. Produktivnye i vosproizvoditel'nye kachestva kur pri ispol'zovanii ceolitov Yuzhno-Ural'skih mestorozhdenij [Текст]: diss. ... kand. s.-h. nauk / A. E. Andreeva. - Ufa, 2007. - 152 p.

2. Biologicheskii aktivnaya dobavka “}l'ton” v kormlenii kur-nesushek Hajseks korichnevyyj [Текст]/ S. I. Nikolaev, A. N. Struk, A. G. Najdova i dr.// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - № 3 (47). - P. 136-141.

3. Ispol'zovanie sorgo sorta “Kamyshinskoe 75” v kormlenii kur roditel'skogo stada [Текст]/ S. I. Nikolaev, A. N. Struk, A. K. Karapetyan i dr.// Mirovye nauchno-tehnologicheskie tendencii social'no-]konomicheskogo razvitiya APK i sel'skih territorij: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Volgogradskij GAU. - Volgograd, 2018. - Tom 1. - P. 262-266.

4. Komarova, Z. T. Biologicheskie osobennosti i tehnologii kormleniya sel'skohozyajstvennoj pticy [Текст]/ Z. B. Komarova, S. I. Nikolaev, S. M. Ivanov. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2012. -356 p.

5. Lanceva, N. N. Jeksperimental'noe obosnovanie mehanizma dejstviya vysokokremnistyh mineral'nyh kompleksov-kudyuritov v pticevodstve [Текст] : monografiya / N. N. Lanceva, K. Ya. Motovilov, A. N. Shvydkov; Novosib. gos. agrar. un-t. - Novosibirsk: Izd-vo NGAU, 2013. -187 p.

6. Ovchinnikov, A. S. Tehnologiya dobychi i ispol'zovaniya sapropelej v zemledelii Nizhnego Povolzh'ya [Текст]/ A. S. Ovchinnikov // Osvoenie i ispol'zovanie prirodnih resursov Volgogradskoj oblasti-put' ustojchivogo razvitiya regiona: materialy nauch. prakt. konf. - Volgograd, 15-16 dekabrya 2000 g. - Volgograd, 2001. - P. 163-171.

7. Improvement of fodder base for agricultural animals and poultry in the conditions of Volgograd region / V.V. Shkalenko, A.K. Karapetyan, S.V. Chechranova et al.// Scientific journal “Fundamentalis scientiam” (Madrid, Spain). - 2017. - № 11. - P. 4-7.

8. Burgos, S. Environmental approaches to poultry feed formulation and management /S. Burgos, S. A. Burgos //International Journal of Poultry Science. - 2006. - Т. 5. - №. 10. - P. 900-904.

9. Eroglu, N. Applications of natural zeolites on agriculture and food production / N. Eroglu, M. Emekci, C. Athanassiou //Journal of the Science of Food and Agriculture. - 2017. - № 97(11). - p. 3487-3499.

10. Moretti, A.F. Incorporation of Lactobacillus plantarum and zeolites in poultry feed can reduce aflatoxin B1 levels / A.F. Moretti et al. // Journal of Food Science and Technology. - 2018. - № 55(1). - P. 1-6.

E-mail: vera.shkalenko@mail.ru

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО КОРМА
В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ****EFFICIENCY OF THE USE OF NON-TRADITIONAL FODDER
IN FEEDING OF AGRICULTURAL POULTRY****С.И. Николаев¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А.К. Карапетян¹**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**М.В. Струк²**, кандидат сельскохозяйственных наук,**И.Г. Плешакова¹**, соискатель**Х.Б. Баймишев³**, доктор биологических наук, профессор**S.I. Nikolaev¹, A.K. Karapetyan¹, M.V. Struk²,****I.G. Pleshakova¹, H.B. Baimishev³**¹ Волгоградский государственный аграрный университет² ЗАО птицефабрика «Волжская»³ Самарская государственная сельскохозяйственная академия¹ Volgograd State Agrarian University² CJSC poultry farm "Volzhskaya"³ Samara State Agricultural Academy

Приведены результаты использования нетрадиционной зерновой культуры сорго сорта «Камышинское 75», характеризующегося низким содержанием танинов, в кормлении птицы родительского стада. Данные, полученные в ходе лабораторного исследования, подтвердили превосходство по питательной ценности зерна сорго по сравнению с зерном кукурузы. Замена зерна кукурузы на сорго в составе комбикорма для молодых и взрослых кур способствовала повышению переваримости питательных веществ сухого вещества, сырого протеина, сырой клетчатки и сырого жира по сравнению с аналогами из контрольной группы. В ходе проведения исследований было установлено, что живая масса у молодняка кур из опытных групп была на 1,07...2,84 % выше, чем у птицы из контрольной. Яичная продуктивность опытных групп несушек превышала данный показатель в контроле на 0,66...1,29 %. Средняя масса снесенных яиц в опытных группах кур-несушек была выше по сравнению с аналогами из контроля на 0,24...2,00 %. Инкубационные качества яйца птицы опытных групп также были выше по сравнению с аналогами из контрольной группы, что оказало положительное влияние на больший процент вывода молодняка. Использование сорго в кормлении молодняка кур способствовало получению дополнительного чистого дохода за счет экономии затрат на комбикорма в опытных группах от 551,91 до 1255,00 рублей. За счет использования зерна сорго, взамен зерна кукурузы, в рационе взрослых кур экономический эффект был выше в опытных группах от 2087,39 до 4173,23 рублей.

The article presents the results of using unconventional grain crops of sorghum cultivar "Kamyshinskoe 75", which is characterized by a low content of tannins, in feeding the birds of the parent flock. The data obtained in the course of laboratory research confirmed the superiority of the nutritional value of sorghum grain compared to corn. Replacement of corn grain for sorghum in the composition of feed for pullets and adult chickens contributed to an increase in the digestibility of nutrients of dry matter, crude protein, crude fiber and crude fat compared to counterparts from the control group. In the course of the research it was found that the live weight of the young chickens from the experimental groups was 1.07-2.84% higher than that of the control birds. Egg productivity of experimental groups of hens exceeded this indicator in the control by 0.66-1.29%. The average weight of eggs laid in the experimental groups of laying hens was higher compared with counterparts from the control by 0.24-2.00%. The incubation quality of poultry eggs from the experimental groups was also higher compared to counterparts from the control group, which had a positive effect on a greater percentage of hatching of young animals. The use of sorghum in feeding young chickens contributed to obtaining

additional net income, due to savings in the cost of feed, in experimental groups from 551.91 rubles to 1255.00 rubles. Due to the use of sorghum grain, instead of corn grain, in the diet of adult chickens, the economic effect was higher in the experimental groups from 2,087.39 rubles to 4,173.23 rubles.

Ключевые слова: *сорго, кукуруза, молодняк кур, куры-несушки, живая масса кур, яичная продуктивность кур, кормление кур, рационы кур.*

Key words: *sorghum, corn, young chickens, laying hens, live weight of chickens, egg productivity of chickens, feeding chickens, diets of chickens.*

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

Введение. Птицеводство, как отечественное, так и мировое является локомотивом животноводства при производстве высококачественного белка животного происхождения, который для человека является важнейшим компонентом в рационе питания [5, 9].

Общеизвестно, что при выращивании птицы наибольшая часть в статье расходов отведена затратам на корма [1, 7]. В связи с этим специалистам в области кормления сельскохозяйственной птицы необходимо постоянно проводить оптимизацию рецептур комбикормов как по цене, так и по питательности [8]. Такие рационы должны отвечать всем требованиям, предъявляемым к современным условиям кормления, и быть направлены на поддержание нормального состояния здоровья и продуктивности птицы [10, 11].

На сегодняшний день в области кормления сельскохозяйственных животных и птицы перспективным направлением считается поиск новых альтернативных кормовых культур [6].

Известно, что в структуре комбикормов для птицы роль базовых культур отведена пшенице и кукурузе [4]. Птица является потенциальным конкурентом человека по потреблению зерна. Поэтому перед специалистами агропромышленного комплекса встала задача поиска нетрадиционных кормовых культур, которые должны обладать равными или большими кормовыми достоинствами, чем традиционные. Такой альтернативой, которая может заменить традиционно используемые зерновые культуры, является высокоэнергетическое сорго. Сорго нетребовательно к различным видам почв, характеризуется засухо- и жароустойчивостью, высокой урожайностью.

Но следует отметить, что в сорго содержатся танины, которые являются сдерживающим антипитательным фактором, так как оказывают неблагоприятное действие на показатели здоровья и продуктивности как животных, так и птицы. Учеными-селекционерами Волгоградской области выведен сорт сорго «Камышинское 75», отличающийся меньшим содержанием танинов.

Целью исследований явилось повышение производства инкубационного яйца при введении зерна сорго сорта «Камышинское 75» в комбикорма для кур родительского стада.

Материалы и методы. В условиях племенного репродуктора 2 порядка СП «Светлый» Светлоярского района Волгоградской области и в лаборатории Волгоградского государственного аграрного университета с 2015 по 2018 гг. мы проводили научно-хозяйственные опыты на курах кросса «Хайсекс коричневый».

Для проведения научно-хозяйственных опытов были завезены цыплята родительских форм кросса «Хайсекс Браун» из ОАО Племенной птицеводческий завод «Свердловский» в племенной репродуктор 2 порядка СП «Светлый». Важно отметить, что все условия содержания для молодняка и взрослого поголовья птицы были идентичными.

В контрольной группе молодняк и взрослых кур кормили рационом, который использовался на племрепродукторе СП «Светлый» на протяжении проведения научных исследований. В рационах молодняк и взрослых кур 1 опытной группы разница была в следующем: в комбикорме им заменяли 25 % зерна кукурузы на сорго. В комбикормах для птицы 2 опытной группы замена кукурузы на сорго составила 50 %. В рационе птицы 3 опытной группы кукуруза была полностью заменена на сорго.

Результаты и обсуждение. Перед постановкой научно-хозяйственных опытов на птице был изучен химический состав зерна кукурузы и сорго. После проведенного химического анализа данных кормов было установлено, что зерно сорго превосходило зерно кукурузы по химическому составу: так, содержание сырого протеина было выше на 2,7 %, сырой золы – 0,3 %, а также по аминокислотному – на 1,19 %, витаминному и минеральному составам. Таким образом, исследуемое зерно сорго не уступает по питательной ценности зерну кукурузы, что повлияло на выбор темы для исследований.

При постановке опыта на молодняке кур по принципу аналогичных групп нами были сформированы 4 группы. Молодняк кур содержался в клеточных батареях фирмы «BigDutchman» на протяжении опыта (в клетке по 6 голов). 150 дней проводили исследования на молодняке кур (таблица 1).

Таблица 1 – Схема первого опыта

Группа птицы	Количество	Особенности кормления
Контрольная	100	ОР (основной рацион)
1 опытная	100	ОР + замещение 25 % кукурузы на сорго
2 опытная	100	ОР + замещение 50 % кукурузы на сорго
3 опытная	100	ОР + замещение 100 % кукурузы на сорго

Важным показателем в оценке питательности комбикорма является переваримость кормов, входящих в его состав [2]. Физиологический опыт на птице был проведен с целью изучения влияния скармливания новых рецептур комбикорма на переваримость питательных веществ (таблица 2).

Молодняк кур 1, 2 и 3 опытной групп по сравнению с аналогами контрольной лучше усваивал питательные вещества разработанных нами комбикормов. Следует отметить, что переваримость сухого вещества у птицы в 1 опытной группе была больше на 0,67 %, 2 опытной – на 1,87 % и 3 опытной – на 0,95 %.

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов
молодками, % ($M \pm m$)

Группа	Показатель				
	Сухое вещество	Органическое вещество	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир
Контрольная	71,14±3,82	74,51±4,36	88,90±2,83	19,78±0,99	95,06±3,78
1 опытная	71,81±3,59	75,43±3,17	89,25±2,11	20,11±0,96	95,53±3,52
2 опытная	73,01±4,15	75,98±3,71	89,64±2,56	20,16±1,13	95,91±2,97
3 опытная	72,09±4,23	75,65±2,15	89,47 ±2,19	20,14±0,93	95,77±3,95

У молодняк птицы коэффициент переваримости органического вещества находился на уровне в 1 опытной 75,43 %, во 2 опытной – 75,98 % и в 3 опытной – 75,65 %, что выше, чем в контроле на 0,92 %, 1,47 % и 1,14 % соответственно. Переваримость сырого протеина была выше на 0,35 %, 0,74 % и 0,57 % у птицы в 1, 2, и 3 опытной группах. Переваримость сырой клетчатки у птицы 1, 2 и 3 опытной групп была выше, чем в контроле, на 0,33 %, 0,38 % и 0,36 % соответственно. Переваримость сырого жира у птицы в 1 опытной группы была выше, чем в

контроле, на 0,47 %, во 2 опытной – на 0,85 %, в 3 опытной – на 0,71 %. Таким образом, использование засухоустойчивого сорта сорго в составе комбикорма способствует повышению переваримости питательных веществ подопытными молодками кур родительского стада.

Живая масса является главным показателем роста молодняка птицы любого направления продуктивности. [3]. В конце опыта живая масса у молодняка кур контрольной группы была 1641,4 г, в 1 опытной составила 1659 г, что на 17,6 г больше чем в контроле, в 2 и 3 опытных находилась в пределах 1707,11 г и 1688 г (рисунок 1).

В контрольной группе общий прирост молодняка кур составил 1559,1 г, а в 1 опытной группе – 1616,8 г, что выше, чем у аналогов из контроля на 3,7 %, во 2 опытной группе – 1665,01 г, что выше, чем у птицы контрольной группы на 6,79 %, в 3 опытной – 1645,8 г, что было выше контроля на 5,56 %. Включение в состав комбикормов различных процентов ввода зерна сорго сорта «Камышинское 75» обусловило постепенное повышение живой массы молодняка кур.

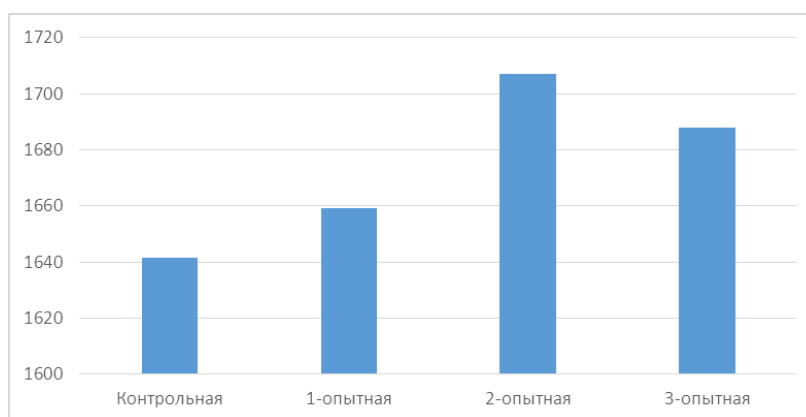


Рисунок 1 – Живая масса молодняка кур к концу опыта, г

Дополнительный чистый доход за счет экономии затрат на комбикорма в 1 опытной группе составил 551,91 руб., во 2 опытной группе – 1177,05 руб., в 3 опытной группе – 1255,00 руб.

Включение в комбикорма для молодняка кур исследуемого зерна сорго положительно повлияло на показатели роста птицы и позволило снизить расходы на корма в денежном выражении.

Далее нами был поставлен второй научно-хозяйственный опыт на взрослых курах. Содержание подопытных кур было клеточное. Продолжительность опыта составила 52 недели. Опыт проводили по схеме, представленной в таблице 3.

Таблица 3 – Схема второго опыта на курах-несушках

Группа	Кол-во голов	Особенности кормления
Контрольная	60	ОР (основной рацион)
1 опытная	60	ОР + замещение 25 % кукурузы на сорго
2 опытная	60	ОР + замещение 50 % кукурузы на сорго
3 опытная	60	ОР + замещение 100 % кукурузы на сорго

При проведении второго опыта по принципу аналогов были сформированы 4 группы птицы: контрольная и три опытные по 60 голов в каждой. Переваримость комбикормов у кур зависит от многочисленных факторов, но, в первую очередь, от качества и их питательной ценности, так как недостаточное переваривание чаще приводит к наибольшим потерям питательных веществ (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициент переваримости питательных веществ
комбикорма подопытных кур, % ($M \pm m$)

Группа	Коэффициент переваримости			
	сырого протеина	сырой клетчатки	сырого жира	безазотистых экстрактивных веществ
Контрольная	89,41±4,34	20,95±2,43	80,28±2,15	82,45 ±4,22
1 опытная	90,05±4,73	21,56±1,92	80,74±3,69	83,68±4,31
2 опытная	90,58±5,18	21,74±2,21	81,12±3,05	84,37±4,19
3 опытная	90,23±4,41	21,65±2,33	80,91±3,41	84,05±4,07

В первой, второй и третьей опытных группах кур переваримость питательных веществ была больше контрольной: сырого протеина на 0,82 %, 1,17 % и 0,64 %, сырой клетчатки – на 0,61 %, 0,79 % и 0,70 %, сырого жира – на 0,46 %, 0,84 и 0,63 %, БЭВ – на 1,92 %, на 1,60 % и 1,23 % соответственно.

Таким образом, использование зерна сорго сорта «Камышинское 75» в составе комбикорма для кур-несушек способствовало лучшему перевариванию питательных веществ.

Яйценоскость подопытной птицы представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Яйценоскость подопытных кур

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Получено яиц от одной несушки, шт.	332,10	334,30	336,40	335,70
Масса яйца (средняя), г	61,94	62,09	63,18	62,56
Количество яичной массы, кг	1234,22	1245,40	1275,23	1260,08
Расход комбикорма на 10 яиц, кг	1,32	1,30	1,28	1,29

На несушку было получено в контрольной группе 332,10 яиц, а в 1, 2 и 3 опытной группах – 334,30, 336,40 и 335,70 штук, что больше, чем в контроле, на 0,66 %, 1,29 % и 1,08 % соответственно.

Масса яйца у кур в опытных группах была выше контрольной от 0,24 % до 2,00 % (рисунок 2).

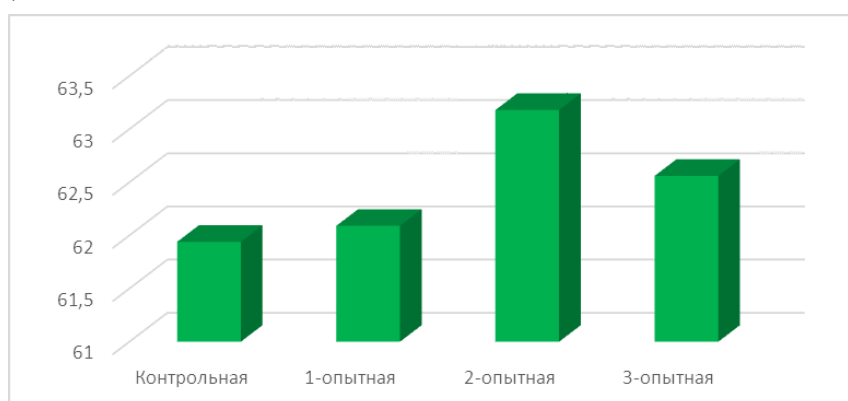


Рисунок 2 – Средняя масса яиц, полученных от подопытных кур, г

За счет большего количества снесенных яиц и их массы был выше выход яичной массы в 1, 2 и 3 опытной группах кур по сравнению с контрольной на 11,18 кг, 41,01 кг и 25,86 кг соответственно. Расход комбикорма на 1 кг яйцемассы и 10 яиц в контрольной группе составил 2,13 кг и 1,32 кг, в 1 опытной группе – 2,09 кг и 1,30 кг, во 2 опытной – 2,03 кг и 1,28 кг, в 3 опытной – 2,06 кг и 1,29 кг.

Инкубация яиц и вывод молодняка в инкубаторах позволяют получать суточный молодняк в необходимом количестве в любое время года (таблица 6).

Таблица 6 – Результаты проведенной инкубации яиц

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Количество яиц, заложенных на инкубацию	150,00	150,00	150,00	150,00
Процент оплодотворенных яиц	92,00	93,33	94,67	94,00
Количество выведенных цыплят, гол.	126,00	128,00	130,00	129,00
Выводимость яиц, %	91,30	91,43	91,55	91,49
Вывод молодняка, %	84,00	85,33	86,67	86,00

Так, выводимость яиц в контрольной группе находилась на уровне 91,30 %. В 1 опытной – 91,43 %, во 2 опытной – 91,55 % и 3 опытной – 91,49 %, что на 0,19 %, 0,25 % и 0,13 % выше по сравнению с контролем. В контрольной группе из оплодотворенных яиц было выведено 126 цыплят, или 84,00 %, в 1 опытной вывелось 128 голов цыплят или 85,33 %, во 2 опытной группе – 130 голов цыплят или 86,67 % и в 3 опытной группе – 129 голов цыплят или 86,00 %, что выше по сравнению с аналогами из контрольной группы на 2,00 %, 2,67 % и 1,33 % (рисунок 3).

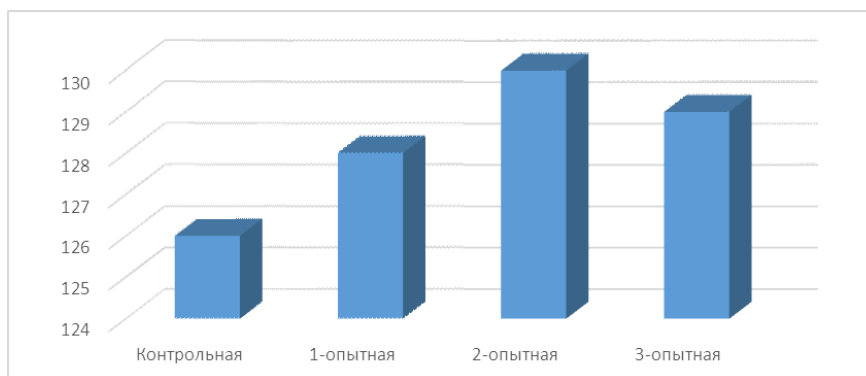


Рисунок 3 – Количество выведенных цыплят от кур-несушек подопытных групп родительского стада, гол.

Оценка выведенных суточных цыплят является одним из главных параметров биологического контроля, который проводят в инкубаторном цехе. Увеличение живой массы цыплят в 1 опытной группе было 40,98 г, во 2 опытной группе – 41,69 г и в 3 опытной группе – 41,29 г, что на 0,1 %, 0,81 % и 0,41 % больше, чем в контрольной группе (40,88 г).

За счет введения сорго в рацион кур опытных групп экономический эффект составил от 2087,39 рублей до 4173,23 рублей.

Заключение. Таким образом, была доказана целесообразность использования зерна сорго сорта «Камышинское 75» в кормлении кур родительского стада кросса «Хайсекс коричневый». Введение нетрадиционного зерна в рацион повысило переваримость питательных веществ испытуемых комбикормов, что, в свою очередь, положительно отразилось на продуктивных качествах птицы. Применение изучаемого сорта зерна сорго в составе комбикормов повысило живую массу молодняка птицы на 1,07...4,00 %. Ввод сорго в рацион взрослых кур-несушек повысил их яичную продуктивность на одну несушку в среднем на 0,66...1,29 %, снизил расход комбикорма на получение 1 кг яичной массы и 10 штук яиц соответственно на 1,9...4,7 % и 1,5...3,0 %, увеличил массу яйца на 0,24...2,00 %, а также способствовал повышению

инкубационных качеств яйца и выхода кондиционного молодняка. Использование нетрадиционного зерна сорго сорта «Камышинское 75» в кормлении взрослых кур опытных групп увеличило экономический эффект от 2087,39 до 4173,23 рублей.

Следовательно, полученные нами в ходе проведения опытов положительные результаты позволяют рекомендовать для повышения эффективности производства инкубационного яйца кур-несушек родительского стада кросса «Хайсекс коричневый» вводить в комбикорма сорго сорта «Камышинское 75» в количестве 50 % взамен кукурузы.

Библиографический список

1. Артюхов, А. И. Люпин в кормлении птицы [Текст] / А. И. Артюхов, А. Е. Сорокин // Птицеводство. – 2016. – № 11. – С. 2-6.
2. Карапетян, А.К. Применение в кормлении птицы БВМК [Текст] / А.К. Карапетян, М.А. Шерстюгина, Е.А. Липова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 1. – С. 173-176.
3. Кононенко, С.И. Инновации в технологии кормления птицы [Текст] / С.И. Кононенко // Вестник аграрной науки Дона. – 2014. – Т. 1. – № 25. – С. 34-38.
4. Корнилова, Е.В. Сравнительный аминокислотный состав кормов [Текст] / Е.В. Корнилова, А.К. Карапетян, С.И. Николаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3. – С. 126-130.
5. Малые формы хозяйствования аграрного сектора экономики Волгоградской области: диагностика состояния и приоритеты развития [Текст]: коллективная монография / Под общей редакцией Н.Н. Скитер. – Волгоград, 2016. – 168 с.
6. Научные аспекты кормления высокопродуктивной птицы [Текст] / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Е.Н. Андрианова и др. // Ветеринария и кормление. – 2016. – № 2. – С. 10.
7. Plication of low-gossypol cottonseed meal in laying hens' diet / He T, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Yue HY, Qi GH A // Poult Sci. – 2015. – №94. – P. 2456-2463.
8. Krawczyk, M. Effect of yellow lupine (*L. luteus*) on the egg yolk fatty acid profile, the physicochemical and sensory properties of eggs, and laying hen performance / M. Krawczyk, M. Przywitowski, D Mikulski // Poult Sci. – 2015. – № 94. – P. 1360-1367.
9. Role of import substitution in provision of food security of modern Russia / Larisa V. Popova, Natalia N. Skiter, Svetlana A. Popova, Tatyana A. Dugina // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2016. – № 1. – P. 265-269.
10. Effect of different protein ingredients on performance, egg quality, organ health, and jejunum morphology of laying hens / Wang X.C., Zhang H.J., Wang H., Yue H.Y., Wang J., Wu S.G., Qi G.H. // Poult Sci. – 2016. – № 96. – P. 1316-1324.
11. Wheat barley rye or cornfed growing pigs respond differently to dietary supplementation with a carbohydrase complex / J. Willamil, I. Badiola, E. Devillard, P. A. Geraert, D.Torrallardona // J. Anim. Sci. – 2012. – № 90. – P. 824-832.

Reference

1. Artyuhov, A. I. Lyupin v kormlenii pticy [Tekst] / A. I. Artyuhov, A. E. Sorokin // Pti-
cevodstvo. - 2016. - № 11. - P. 2-6.
2. Karapetyan, A. K. Primenenie v kormlenii pticy BVMK [Tekst] / A. K. Karapetyan, M. A.
Sherstyugina, E. A. Lipova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i
vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 1. - P. 173-176.
3. Kononenko, S. I. Innovacii v tehnologii kormleniya pticy [Tekst] / S. I. Kononenko
// Vestnik agrarnoj nauki Dona. - 2014. - T. 1. - № 25. - P. 34-38.
4. Kornilova, E. V. Sravnitel'nyj aminokislotnyj sostav kormov [Tekst] / E. V. Kornilova, A.
K. Karapetyan, S. I. Nikolaev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i
vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 3. - P. 126-130.

5. Malye formy hozyajstvovaniya agrarnogo sektora jekonomiki Volgogradskoj oblasti: diagnostika sostoyaniya i priority razvitiya [Tekst]: kollektivnaya monografiya / Pod obshej redakciej N. N. Skiter. - Volgograd, 2016. - 168 p.

6. Nauchnye aspekty kormleniya vysokoproduktivnoj pticy [Tekst]/ V. I. Fisinin, I. A. Egorov, E. N. Andrianova i dr. // Veterinariya i kormlenie. - 2016. - № 2. - P. 10.

7. Plication of low-gossypol cottonseed meal in laying hens' diet / He T, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Yue HY, Qi GH A // Poult Sci. – 2015. – №94. – P. 2456-2463.

8. Krawczyk, M. Effect of yellow lupine (*L. luteus*) on the egg yolk fatty acid profile, the physicochemical and sensory properties of eggs, and laying hen performance / M. Krawczyk, M. Przywitowski, D Mikulski // Poult Sci. – 2015. – № 94. – P. 1360-1367.

9. Role of import substitution in provision of food security of modern Russia / Larisa V. Popova, Natalia N. Skiter, Svetlana A. Popova, Tatyana A. Dugina // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2016. – № 1. – P. 265-269.

10. Effect of different protein ingredients on performance, egg quality, organ health, and jejunum morphology of laying hens / Wang X.C., Zhang H.J., Wang H., Yue H.Y., Wang J., Wu S.G., Qi G.H. // Poult Sci. – 2016. – № 96. – P. 1316-1324.

11. Wheat barley rye or cornfed growing pigs respond differently to dietary supplementation with a carbohydrase complex / J. Willamil, I. Badiola, E. Devillard, P. A. Geraert, D. Torrallardona // J. Anim. Sci. – 2012. – № 90. – P. 824-832.

E-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

УДК 636.2.084/087.7

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-40

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК С АНТИСТРЕССОВЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА, ЭТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БИОКОНВЕРСИЮ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРМОВ В МЯСНУЮ ПРОДУКЦИЮ БЫЧКОВ

INFLUENCE OF NEW FEED ADDITIVES WITH ANTISTRESS PROPERTIES ON THE INTENSITY OF GROWTH, ETHOLOGICAL INDICATORS AND BIO-CONVERSION OF NUTRITIONAL FEATURES OF FODDER IN MEAT PRODUCTION OF BULLS

А.В. Ранделин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Х.Б. Гаряева², соискатель

В.В. Ранделина¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.К. Натиров² доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О.Н. Кониева², кандидат сельскохозяйственных наук

A.V. Randelin, Kh.B. Garyaeva, V.V. Randelina, A.K. Natyrov, O.N. Konieva

¹ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград

²ФГБОУ Калмыцкий Государственный университет, г. Элиста

¹FSBSI «Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products», Volgograd

²FSBEI «Kalmyk State University», Elista

Приведены результаты скормливания молодняку калмыцкой породы, находящемуся на откорме, кормовых добавок Агроцид Супер Олиго и Ацид НИИММП, обладающих антистрессовым эффектом. В процессе исследований установлено, что у бычков, употреблявших изучаемые кормовые добавки, была выше поедаемость объемных кормов (сена до 7,6 %; соломы до 2,9 %; злакового сенажа до 4,9 %). По живой массе молодняк, потреблявший добавки в возрасте 16 месяцев, превосходил аналогов из контроля на 11,1 (P>0,999) и 18 кг (P >0,999). В

процессе исследования выявлено влияние добавок на этологические показатели животных. Так, продолжительность приема корма у бычков I и II опытных групп в сравнении с контролем была больше, на 19,2 ($P>0,999$) и 23 мин. ($P>0,99$), отдыха – на 2,8 ($P>0,99$) и 33,6 мин. ($P>0,999$). Также сократились продолжительность движения и частота возникновения драк. Коэффициент биоконверсии питательных веществ корма в продукцию был выше в опытных группах: протеина – на 0,33 и 0,46 %, энергии – на 0,37 и 0,49 %. Уровень рентабельности производства говядины в опытных группах повысился до 7,0 %.

The article presents the results of feeding the young Kalmyk breed, which are fed with feed additives "Agrots Super Oligo" and "Atsid NIIMMP", which have anti-stress effect. In the process of research, it was found that the bulls who consumed the studied feed additives had a higher palatability of bulk feed (hay up to 7.6%; straw up to 2.9%; grass haylage up to 4.9%). In live weight, young animals that consumed supplements at the age of 16 months surpassed counterparts from the control by 11.1 ($P> 0.999$) and 18 kg ($P> 0.999$). During the study, the effect of additives on the ethological indicators of animals was revealed. So the duration of feed intake in bulls I and II experimental groups in comparison with the control was longer, by 19.2 ($P> 0.999$) and 23 min ($P> 0.99$), rest by 2.8 ($P> 0.99$) and 33.6 min. ($P> 0.999$). Also reduced the duration of the movement and the frequency of occurrence of fights. The coefficient of bioconversion of feed nutrients into products was higher in the experimental groups — protein by 0.33 and 0.46%, energy by 0.37 and 0.49%. The profitability level of beef production in the experimental groups increased to 7.0%.

Ключевые слова: кормовые добавки, интенсивность роста бычков, этология, биоконверсия питательных веществ, бычки, мясная продуктивность бычков.

Key words: feed additives, growth rate of bulls, ethology, nutrient bioconversion, bulls, meat productivity of bulls.

Введение. При современном интенсивном производстве говядины для получения конкурентоспособной продукции целесообразно использовать кормовые и биологически активные добавки. Специалисты и ученые считают, что наиболее перспективными являются кормовые добавки, выработанные из натуральных ингредиентов, поскольку они экологически безопасны [1, 2].

Особый интерес представляют кормовые добавки, обладающие антистрессовым эффектом, так как технологические стрессы могут возникать при самых гуманных технологиях содержания животных [4, 6].

Так, при содержании животных на пастбищах возникают такие технологические стрессы, как нумерация, взвешивание, перегон на другие пастбища, бонитировка, прививки, взятие крови, транспортировка [5, 3].

В работах ряда исследователей отмечается высокая эффективность использования в кормлении крупного рогатого скота органических кислот как в комплексе, так и отдельно. Авторами при этом отмечается проявление антистрессового эффекта у данных кормовых добавок.

Целью исследований было определение эффективности использования новых кормовых добавок с антистрессовыми свойствами при выращивании бычков калмыцкой породы на мясо.

Опытные работы проводили в СПК «Плодовитое» Республики Калмыкии.

Было сформировано 3 группы бычков в возрасте 10 месяцев. Численность молодняка в каждой группе составляла 15 голов. Молодняк контрольной группы получал основной рацион (ОР), I опытной группы (ОР) + 400 мл кормовой добавки Агроцид Супер Олиго, II опытной группы (ОР) + 400 мл кормовой добавки Ацид НИИММП в аналогичной дозировке. Основной период опыта продолжался 180 дней.

Бычки содержались по мясной технологии. Кормление производилось в выгульных дворах мобильными средствами. Водопой осуществлялся также в выгульных дворах из групповых поилок.

В рацион бычков входило 3,5 кг сена злакового, 9,0 кг сенажа злакового, 0,2 кг патоки, 4,0 кг зерносмеси. Планировалось получить 950,0 г среднесуточного прироста.

Скармливание кормовых добавок с рационом способствовало повышению поедаемости сена – на 4,1 и 7,6 %, соломы – на 1,6 и 2,9 %, сенажа – на 2,1 и 4,9 %.

В связи с этим можно сделать вывод о положительном влиянии изучаемых добавок на поедаемость объемных кормов, что в свою очередь способствовало повышению интенсивности роста молодняка опытных групп. Так бычки, потреблявшие добавки Агроцид Супер Олиго и Ацид НИИММП, превосходили своих сверстников из контроля по живой массе в 12 месячном возрасте на 1,77 ($P>0,95$) и 3,38 % ($P>0,99$), в 16 месячном – на 2,7 % ($P>0,99$) и 4,37 % ($P>0,999$).

Следует отметить, что у бычков, получавших кормовую добавку Ацид НИИММП, живая масса была больше в сравнении со сверстниками потреблявшими Агроцид Супер Олиго в 12 месячном возрасте на 1,58 ($P>0,95$) и в 16 месячном на 1,63 % ($P>0,95$). За 6 месяцев бычки опытных групп дали абсолютный прирост больше в сравнении со сверстниками, не потреблявшими добавок, на 11,9 ($P>0,99$) и 17,4 кг ($P>0,999$) (таблица 1).

Среднесуточный прирост массы молодняка опытных групп был выше, чем у аналогов из контроля на 7,82 ($P>0,99$) и 11,36 % ($P>0,999$).

Таблица 1 – Показатели живой массы абсолютного прироста
подопытного молодняка, кг

В возрасте, месяцев	Группы		
	контрольная	I опытная	II опытная
Живая масса			
10	259,7±0,52	258,9±0,74	260,4±0,83
12	310,9±1,10	316,4±0,93	321,4±1,34
14	362,3±1,16	372,3±1,54	377,8±0,85
16	412,0±1,67	423,1±1,12	430,0±1,06
Абсолютный прирост			
10-16	152,3±2,11	164,2±1,70	169,6±7,1

По нашему мнению, повышение энергии роста бычков связано с антистрессовыми свойствами кормовых добавок.

Изучение влияния подопытного молодняка вышеуказанных добавок на этологическую реактивность показало существенные различия в проявлении подопытными бычками отдельных элементов поведения, тогда как в возрасте 10 месяцев, совпавшем с постановкой на опыт, достоверных различий в поведении подопытных бычков не установлено (таблица 2).

В возрасте 16 месяцев после 6 месяцев потребления добавки установлены достоверные различия по ряду элементов поведения.

У молодняка опытных групп были более продолжительными такие элементы поведения, как продолжительность приема корма, отдыха, жвачки, и коротким время движения. Приём корма у молодняка опытных групп был продолжительнее в сравнении с аналогами из контрольной группы на 5,98 ($P>0,95$) и 7,32 % ($P>0,99$), отдыха – на 3,21 ($P>0,95$) и 3,78 % ($P>0,99$), жвачки на – 14,49 ($P>0,999$) и 18,5 ($P>0,999$).

Таблица 2 – Этологические показатели

Элемент поведения	Группа					
	контрольная		I опытная		II опытная	
	мин.	%	мин.	%	мин.	%
В возрасте 16 мес.						
Продолжительность приема кормов	361,4±4,482	25,1	362,7±3,94	25,2	359,9±4,03	25,0
Продолжительность отдыха	930,7±4,03	64,6	929,3±4,80	64,5	931,1±4,72	64,7
в.т.ч. лёжа	601,3±3,19	64,6	608,7±3,02	65,5	611,3±2,90	65,7
Время движения	140,9±2,27	9,8	141,2±2,44	9,8	141,9±3,06	9,9
Продолжительность приёма воды	7,0±0,03	0,5	5,8±0,05	0,5	7,1±0,03	0,4
Всего	1440,0	100,0	1440,0	100,0	1440,0	100,0
Продолжительность жвачки	372,1±2,96	100,0	369,8±3,16	100,0	373,4±3,28	100,0
Число драк	6	-	4	-	2	-
В возрасте 10 мес.						
Продолжительность приема кормов	321,4±4,401	22,3	340,6±3,75	23,7	344,9±4,21	24,0
Продолжительность отдыха	890,2±4,72	61,8	918,7±4,90	63,8	923,8±5,03	64,2
в.т.ч. лёжа	589,3±3,60	66,2	660,4±3,98	71,9	671,4±3,44	72,7
Время движения	220,3±3,08	15,3	172,0±2,74	11,9	162,5±3,063,28	11,3
Продолжительность приёма воды	8,1±0,03	0,6	8,7±0,05	0,6	8,8±0,07	0,5
Всего	1440,0	100,0	1440,0	100,0	1440,0	100,0
Продолжительность жвачки	279,6±2,83	100,0	320,1±3,06	100,0	331,4±2,78	100,0
Число драк	9	-	7	-	5	-

При этом молодняк, потреблявший добавки, в сравнении с аналогами контрольной группы меньше времени находился в движении – на 21,92 ($P>0,999$) и 26,23 % ($P>0,999$)

У бычков опытных групп отмечено снижение агрессивности. Повышение показателей пищевой активности, времени отдыха и жвачки, снижение двигательной активности и агрессивности у бычков, потреблявших добавки, произошли, по нашему мнению, под влиянием их антистрессовых свойств. Наиболее ярко выражен антистрессовый эффект у кормовой добавки Ацид НИИММП.

Одним из важных показателей, характеризующих эффективность производства говядины, является характер биоконверсии питательных веществ корма в продукцию, получаемую от животных.

Нами изучено влияние кормовых добавок на характер биоконверсии протеина и энергии кормов в мясную продукцию подопытного молодняка.

Также установлено, что бычки опытных групп трансформировали в теле белка больше чем у аналогов из контроля на 7,39 и 10,90 %, жира – на 8,86 и 12,40 %, энергии – на 6,94 и 1,65 % (рисунок 1).

При этом показатели коэффициента конверсии протеина в съедобную часть тела у молодняка опытных групп оказались в сравнении с аналогами из контрольной группы были выше на 0,33 и 0,46 %, энергии – на 0,38 и 0,49 %.

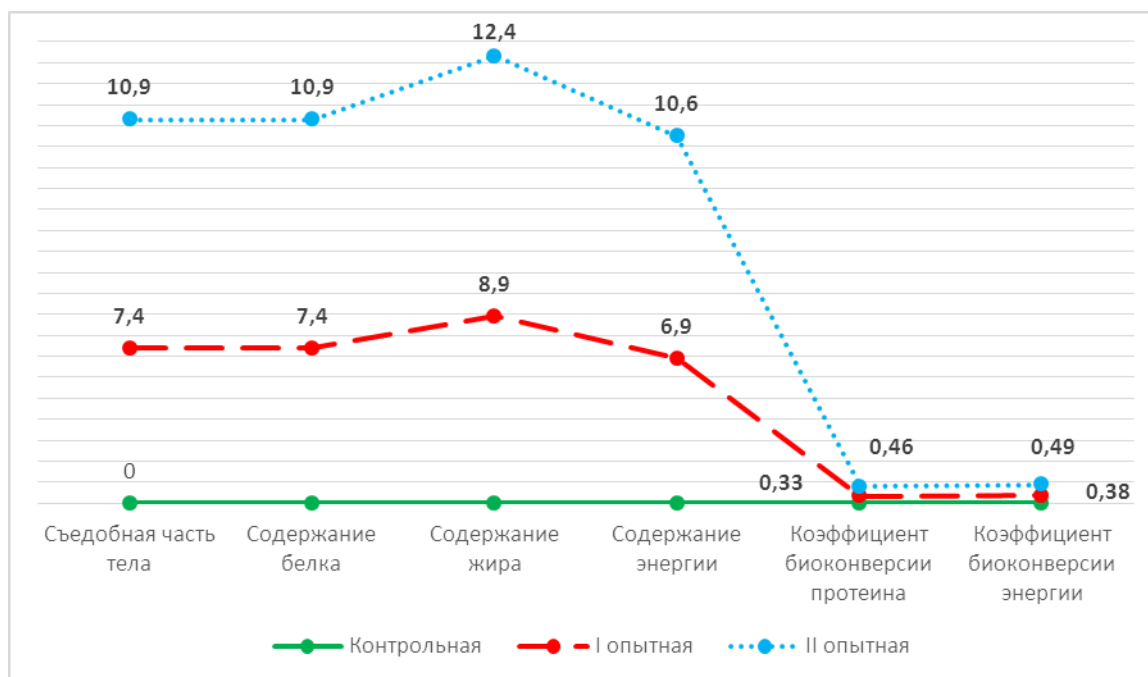


Рисунок 1 – Биоконверсия питательных веществ кормов в съедобные ткани тела (в % от контроля)

У бычков, потреблявших кормовую добавку Ацид НИИММП, в сравнении с аналогами из I группы коэффициент конверсии протеина был выше на 0,13 и энергии – на 0,11 %.

Все это обеспечило повышение уровня рентабельности производства мяса от бычков опытных групп в сравнении со сверстниками на 6,4 и 7,0 %. Следовательно, использование в рационах бычков, выращиваемых на мясо, кормовых добавок Агроцид Супер Олиго и Ацид НИИММП экономически оправдано. Наиболее высокий эффект получен при скормливаниях молодняку кормовой добавки Ацид НИИММП.

Библиографический список

1. Влияние кормовых добавок на гематологические, клинико-физиологические показатели и развитие внутренних органов бычков [Текст]/ И.Ф. Горлов, С.Н. Шлыков, Д.А. Ранделин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3 (43). – С. 129-135
2. Влияние новых кормовых добавок на основе органических кислот на потребление, переваримость и использование питательных веществ рационов бычками калмыцкой породы [Текст]/ Д.А. Ранделин, А.И. Сивков, Н.И. Ковзалов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 117-122.
3. Влияние кормовых добавок на переваримость и обмен питательных веществ кормов, в организме бычков выращиваемых на мясо [Текст] / И.Ф. Горлов, А.В. Ранделин, Т.С. Скоба и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2(42). – С. 141-147.
4. Использование новых биологически активных добавок при производстве говядины [Текст] / И. Горлов, М. Спивак, Д. Ранделин и др. // Молочное и мясное скотоводство. – 2011. – № 5. – С. 32-34.
5. Эффективность производства говядины на основе использования генетических ресурсов отечественной и зарубежной селекции [Текст]: монография / О.А. Суторма, И.Ф. Горлов, Ранделин А.В. и др. – Волгоград: Сфера, 2018. – 208 с.

6. Glimalask-Vet» Feed Supplement For Reducing The Technological Stresses and The improving The Animal Welfare and Meat Quality in Beef Cattle Breeding. / I. F. Gorlov, A. V. Randelin, A. A. Mosolov et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9. – № 5. – P. 1587-1595.

Reference

1. Vliyanie kormovyh dobavok na gematologicheskie, kliniko-fiziologicheskie pokazateli i razvitie vnutrennih organov bychkov [Tekst] / I. F. Gorlov, S. N. Shlykov, D. A. Randelin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 3 (43). - P. 129-135
2. Vliyanie novyh kormovyh dobavok na osnove organicheskikh kislot na potreblenie, perevarimost' i ispol'zovanie pitatel'nyh veschestv racionov bychkami kalmyckoj porody [Tekst] / D. A. Randelin, A. I. Sivkov, N. I. Kovzalov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 4 (40). - P. 117-122.
3. Vliyanie kormovyh dobavok na perevarimost' i obmen pitatel'nyh veschestv kormov, v organizme bychkov vyraschivaemyh na myaso [Tekst] / I. F. Gorlov, A. V. Randelin, T. S. Skoba i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 2(42). - P. 141-147.
4. Ispol'zovanie novyh biologicheskii aktivnykh dobavok pri proizvodstve govyadiny [Tekst] / I. Gorlov, M. Spivak, D. Randelin i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. - 2011. - № 5. - P. 32-34.
5. Jefferktivnost' proizvodstva govyadiny na osnove ispol'zovaniya geneticheskikh resursov otechestvennoj i zarubezhnoj selekcii [Tekst]: monografiya / O. A. Sutorma, I. F. Gorlov, Randelin A. V. i dr. - Volgograd: Sfera, 2018. - 208 p.
6. Glimalask-Vet» Feed Supplement For Reducing The Technological Stresses and The improving The Animal Welfare and Meat Quality in Beef Cattle Breeding. / I. F. Gorlov, A. V. Randelin, A. A. Mosolov i dr. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2018. - Vol. 9. - № 5. - P. 1587-1595.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК 619:636.7-07

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-41

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ КОЛЬПОЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ У СУК С УЧЕТОМ ГОРМОНАЛЬНОГО СТАТУСА

THE DYNAMICS OF INDICATORS OF RESULTS OF COLPOCYTOLOGICAL STUDIES IN DOGS (FEMALES) TAKING INTO ACCOUNT THE HORMONAL STATUS

А.А. Болдарев, кандидат ветеринарных наук, доцент

Н.С. Болдарева, старший преподаватель

A.A. Boldarev, N.S. Boldareva

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Приведены результаты изучения динамики показателей результатов кольпоцитологических исследований у сук с учетом гормонального статуса за период 2008-2017 гг. в условиях г. Волгограда и Волгоградской области. Целью работы являлось изучение динамики показателей результатов кольпоцитологических исследований у сук при различном гормональном статусе. Статистические исследования проводились на базе ветеринарных лечебных учреждений г. Волгограда в Центре ветеринарной клинической медицины и на кафедре «Инновационные технологии в АПК» ИПККА ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет». Материалом для исследования послужили клинически больные собаки, поступившие на первичный амбулаторный приём в количестве 4086 собак за период с 2008...2017 гг. По результа-

там наших исследований установлено, что при постановке диагноза «пиометра», у суки кольпоцитологическое исследование очень важно, так как его результаты довольно точно позволяют определить, в какую фазу полового цикла (эстрогенную или гестагенную) протекает патологический процесс и каков прогноз развития данной патологии. Причем повышение концентрации эстрогенов типично и является параметром физиологической нормы для проэструса, характерно для нарушений процесса овуляции, объясняющуюся образованием на яичниках кист, продуцирующих гормоны. Повышенные значения кариопикнотического индекса при долговременной течке также являются показателем патологических пролиферативных процессов.

The article presents the results of studying the dynamics of indicators of the results of colpocytological studies in females, taking into account the hormonal status for the period 2008-2017 in conditions of Volgograd and Volgograd region. The Object of the work was to study the dynamics of indicators of the results of colpocytological studies in females with different hormonal status. Statistical studies were conducted on the base veterinary medical institutions in Volgograd at the Center for Veterinary Clinical Medicine and at the Department of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Sector of the Institute of Physical Education and Training of Volgograd State Agrarian University. The material for the study was clinically sick dogs admitted to the primary outpatient clinic in the amount of 4086 dogs from 2008-2017. According to the results of our research, it was established that when making a diagnosis, pyometra, a bitch has a colpocytological study very important, as its results rather accurately determine which phase of the sexual cycle, estrogenic or gestagenic, the pathological process takes place and what is the prognosis of this pathology. Moreover, an increase in estrogen concentration is typical and is a parameter of the physiological norm for proestrus and is characteristic of disturbances in the ovulation process, due to the formation of hormone-producing cysts on the ovaries. And the increased values of the karyopicnoic index during long-term estrus are an indicator of pathological proliferative processes.

Ключевые слова: пиометра у сук, цитологические показатели мазка, кольпоцитологические исследования, болезни собак, гнойный эндометрит собак.

Key words: pyometra in females, cytological indicators of smear, colpocytological studies, diseases of dogs, purulent endometritis of dogs.

Введение. На данный момент не существует эффективных способов лечения гнойного эндометрита сук, гарантирующих возобновление продуктивности самки в 100 % клинических случаях [4, 5, 8, 9].

Данный факт считается решающим моментом, подтверждающим необходимость введения и последующего усовершенствования способа интенсивного хирургического лечения сук при пиометре для быстрого и своевременного снятия симптомов воспаления и предупреждения развития осложнений, уменьшения сроков и совершенствования методов эффективного лечения при единовременном сохранении многофункционального состояния матки [1, 2, 12].

В связи с этим изучение структурных изменений в эндометрии, эпителии слизистых оболочках цервикса и влагалища в зависимости от гормонального статуса животного имеет актуальное значение. Научное разрешение этих проблем, подтверждаемое практическим опытом, позволяет оказать помощь ветеринарным специалистам современными методами диагностики, терапии и дальнейшего прогнозирования течения данных заболеваний [3, 6, 10].

Материалы и методы. Исследования проводили в ветеринарных лечебных учреждениях г. Волгограда, в Центре ветеринарной клинической медицины и на базе кафедры «Инновационные технологии в АПК» ИПККА ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет».

Для этой цели сука, которым был поставлен диагноз пиометра, сортировали на четыре группы для проведения опыта, с различной формой тяжести течения пиометры. При этом учитывали интенсивность и характер выделений из половых путей (вид, запах, консистенцию, примеси крови, выделения гнойного экссудата).

Во время сбора анамнезов болезни и жизни мы заостряли внимание на нормах ухода и содержания животного, режиме прогулок, моменте проявления симптомов заболевания, продолжительности и характере течения, длительности ремиссий и рецидивов, прежде проводимой терапии и оценке ее эффективности [6, 7].

Клинический осмотр выполняли по общепризнанной методике. Оценивали тургор кожи, состояние видимых слизистых оболочек, скорость наполнения капилляров, мышечный тонус, конфигурацию и объемы брюшной стенки [7].

Объектами обследования стали суки с метропатиями, включая и больных животных с клиническими признаками пиометры.

Первостепенной задачей проводимой диагностики считалось установление патологии со стороны матки. Данный вопрос решался при первичном осмотре животного при поступлении в ветеринарную клинику и в последующем проведении комплексной диагностики.

При постановке диагноза на пиометру у всех собак проводили лабораторные исследования, которые содержали цитологическое исследование мазков отпечатков верхнего свода влагалища, подсчет форменных элементов крови с выведением лейкоформулы и лейкограммы, а также биохимический анализ крови.

Для проведения исследования крови ее забирали при помощи одноразового шприца объемом 2 мл из яремной вены.

Для цитологических исследований мазков проводили фиксацию и окраску методом Паппенгейма или Романовского-Гимза. Оценку мазка выполняли методом подсчета числа клеток эпителия, нейтрофилов, микробов и грибов в (объектив $\times 90$, окуляр $\times 7$) [11].

Все манипуляции с животным при приготовлении мазка по нижеизложенной методике осуществлялись после постановки низкой эпидуральной новокаиновой блокады.

Доступ в просвет влагалищной трубки обеспечивали посредством введения в просвет органа влагалищного зеркала или медицинского ректоскопа. Введение зеркала осуществляли по направлению, соответствующему естественному анатомическому изгибу таза суки, чтобы не нанести механических повреждений инструментами.

Особое внимание при изготовлении мазка уделяли тому, чтобы тампон во время введения во влагалище не контактировал со слизистой преддверия влагалища и кожей половых губ. Стоит помнить, что наличие контакта стерильного тампона со слизистой влагалища и кожей половых губ затрудняет дальнейшую дифференциацию эпителиальных клеток в мазке, так как последний дополняется клетками из органов мочевыводящей системы. Тампон готовили путем фиксации стерильной ваты изогнутым зажимом Кохера и пропитывали стерильным физиологическим раствором.

Если наблюдалось обильное выделение слизи, то ее удаляли путем промакивания стерильным тампоном, а для изготовления мазка использовали тампоны повторных промакиваний, но в преобладающем ряде случаев выделения из полости матки свисали тяжем по нижней стенке влагалища и не препятствовали проведению манипуляций. После обеспечения доступа стерильным тампоном забирали мазок путем однократного прокатывания по верхнему своду влагалища и перенесению биоматериала на предметное стекло. Нельзя размазывать пробу слизи по поверхности

предметного стекла, так как в этом случае отпечатается меньше клеток и они могут повредиться. В дальнейшем мазок подвергали сушке на воздухе и красили методами Паппенгейма или Романовского-Гимза.

Все полученные результаты исследований мы подвергли статистической обработке с оценкой верности отклонений при $p < 0,05$ и $p < 0,001$. С данной целью применяли способы математической статистической обработки данных, применяемые в биологии и медицине (В.С. Камышников, 2000). Числовые значения продемонстрированы в единицах СИ, рекомендованных Глобальной организацией здравоохранения и стандартизации СЭВ 1062-68.

Результаты и обсуждение. Следует отметить, что клетки слизистой оболочки матки и влагалища являются клетками гормонально чувствительной ткани, которая обладает способностью реагировать на изменения уровней концентраций в крови половых гормонов как атрофическими процессами, так и процессами гиперплазии. Нередко процессы гиперплазии и атрофии сменяют друг друга по очереди и являются звеньями одной цепочки, приводящими к нарушениям функции органов репродуктивной системы сук.

По результатам наших исследований, в период отсутствия признаков полового возбуждения регистрируются минимальные концентрации эстрогена и прогестерона, влагалище покрыто 2-3-слойным неороговевающим плоским эпителием (рисунок 1).

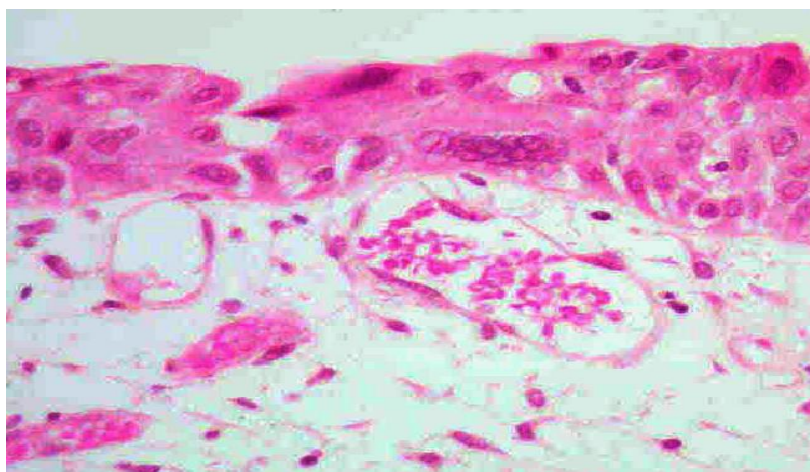


Рисунок 1 – Тканевая структура эпителия влагалища в период анэструса

Под воздействием эстрогенов возникает пролиферация клеточных слоев, когда степень эстрогенов имеет наибольшие значения (90 пг/мл), в норме к концу проэструса, клеточные элементы, присутствующие на плоскости, подвергаются ороговению. Высокий уровень пролиферации (до 20 слоев) и ороговение в большинстве случаев совпадают с течкой. В данный этап число эстрогенов понижается, а уровень прогестерона быстро возрастет.

С начала метэструса слоистость эпителия равномерно убавляется, а ороговевающие клеточные элементы десквамируются, в данный этап снижается уровень эстрогенов до 10 пкг/мл, прогестерон удерживается на первостепенном значении, в пределах 30 нг/мл.

Нами определено, что в комплексной диагностике пиометры у сук вагинально-цитологическое диагностическое исследование имеет огромную значимость, поскольку позволяет точно определить, какая фаза полового цикла, точнее сказать, какой гормональный фон соответствует этому заболеванию – эстрогеновый либо гестагеновый. Эти данные имеют решающую роль при постановке окончательного диагноза на пиометру.

Необходимо отметить, что решающим для оценки вагинального мазка считается наличие значительного количества ороговевших суперфициальных клеточных элементов, которые с легкостью дифференцируются от других клеток.

Важными аспектами оценки клеток во влагалищном мазке считаются их объемы, конфигурация, пропорция между ядром, цитоплазмой и присутствие клеточного ядра, характер изменений ядра (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика клеток влагалищного эпителия

Диагностический критерий	Клеточные элементы глубоких слоев (базальные, парабазальные и клетки глубоких промежуточных слоев)	Поверхностные клеточные элементы (клетки высоких, промежуточных слоев и суперфициальные клетки)
Размеры	10...40 мкм	50...80 мкм
Форма	круглая	Неправильная, угловатая
Соотношение между ядром и цитоплазмой	1 : 2	1 : 20

Так, по результатам наших исследований, интерпретация вагинального мазка определяется с учетом пропорции базальных, парабазальных, суперфициальных неороговевших и суперфициальных ороговевших клеточных элементов.

Мы не встречали пиометру, развивающуюся во время недостаточной функциональной способности яичников. Ее появление у сук связано с увеличенной выработкой эстрогенов либо прогестерона. Как правило, развитие пиометры у сук в прогестероновую фазу обусловлено контаминацией полости матки условно-патогенной микрофлорой во время полового акта.

Нами определено, что если у суки анэструс, то картину требуется определять по базальным и парабазальным клеточным элементам. Это некрупные клеточки 10-20 мкм в поперечнике с высочайшим ядерно-цитоплазматическим индексом.

При этом в мазке не визуализируется присутствие эритроцитов, нейтрофилов, определяется незначительный уровень микробных элементов.

Таблица 2 – Клеточные элементы во влагалищном мазке с учетом гормонального статуса

Клеточный элемент	Проэструс	Эструс	Метэструс		Анэструс
			начало	конец	
Эритроциты	++	+	-	-	-
Лейкоциты	+/-	-	+++	+/-	-
Ороговевшие суперфициальные клетки	10	90	30	0	0
Неороговевшие суперфициальные клетки	30	8	20	10	0
Промежуточные клетки	50	2	20	30	3
Базальные/парабазальные клетки	10	0	30	60	95
Эстрадиол, пкг/мл	90	30	10	10	10
Прогестерон, нг/мл	1	30	30	1	1

По результатам наших исследований повышение концентрации эстрогенов типично как для проэструса, так и для нарушений овуляции, характеризующихся появлением гормонов, продуцирующих кист яичника. Количество суперфициальных клеток, которые равномерно ороговевает, и степень ороговевания повышаются в зависимости от продолжительности этапа гиперэстрогенизации. Если данный этап более 30 дней, то в мазке обнаруживается самая высокая степень ороговевания суперфициальных клеточных элементов, которые располагаются на предметном стекле равномерно плоско и разделены между собой межклеточным пространством.

При адекватном лечении ороговевший слой отшелушивается и ороговевшие клеточные элементы в мазке встречаются в соединениях. В данном процессе принимают участие также лейкоцитарные клетки, которые присутствуют в большей степени во влагалищных мазках, взятых от сук, получающих терапию блокаторами эстрогенов. Нами отмечено единовременное возрастание числа клеток всех слоев.

При малом уровне эстрогенов и увеличенной концентрации прогестерона в мазке из влагалища обнаруживаются также пенистые клеточные элементы (парабазальные клеточные элементы с вакуолизированной цитоплазмой) и морфологически измененные парабазальные клеточные элементы, содержащие в цитоплазме нейтрофильные гранулоциты (рисунок 2).

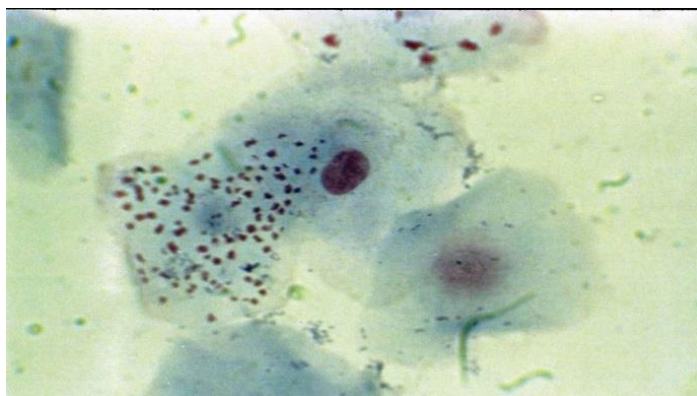


Рисунок 2 – Влагалищный мазок: суперфициальные изменённые клеточные элементы с вакуолизированной цитоплазмой при высоком уровне прогестерона

У некоторых сук с интенсивными выделениями из влагалища следует определять и маточные клеточные структуры, их клеточная структура быстро дифференцируется в мазке, приготовленном из влагалищного содержимого, и не отвечает гормональному статусу. Как правило, в этих мазках встречаются полиморфноядерные лейкоциты и морфологически измененные эпителиальные клеточные элементы, при гнойных экссудативных процессах в матке, которые зависят от микробиоценоза половой системы.

Особое внимание при интерпретации мазков требуется обратить на то, что изменения между фазами считаются плавными и нередко на одном мазке, возможно, будут показаны разные эталоны клеток, потому предлагается сформировывать совместную картину состава эпителия на основе исследования не ниже 3-х мазков. Для совершенствования объективности оценки кольпоцитологических мазков нами использовались цитологические индексы.

Подсчет клеточных составляющих мазка и показ морфологического состава его под вид надлежащих индексов позволяют дать более достоверную диагностическую оценку с учетом гормонального статуса.

Кариопикнотический индекс (КИ) является процентным соотношением всех десквамированных зрелых поверхностных клеток, ядро которых подверглось кариопикнозу к клеточным элементам, содержащим везикулярные ядра с поперечником более 6 мкм. В ходе созревания клеток десквамируются, а ядро сморщивается, процесс сморщивания ядра называется кариопикноз.

При обычной реакции влагалищного эпителия кариопикнотический индекс меняется с учетом гормонального статуса и его корреляции. Так, при не обнаружении кариопикнотических клеток в мазке у животного ставится диагноз – анэструс, иными словами, степень эстрогенов – фоновый. При малозначительном повышении концен-

трации эстрогенов в крови кариопикнотических клеток концентрация в мазке всего 10 %, в норме это их число определяется в метэструс и проэструс. В течение эструса КИ достигает 80 %.

У сук за счёт вычисления КИ можно выявить определённый этап эстрального цикла. Повышенные значения КИ при затянувшейся течке являются симптомом патологических пролиферативных процессов в яичниках и вероятной гиперэстрогенизации.

Эозинофильный индекс (ЭИ) определяется процентным соотношением всех зрелых десквамированных поверхностных клеток с эозинофильной цитоплазматической структурой к зрелым поверхностным клеточным элементам с базофильной структурой цитоплазмы. Для дифференциации мазков эпителия используются разные способы.

Более высокий уровень эстрогенной стимуляции обуславливает в мазках появление поверхностных эозинофильно-окрашиваемых клеток.

В период обычного эструса наибольшее количество эозинофильных поверхностных клеток в мазках определяется на верхней границе эстрогеновой активизированности и во время процесса овуляции. Наряду с этим число эозинофильных клеток варьирует и может повыситься до 90 %, в то время как в период отсутствия полового возбуждения они совсем не выявляются в мазках.

Числовой индекс созревания (ЧИС) характеризуется необходимой суммой числовых значений любого морфологического отличия клеток, обнаруживающихся в мазке. С этой целью любой тип клеток эпителия символически принимается за исчисляемую величину. Поверхностные эозинофильные клеточные элементы – 1,0; базофильные – 0,8; крупные промежуточные клеточные элементы – 0,6; мелкие промежуточные клеточные элементы – 0,5; парабазальные – 0,0.

Обязательным условием при вычислении числового индекса созревания является то, что мазок обязательно должен отражать свободно отделившиеся клеточные элементы с сохраненной морфологической структурой, подсчитываются клетки без повреждений. Проводят подсчет примерно 100 экземпляров клеток, которые умножают на исчисляемую величину. Мазок характеризуется суммарным значением клеток, выявленных во время подсчета. Следовательно, мазок, в котором обнаруживаются лишь парабазальные клетки, указывает на коэффициент созревания, который приравнивается к нулю, что типично для анэструса в естественном физиологическом состоянии. В период обычного эструса ЧИС составляет 90...100. Если повышенный уровень созревания эпителиальных клеток в цитологических мазках насчитывает больше клеток с большим числовым показателем, то повышается совокупная сумма, определяемая при подсчете клеточного состава приготовленного вами микропрепарата.

Для достоверного и быстрого определения стадий полового цикла (гормонального статуса) у собак гистологические обследования неприменимы, поскольку они более длительны по времени и необходимо проводить лапаротомию, поэтому мы при проведении исследований и для быстрой диагностической достоверности применяли цитологический способ.

На рисунке 3 показано, как изменяются клеточные элементы в мазке из влагалища. Помимо этого для оценки гормонального уровня функционирования яичников во время исследований целенаправленно использованы индексы созревания и выделены несколько степеней клеточной пролиферации вагинальных эпителиальных клеток.

Таким образом, при проведении цитологических исследований влагалищных мазков выявлено, что структурные изменения, которые происходят в эпителиальных клетках влагалища под воздействием эстрогенов, происходят и при всевозможных патологических процессах.

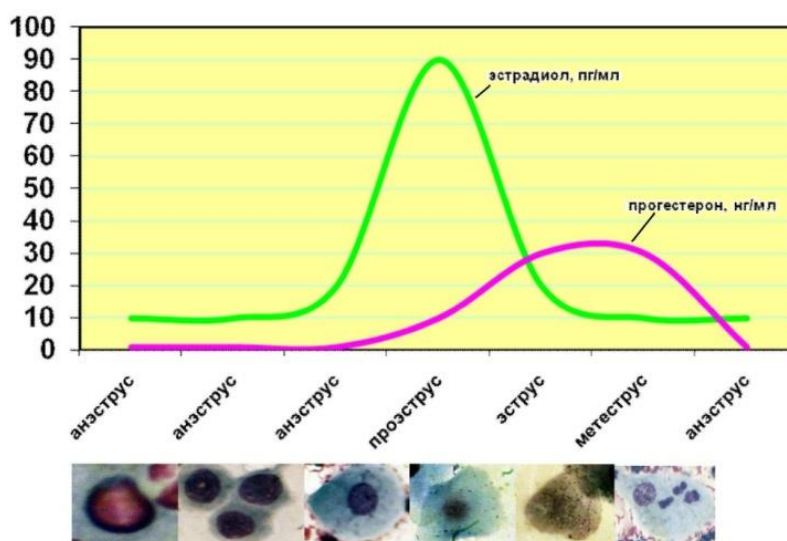


Рисунок 3 – Морфологические изменения клеточных элементов в мазке из влагалища с учетом гормонального статуса при высоком уровне эстрогенов в крови

Потому неважно, какая патология матки будет развиваться в перспективе интенсивного функционирования фолликула (эстрогенный статус) и сопровождаться соответственной цитологической картиной во влагалищном мазке.

В комплексной диагностике пиометры у сук вагинально-цитологическое диагностическое исследование имеет огромную значимость, поскольку позволяет достоверно определить, какая фаза полового цикла отвечает этому заболеванию (эстрогенная либо гестагенная), и позволяет окончательно поставить диагноз на пиометру.

Определено, что повышение концентрации эстрогенов типично как для проэструса, так и для нарушений овуляции, характеризующихся появлением гормонов, продуцирующих кисту яичника.

Повышенные значения КИ при долговременной течке – показатель патологических пролиферативных процессов.

Заключение. Если у суки анаэструс, то картину влагалищного мазка требуется определять по базальным и парабазальным клеточным элементам.

Повышение концентрации эстрогенов типично как для проэструса, так и для нарушений овуляции, характеризующихся появлением кист яичника.

Если гиперэстрогенизации более 30 дней, то в мазке обнаруживаются самые ороговевшие суперфициальные клеточные элементы.

При малом уровне эстрогенов и увеличенной концентрации прогестерона в мазке из влагалища обнаруживаются также пенистые клеточные элементы (парабазальные клеточные элементы с вакуолизированной цитоплазмой) и морфологически измененные парабазальные клеточные элементы, содержащие в цитоплазме нейтрофильные гранулоциты.

Если индексы кариопикнотических клеток менее 10 %, в норме, то это показатель метэструса и проэструса. Более 80 % – типично для эструса, что позволяет определить этап эстрального цикла. Повышенные значения КИ при долговременной течке показывают на патологические пролиферативные процессы. Высокий уровень эстрогенной стимуляции обуславливает появление в мазках поверхностных эозинофильно-окрашиваемых клеток. Мазок, заключающий лишь парабазальные клеточные элементы, определяет коэффициент созревания, который приравнивается к нулю, что типично для анаэструса в естественном состоянии. В период обычного эструса ЧИС составляет 90-100.

Библиографический список

1. Вихляева, Е.М. Руководство по гинекологической эндокринологии [Текст]: учебник / Е.М. Вихляева. – М.: Мединформ агентство, 1997. – 219 с.
2. Зайчик, А.Ш. Основы общей патологии эндокринологии [Текст]: учебник /А.Ш. Зайчик, Л.П. Чурилов. – СПб., 1999. – 605 с.
3. Иваловская, И.А. Клинико-физиологические основы гинекологии [Текст] /И.А. Иваловская, Е.И. Марова //Акушерство и гинекология. – 2000. – №5. – С. 42-44.
4. Карташов, С.Н. Анемия при хроническом эндометрите у сук [Текст] /С.Н. Карташов, Л.П. Миронова, П.А. Волков //Материалы 2 международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию факультета ветеринарной медицины СтГАУ. – Ставрополь, 2004. – С. 327-329.
5. Карташов, С.Н. Гепатопривный синдром при хроническом эндометрите у собак [Текст] /С.Н. Карташов, Л.П. Миронова, П.А. Волков // Научная мысль Кавказа. Северо-Кавказский научный центр высшей школы. – 2004. – №9. – С. 174-177.
6. Незаразные болезни собак и кошек [Текст]: учебник /А.В. Лебедев, С.В. Старченков, С.Н. Хохрин и др. – С.-Пб.: ГРИОРД, 2000. – 296 с.
7. Ниманд, Х.Г., Болезни собак. Практическое руководство для ветеринарных врачей [Текст]: учебник /Х.Г. Ниманд, П. Ф. Сутер. – М.: Аквариум, 1999. – 816 с.
8. Шафикова, А.В. Тактика при хроническом эндометрите у сук с синдромом ранней полиорганной недостаточности на фоне хронически протекающих анемий различного генеза [Текст] / А.В. Шафикова //Материалы Второй Всероссийской дистанционной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – п. Персиановский, 2004. – С. 89-90.
9. Evans, H. M. An introduction to the study of the oestrous cycle in the dog /H. M. Evans, H. N. Cole //Mem. Univ. Calif. – 1991. – №2. – P. 119-224.
10. Grahame, J.D. Physiological Action of Progesterone In Target Tissues. /J.D. Graham, C. L. Clarke //Endocr-Rev. – 1997. – №8. – P. 502 -519.
11. Mizutani, Y. Histochemical study of endometrial carcinoma /Y. Mizutani, T. Terachi, T. Okada //Int. J. Urol. – 1996. – №3. – P. 426-434.
12. Moore, C. Die Vascularisierung des menschlichen Endometrium / C. Moore // Drug today. – 1999. – №35. – P. 69-78.

Reference

1. Vihlyayeva, E. M. Rukovodstvo po ginekologicheskoy jendokrinologii [Tekst]: uchebnik / E. M. Vihlyayeva. - M.: Medinform agentstvo, 1997. - 219 p.
2. Zajchik, A. Sh. Osnovy obschej patologii jendokrinologii [Tekst]: uchebnik /A. Sh. Zajchik, L. P. Churilov. - SPb., 1999. - 605 p.
3. Ivalovskaya, I. A. Kliniko-fiziologicheskie osnovy ginekologii [Tekst] /I. A. Ivalovskaya, E. I. Marova //Akusherstvo i ginekologiya. - 2000. - №5. - P. 42-44.
4. Kartashov, S. N. Anemiya prihronicheskomu jendometritu u suk [Tekst] /S. N. Kartashov, L. P. Mironova, P. A. Volkov //Materialy 2 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 65-letiyu fakul'teta veterinarnoj mediciny StGAU. - Stavropol', 2004. - P. 327-329.
5. Kartashov, S. N. Gepatoprivnyj sindrom pri hronicheskom jendometrite u sobak [Tekst] /S. N. Kartashov, L. P. Mironova, P. A. Volkov // Nauchnaya mysl' Kavkaza. Severo-Kavkazskij nauchnyj centr vysshej shkoly. - 2004. - №9. - P. 174-177.
6. Nezaraznye bolezni sobak i koshek [Tekst]: uchebnik /A. V. Lebedev, S. V. Starchenkov, S. N. Hohrin i dr. - S. -- Pb.: GRIORD, 2000. - 296 p.
7. Nimand, H. G., Bolezni sobak. Prakticheskoe rukovodstvo dlya veterinarnyh vrachej [Tekst]: uchebnik /H. G. Nimand, P. F. Suter. - M.: Akvarium, 1999. - 816 p.
8. Shafikova, A. V. Taktika pri hronicheskom jendometrite u suk s sindromom rannej polior-gannoj nedostatochnosti na fone hronicheskij protekayuschih anemij razlichnogo geneza [Tekst] / A. V. Shafikova //Materialy Vtoroj Vserossijskoj distancionnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchennyh. - p. Persianovskij, 2004. - P. 89-90.

9. Evanis, H. M. An introduction to the study of the oestrous cycle in the dog /H. M. Evans, H. H. Cole //Mem. Univ. Calif. – 1991. – №2. – P. 119-224.
10. Grahame, J.D. Physiological Action of Progesterone In Target Tissues. /J.D. Graham, C. L. Clarke //Endocr-Rev. – 1997. – №8. – P. 502-519.
11. Mizeutanei, Y. Histochemical study of endometrial carcinoma /Y. Mizutani, T. Terachi, T. Okada //Int. J. Urol. – 1996. – №3. – P. 426-434.
12. Moore, C. Die Vascularisierung des menschlichen Endometrium / C. Moore // Drug today. – 1999. – №35. – P. 69-78.

E-mail: ipkka.it@mail.ru

УДК 664.68.016.8

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-42

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ RESEARCH OF CONSUMER PROPERTIES OF CONFECTIONERY OF FUNCTIONAL PURPOSE

О. Ю. Мишина¹, кандидат биологических наук
И.С. Иващенко¹, студент
Е.С. Воронцова², аспирант

O. Y. Mishina¹, I.S. Ivashchenko¹, E.S. Vorontsova²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

¹Volgograd State Agrarian University

²Volga region scientific research institute of production and processing of meat and dairy production

Представлен материал о практическом решении проблем и задач кондитерской промышленности России: снижении покупательской способности потребителей как следствия падения курса рубля и сокращения доходов населения; необходимости выпуска кондитерских изделий с оригинальными потребительскими свойствами, способных конкурировать с продукцией отечественных и западных производителей; значимости кондитерских продуктов функционального назначения. Цель исследования состояла в разработке кондитерской продукции, отвечающей таким требованиям, как оригинальность потребительских свойств, функциональность, рентабельность. Исследования проводились путем подбора технологических карт, рецептур и технологий приготовления; разработки на их основе оригинальной кондитерской продукции высокого качества и пищевой ценности, сбалансированной по белково-жировому составу, со стабильными функционально-технологическими свойствами, промышленно рентабельной; оптимизации продукции с целью улучшения показателей качества; анализа разработанного теоретического и практического материалов. В результате проведенной работы получена трехкомпонентная кондитерская продукция – торт «Рождение Венеры» с оригинальными потребительскими свойствами, состоящая из песочного теста, творожной начинки и кокосового штрейзеля, и два варианта ее оптимизации, включающей оптимизацию компонентов продукции: творожной начинки (Вариант 2) и песочного теста (Вариант 3).

This article presents a material on practical solutions to the problems and challenges confectionery industry in Russia: a decrease in consumer purchasing power as a consequence of the depreciation of the ruble and a reduction in household incomes; the need to produce confectionery products with original consumer properties, capable of competing with the products of domestic and foreign producers; importance of confectionery products of a functional purpose. The aim of the research was to develop confectionery products that meet such requirements as: originality of consumer properties, functionality, profitability. The studies were carried out by selecting technological cards, recipes and preparation technologies; the development on their basis of original

confectionery products of high quality and nutritional value, balanced by protein-fat composition, with stable functional and technological properties, industrially profitable; optimization of products in order to improve quality indicators; the analysis of the developed theoretical and practical material. As a result of the work, three-component confectionery products were produced: "Venus's Birth" cake with original consumer properties, consisting of short-pastry, curd filling and coconut strawberry, and two options for its optimization, including the optimization of the components of the curd (Option 2) and short-pastry Option 3).

Ключевые слова: кондитерские изделия, рецептура, функционально-технологические свойства кондитерских изделий, песочное тесто, творожная начинка, белково-жировой состав, физико-химические показатели, экономические показатели.

Key words: confectionery, compounding, functional and technological properties of confectionery, short-pastry, curd filling, protein-fatty structure, physical and chemical indicators, economic indicators.

Введение. Быстро развивающаяся кондитерская отрасль пищевой промышленности России в настоящее время столкнулась с рядом проблем: резкое падение курса рубля, сокращение доходов населения, спад объемов роста продаж, обусловленный снижением покупательской способности, введенные санкции. Стоимость продуктовых товаров стала ключевым фактором, влияющим на принятие потребителем решения при покупке [8].

Характерной чертой русской кухни являются сытные простые блюда большой массы и объема. Однако современная кондитерская промышленность ориентирована на западное производство, которому свойственны маленькие порции, дорогое сырье для производства, упор на оригинальный внешний вид, разнообразие отделки и кондитерских украшений, широкое применение пищевых красителей, многослойность, нестандартные формы изделий, минимальное количество теста, муссовые и суфлейные торты [2]. С другой стороны, помимо производства кондитерских изделий общепотребительского назначения, выпускают кондитерские продукты функционального назначения. Благодаря широкому спектру органолептических, структурно-механических характеристик существуют огромные возможности обогащения химического состава кондитерских изделий биологически активными веществами [4].

Материалы и методы. Целью исследования является разработка кондитерской продукции, отвечающей таким требованиям, как оригинальность потребительских свойств (внешний вид, вкус, запах, количество и сочетание слоев и др.), функциональность (набор биологически активных веществ), рентабельность (снижение цены на готовый товар благодаря уменьшению затрат на производство).

Для проведения исследования использованы различные методы поиска и обработки информации: межгосударственные стандарты, статьи из источников информации отраслевой направленности, учебные и методические пособия, статистическая информация, расчет и составление технологических карт, рецептур и таблиц, выполнение сравнительных диаграмм, практическая проверка разработанного теоретического материала.

Результаты и обсуждение. Исследование заключается в создании кондитерского изделия – торта «Рождение Венеры» (далее торт) на основе из песочного теста с творожной начинкой и покрытием из штрейзеля. Для выполнения работы подобраны

технологические карты, рецептуры и технологии приготовления трех изделий, компоненты которых отвечают требованиям запланированной продукции. Из каждого изделия взят только один компонент, при необходимости скорректированы нормы закладки сырья для приготовления компонента. Разработанная рецептура предназначена для использования в кондитерской промышленности при производстве тортов и пирогов. Технология предусматривает подготовку песочного теста (для основы торта), кокосового штрейзеля (для покрытия торта) и творожной начинки, формовку, выпечку торта до готовности, охлаждение и упаковку в коробки или контейнеры [5].

Песочным называют тесто на основе сливочного масла, сахара и муки. Иногда к тесту добавляют сметану, яйца, порошок какао, разрыхлитель, орехи и пряности и т. п. В наши дни песочное тесто используют для приготовления печенья, тарталеток, пирожных, пирогов, кишей, тартов и тортов [10].

В качестве компонента торта из рецептуры изделия «Царский яблочный пирог» взято только песочное тесто. Замешенное на растопленном сливочном масле, оно подойдет для кондитерского изделия с содержанием большого количества влажной, сочной начинки.

Творог относится к высокосбалансированным продуктам, он насыщает организм и дарит целый комплекс полезных витаминов: А, Д, витамины группы В, никотиновую кислоту, токоферол; макро- и микро-элементов: серу, калий, кальций, фосфор, железо, магний, цинк, фтор, медь; незаменимые аминокислоты. В твороге содержится около 14 г белка на 100 г продукта [1]. Белки творога усваиваются человеческим организмом лучше, чем белки мяса, а аминокислоты способствуют повышению иммунитета. Молочный белок творога казеин нормализует жировой баланс, снижает запасы вредного холестерина [7]. Творог улучшает функции поджелудочной железы, желудка, двенадцатиперстной кишки. Состав с низким числом калорий показан для диетического рациона. Творог является основным компонентом любых творожных начинок. К творогу обычно добавляют куриные яйца, какой-либо сыпучий загуститель для «связки» влажных компонентов (различные виды крахмала, манную крупу, агар-агар), сахар или сахарную пудру, сметану или йогурт.

В качестве компонента торта из рецептуры изделия «Сырник с маком» взята только творожная начинка. Так как в рецептуре начинки желтки и белки взбиваются отдельно, это придает особую нежность и воздушность готовому продукту, готовая продукция приобретает высокое качество и значимую отличительную черту.

Штрейзель (или штрейзель – от нем. Streusel) – это кондитерская крошка, украшение для десертов и выпечки, популярное в немецкой кухне; и пирог, приготовленный с использованием крошки «Streuselkuchen». Основные ингредиенты для приготовления штрейзеля: сливочное масло, мука и сахар. Крошку для пирога «Streuselkuchen» изначально готовили в пропорции: сливочное масло – сахар – мука – 1 : 1 : 2, позже формулу для приготовления штрейзеля стали изменять в зависимости от желаемых органолептических показателей [3].

В качестве компонента торта из рецептуры изделия пирог «Кудряшка Сью» взят только кокосовый штрейзель. Опытным путем было доказано, что кокосовый штрейзель подходит для творожной начинки, он хорошо «сцепляется» с ней и не отслаивается при нарезании изделия на порции. Кокосовая стружка содержит значительное количество витаминов, макро- и микроэлементов, НЖК, МНЖК (олеиновую) и ПНЖК (линолевую), 13 % белков, 65 % жиров (по массе) [11].

Таблица 1 – Рецептура кондитерского изделия

Наименование сырья	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	Норма закладки для 1 единицы продукции, г/шт.		Норма закладки для 1 единицы продукции, г/шт.		Норма закладки для 1 единицы продукции, г/шт.	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Мука пшеничная, в.с.	-	240,0	-	240,0	-	160,0
Хлопья овсяные	-	-	-	-	-	80,0
Масло сливочное (не мен. 72,5 % жира)	-	185,0	-	185,0	-	185,0
Сметана (не более 20 % жира)	-	25,0	-	25,0	-	25,0
Сахар-песок	-	430,0	-	430,0	-	430,0
Разрыхлитель теста	-	10,0	-	10,0	-	7,0
Соль поваренная пищевая	-	1,0	-	1,0	-	1,0
Яйцо куриное	480,0	422,4	480,0	422,4	480,0	422,4
Творог (не менее 20% жира)	-	800,0	-	800,0	-	800,0
Ванилин	-	-	-	1	-	1
Персики консервированные	820,0	460,0	820,0	460,0	820,0	460,0
Пудинг с натуральной ванилью	-	70,0	-	-	-	-
Крахмал картофельный	-	30,0	-	70,0	-	70,0
Кокосовая стружка	-	160,0	-	160,0	-	160,0
Выход	-	2833,4	-	2804,4	-	2801,4

Таблица 2 – Сравнение органолептических показателей тортов

Показатель	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
Внешний вид	Три слоя: основа из песочного теста и бортики, творожная начинка с включениями персика, кокосовый штрейзель					
Поверхность	Рыхлый, воздушный кокосовый штрейзель — в верхней части изделия, основа из песочного теста - снизу и по бокам					
Форма	Форма усеченного конуса, с высотой, равной 6 см и образующей, равной 6,5 см; диаметром верхнего основания – 25,7 см; диаметром нижнего основания - 19,7 см					
Вид на разрезе	Хорошо видны слои, не допускается смешивание слоев, неровные линии раздела слоев					
Вкус, цвет, запах	Вкус: сладкий, творожный, персиковый, кокосовый		Вкус: сладкий, творожный, персиковый, кокосовый		Вкус: сладкий, творожный, персиковый, кокосовый	
	Запах: выпеченного теста, творога, кокоса и ванили		Запах: выпеченного теста, творога, кокоса и ванили		Запах: выпеченного овсяного теста, творога, кокоса и ванили	
	Цвет поверхности песочного теста: золотистый или светло-коричневый; цвет ко-косового штрейзеля: слегка золотистый или бежевый		Цвет поверхности песочного теста: золотистый или светло-коричневый; цвет ко-косового штрейзеля: слегка золотистый или бежевый		Цвет поверхности песочного теста: светло-коричневый; цвет кокосового штрейзеля: слегка золотистый или бежевый	
Посторонние включения	Не допускаются					

Оптимизация направлена на улучшение показателей качества торта (вариант 2 и вариант 3). Для приготовления творожной начинки в обоих вариантах сырье пудинг с натуральной ванилью заменяется на картофельный крахмал. Он лучше связывает влагу консервированных персиков, которых нет в рецептуре сырника с маком, благодаря чему начинка быстрее густеет в духовом шкафу, время выпечки сокращается, в лучшую сторону изменяется консистенция начинки. Пропорции замены пудинга с натуральной ванилью на крахмал - один к одному (1 : 1), из-за наличия персиков. Начинка ароматизируется ванилином. Картофельный крахмал и ванилин – сырье более дешевое, чем пудинг с натуральной ванилью. Разница в цене на сырье для приготовления начинки составляет 90,16 руб. (от цены на сырье для варианта 1) для одной единицы изделия.

Практически половину от массы песочного теста составляет пшеничная мука высшего сорта, которая изготавливается из центральной части эндосперма, то есть из зерна, очищенного от зерновых оболочек, из-за чего в ней отсутствует клейковина и многие минеральные вещества [12]. В качестве ингредиента для приготовления торта по варианту 3 и замены 1/3 части пшеничной муки в составе песочного теста предлагается использовать овсяную муку. Овсяная мука содержит в составе слизистые вещества, полезные для желудочно-кишечного тракта, а также большое количество клетчатки и белков (12,3 % по массе); большую часть углеводов овсяной муки представляют полисахариды (60,1 г на 100 г сырья), которые являются энергетическим резервом организма [6]. Увеличение содержания овсяной муки в изделии из-за низкого содержания клейковины приведет к повышению крошливости теста, по этой же причине количество разрыхлителя уменьшено (таблица 1).

Сравнительный анализ трех разработанных вариантов изделия направлен на определение достигнутых изменений качества изделия и выбор варианта, наиболее подходящего для дальнейшей научно-исследовательской работы (таблицы 2-5).

Таблица 3 – Сравнение показателей пищевого состава и энергетической ценности в образцах торта, массой 100 г

Наименование продукции	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Соотношение БЖУ	Энергетическая ценность, ккал
Вариант 1	7,97±0,01	14,74±0,01	26,7±0,1	1 : 1,85 : 3,3	289,5
Вариант 2	8,04±0,01	14,89±0,01	25,9±0,1	1 : 1,85 : 3,2	288,5
Вариант 3	8,02±0,01	15,01±0,01	25,7±0,1	1 : 1,87 : 3,2	289,0

Сравнительный анализ содержания витаминов в 100 г компонентов торта приведен на рисунке 1, содержания минеральных веществ в 100 г компонентов торта – на рисунках 2 (макроэлементы) и 3 (микроэлементы), содержания незаменимых аминокислот – на рисунке 4.

Творожная начинка является самой полезной с точки зрения пищевого состава и энергетической ценности: она значительно превосходит в массовом отношении все остальные компоненты (от 69,79 до 70,1 % по массе), содержит максимальное количество белка, обладает максимальной калорийностью. Также творожная начинка содержит наибольшее количество витаминов, макроэлементов, микроэлементов, незаменимых аминокислот. Однако, компонент имеет наибольшую массовую долю общего сахара в пересчете на сухое вещество.

Таблица 4 – Сравнение показателей пищевого состава и энергетической ценности компонентов тортов

Наименование компонента продукции	Массовая доля компонента, %	Белки, в 100 г компонента, г	Массовая доля белка от общей массы белков прод., %	Жиры, в 100 г компонента, г	Массовая доля жиров от общей массы жиров прод., %	Углеводы, в 100 г компонента, г	Массовая доля углеводов от общей массы углеводов прод., %	Энергетическая ценность, ккал
Вариант 1								
Песочное тесто	17,89±0,01	9,10±0,01	20,4±0,01	17,5±0,01	21,24±0,01	44,39±0,1	29,76±0,1	363,0
Творожная начинка	70,10±0,01	7,96±0,01	70,02±0,01	7,68±0,01	36,5±0,01	21,53±0,1	56,5±0,1	215,0
Кокосовый штрейзель	12,00±0,01	6,35±0,01	9,56±0,01	51,91±0,01	42,25±0,01	30,45±0,1	13,69±0,1	613,0
Вариант 2								
Песочное тесто	18,10±0,01	9,10±0,01	20,46±0,01	17,5±0,01	21,24±0,01	44,39±0,1	30,88±0,1	363,0
Творожная начинка	69,79±0,01	8,10±0,01	69,96±0,01	7,79±0,01	36,49±0,01	20,44±0,1	54,91±0,1	213,0
Кокосовый штрейзель	12,12±0,01	6,35±0,01	9,58±0,01	51,91±0,01	42,26±0,01	30,45±0,1	14,21±0,1	613,0
Вариант 3								
Песочное тесто	17,99±0,01	9,01±0,01	20,21±0,01	18,19±0,01	21,8±0,01	43,04±0,1	30,1±0,1	366,0
Творожная начинка	69,87±0,01	8,1±0,01	70,18±0,01	7,79±0,01	36,23±0,01	20,44±0,1	55,53±0,1	213,0
Кокосовый штрейзель	12,14±0,01	6,35±0,01	9,61±0,01	51,91±0,01	41,96±0,01	30,45±0,1	14,37±0,1	613,0

Таблица 5 – Сравнение физико-химических показателей тортов

Наименование продукции	Влажность, %	Массовая доля общего сахара в пересчете на сухое вещество (по сахарозе), %	Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	Щелочность в изделиях, приготовленных на химических разрыхлителях, град., не более	Массовая доля золь, %, не более [9]
Вариант 1	45,43±2,0	30,28±2,5	27,01±1,5	1,05	0,61±0,1
Песочное тесто	25,69±2,0	13,26±1,5	23,55±1,5	5,86	-
Творожная нач.	56,84±2,0	39,46±2,5	17,79±1,5	-	-
Кокос. штрейзель	8,16±1,5	25,6±2,5	56,53±1,5	-	-
Вариант 2	46,18±2,0	31,02±2,5	27,67±1,5	1,06	0,62±0,1
Песочное тесто	25,69±2,0	13,26±1,5	23,55±1,5	5,86	-
Творожная нач.	58,09±2,0	41,24±2,5	18,58±1,5	-	-
Кокос. штрейзель	8,16±1,5	25,6±2,5	56,53±1,5	-	-
Вариант 3	46,27±2,0	31,16±2,5	27,94±1,5	0,74	0,62±0,1
Песочное тесто	26,04±2,0	13,67±1,5	24,6±1,5	4,12	-
Творожная нач.	58,09±2,0	41,24±2,5	18,58±1,5	-	-
Кокос. штрейзель	8,16±1,5	25,6±2,5	56,53±1,5	-	-

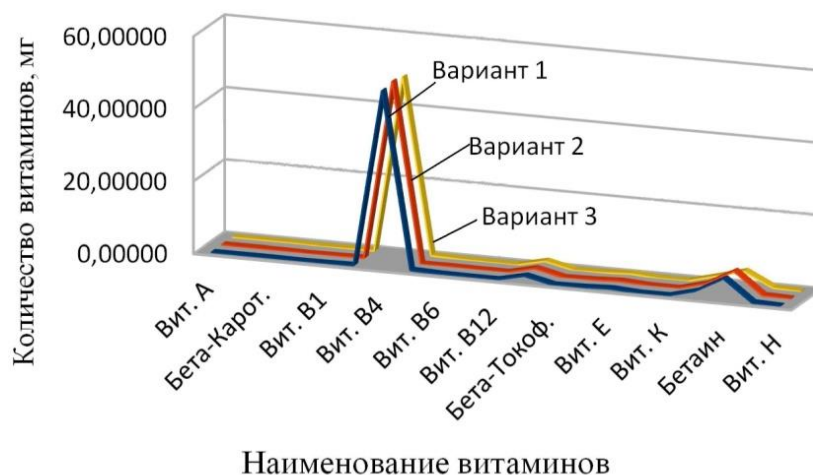


Рисунок 1 – Сравнительный анализ содержания витаминов

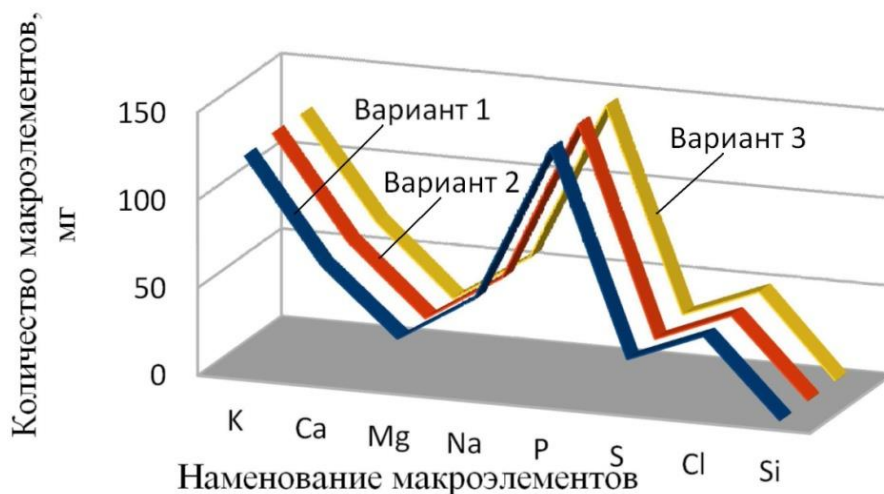


Рисунок 2 – Сравнительный анализ содержания макроэлементов

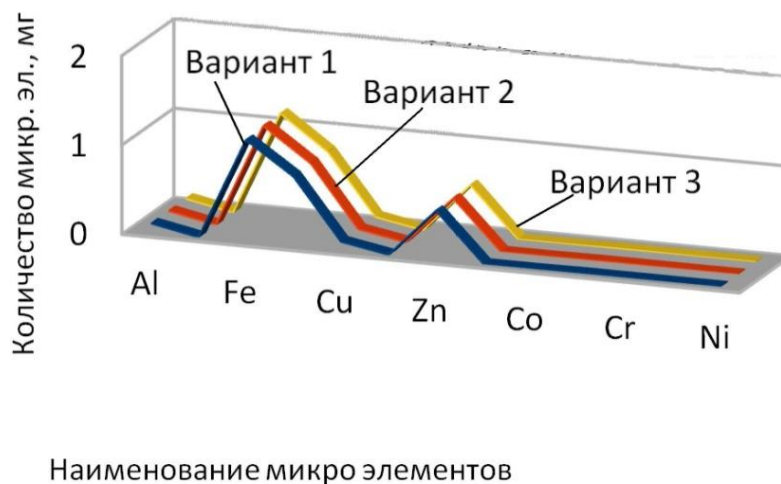


Рисунок 3 – Сравнительный анализ содержания микроэлементов

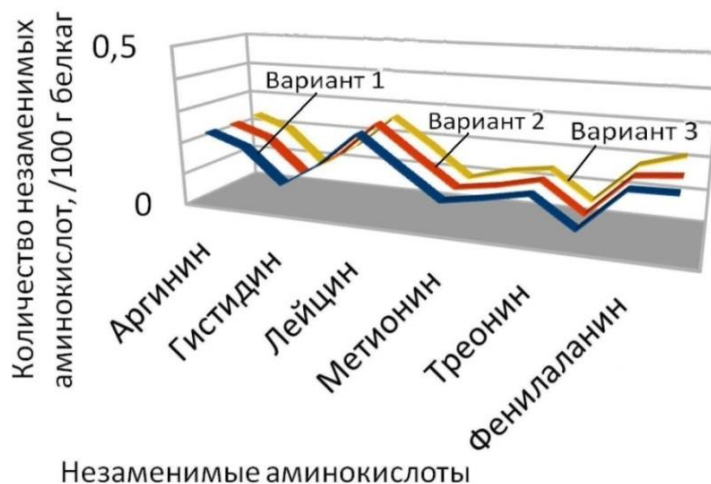


Рисунок 4 – Сравнительный анализ содержания незаменимых аминокислот

Песочное тесто содержит минимальное количество жиров среди компонентов торта и имеет минимальную калорийность, что обусловлено низкой массовой долей компонента – от 17,89 % до 18,10 %. Песочное тесто содержит наибольшее количество заменимых аминокислот, ПНЖК, полисахаридов, также значительное количество минеральных веществ; имеет наименьшую массовую долю общего сахара в пересчете на сухое вещество.

Кокосовый штрейзель обладает самой низкой массовой долей от общей массы продукции – от 12,0 до 12,14 %. Содержит максимальное количество жира, мало белков и углеводов, но при этом наибольшее количество НЖК, МНЖК, также значительное количество ПНЖК; минимальное количество усвояемых углеводов, витаминов, минеральных веществ.

Проведение сравнительного анализа компонентов торта показало, что стоимость сырья для приготовления творожной начинки в вариантах 2, 3 снизилась относительно начальной стоимости сырья в варианте 1; цена сырья для производства песочного теста в варианте 3 незначительно повысилась относительно цены в варианте 1; кокосовый штрейзель является дорогим покрытием (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнение экономических показателей торта

Наименование продукции	Стоимость сырья, руб.						
	Песочное тесто	Творожная начинка	Кокосовый штрейзель	Все изделие без начинки	1 кг сырья без начинки	1 кг сырья с начинкой	Все изделие с начинкой
Вариант 1	93,5	396	126,8	616,3	217,5	424,1	1201,6
Вариант 2	93,5	305,84	126,8	526,14	187,61	365,84	1025,96
Вариант 3	102,2	305,84	126,8	534,84	190,9	372,26	1042,8

Заключение. Приведенная рецептура обеспечивает получение трехкомпонентного кондитерского изделия – торта с оригинальными органолептическими показателями, – состоящего из песочного теста, творожной начинки и кокосового штрейзеля; высокого качества и пищевой ценности, сбалансированного по белково-жировому составу со стабильными функционально-технологическими свойствами; промышленно рентабельная. Вариант 2 оптимизации

рецептуры наиболее подходит для дальнейшей научно-исследовательской деятельности, т. к. изменяет показатели качества, характеризующие изделие, и компенсирует имеющиеся в нем недостатки, а также улучшает свойства кондитерского изделия относительно исходного варианта 1 рецептуры.

Библиографический список

1. Агзамова, Л.И. Производство мучного кондитерского изделия повышенной пищевой ценности [Текст] / Л.И. Агзамова // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 11. – С. 264-268.
2. Андалиб, А. Новые решения в кондитерском производстве [Текст] / А. Андалиб // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2005. – № 2. – С. 5-6.
3. Аpek, Т. К. Справочник технолога кондитерского производства: Технологии и рецептуры [Текст] / Т. К. Аpek, З. Н. Пашук. – СПб.: ГИОРД, 2004. – Т. 1. – 344 с.
4. Бывальцев, А. И. Практикум по курсу «Моделирование и оптимизация технологических процессов отрасли» [Текст]: учебное пособие / А. И. Бывальцев, Н. М. Дерканосова, А. А. Журавлев. – Воронеж: ВГТА, 2004. – 140 с.
5. ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. - Дата введения 2005-07-01.. - /Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации «Техэксперт». – М.: АО «Кодекс», 2018. – Режим доступа: <file:///C:/Users/777/Desktop/ГОСТ%20Р%2051074-2003.html>.
6. Корячкина, С. Я. Использование нетрадиционных видов муки в производстве мучных кондитерских изделий [Текст] / С. Я. Корячкина // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 8. – С. 90-92.
7. Лялин, В. Я. Производство творога: новые технологии [Текст] / В. Я. Лялин, А.В. Федотов // Молочная промышленность. – 2010. – №1. – С. 45.
8. Магомедов, М. Д. Экономика пищевой промышленности [Текст]: учебник / М. Д. Магомедов, А. В. Заздравных, Г. А. Афанасьева. – М.: Дашков и К, 2011. – 232 с.
9. Олейникова, А. Я. Технологические расчеты при производстве кондитерских изделий [Текст] / А. Я. Олейникова, Г. О. Магомедов, И. В. Плотнокова. – С-Пб, 2008. – 239 с.
10. Поландова, Р.Д. Технология хлеба: Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий [Текст]: учебник для вузов. В 3 ч./ Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева, Л.И. Пучкова. – СПб: ГИОРД, 2005. – Ч. 1. – 520 с.
11. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания [Текст]: справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.
12. Хосни, Р.К. Зерно и зернопереработка [Текст] / Р. К. Хосни. – СПб: Профессия, 2006. – 336 с.

Reference

1. Agzamova, L. I. Proizvodstvo muchnogo konditerskogo izdeliya povyshennoj pischevoj cennosti [Tekst] / L. I. Azgamova // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. - 2010. - № 11. - P. 264-268.
2. Andalib, A. Novye resheniya v konditerskom proizvodstve [Tekst] / A. Andalib // Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo. - 2005. - № 2. - P. 5-6.
3. Apek, T. K. Spravochnik tehnologa konditerskogo proizvodstva: Tehnologii i receptury [Tekst] / T. K. Apek, Z. N. Pashuk. - SPb.: GIORД, 2004. - T. 1. - 344 p.
4. Byval'cev, A. I. Praktikum po kursu "Modelirovanie i optimizaciya tehnologicheskikh processov otrasli" [Tekst]: uchebnoe posobie / A. I. Byval'cev, N. M. Derkanosova, A. A. Zhuravlev. - Voronezh: VGTA, 2004. - 140 p.
5. GOST R 51074-2003. Produkty pischevye. Informaciya dlya potrebitelya. Obschie trebovaniya (s Izmeneniem N 1) [Jelektronnyj resurs]. - Data vvedeniya 2005-07-01.. -- /}elektronnyj fond pravovoj i normativno-tehnicheskoy dokumentacii "Teh]kspert". - M.: AO "Kodeks", 2018. - Rezhim dostupa: <file:///C:/Users/777/Desktop/GOST%20R%2051074-2003.html>.

6. Koryachkina, S. Ya. Ispol'zovanie netradicionnyh vidov muki v proizvodstve muchnyh konditerskih izdelij [Tekst] / S. Ya. Koryachkina // Fundamental'nye issledovaniya. - 2005. - № 8. - P. 90-92.

7. Lyalin, V. Ya. Proizvodstvo tvoroga: novye tehnologii [Tekst] / V. Ya. Lyalin, A. V. Fedotov // Molochnaya promyshlennost'. - 2010. - №1. - P. 45.

8. Magomedov, M. D. Jekonomika pischevoj promyshlennosti [Tekst]: uchebnik / M. D. Magomedov, A. V. Zazdravnyh, G. A. Afanas'eva. - M.: Dashkov i K, 2011. - 232 p.

9. Olejnikova, A. Ya. Tehnologicheskie raschety pri proizvodstve konditerskih izdelij [Tekst] / A. Ya. Olejnikova, G. O. Magomedov, I. V. Plotnikova. - S-Pb, 2008. - 239 p.

10. Polandova, R. D. Tehnologiya hleba: Tehnologiya hleba, konditerskih i makaronnyh izdelij [Tekst]: uchebnik dlya vuzov. V 3 ch./ R. D. Polandova, I. V. Matveeva, L. I. Puchkova. - SPb: GIOR, 2005. - Ch. 1. - 520 p.

11. Skurihin, I. M. Tablicy himicheskogo sostava i kalorijnosti rossijskih produktov pitaniya [Tekst]: spravochnik / I. M. Skurihin, V. A. Tutel'yan. - M.: DeLi print, 2007. - 276 p.

12. Hosni, R. K. Zerno i zernopererabotka [Tekst] / R. K. Hosni. - SPb: Professiya, 2006. - 336 p.

E-mail: esvoronts@gmail.com

УДК 636.084.415

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-43

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЛЕМЕННОЙ ПТИЦЫ
КРОССА ХАЙСЕКС КОРИЧНЕВЫЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
В КОРМЛЕНИИ ПРЕМИКСОВ**

**IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF BREEDING BIRDS OF CROSS HAYSEKS
BROWN WHEN USED IN THE FEEDING OF PREMIXES**

С.В. Чехранова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.А. Дюжева², соискатель

И.А. Пономарченко¹, кандидат экономических наук, доцент

В.А. Корнилова², доктор сельскохозяйственных наук, доцент

S.V. Chekhranova¹, N.A. Dyuzheva²,

I.A. Ponomarchenko¹, V.A. Kornilova²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Самарская государственная областная академия

¹Volgograd State Agrarian University

²Samara State Regional Academy

Реализация генетического потенциала сельскохозяйственной птицы невозможна без полноценного сбалансированного кормления, которое достигается за счет введения в комбикорма премиксов. В связи с этим были проведены исследования по эффективности использования новых премиксов, разработанных на основе кормового концентрата «Горлинка», в кормлении племенных молодок и кур-несушек кросса Хайсекс коричневый в условиях СП «Светлый» (племенного репродуктора 2 порядка ЗАО «Агрофирма Восток») Светлоярского района Волгоградской области. В ходе опыта были изучены живая масса и среднесуточные приросты молодок, яичная продуктивность кур, затраты корма, а также экономическая эффективность от применения новых добавок. Среднесуточный прирост молодок контрольной группы составил 7,83 г, при этом живая масса одной молодки отмечена на уровне 1719,23 г. Среднесуточный прирост, а также живая масса молодок в опытной группе несколько превысила эти значения контрольной группы, на 3,26 и 11,62 % соответственно. Одновременно снизился (на 0,15 %) расход комбикорма в расчете на 1 кг прироста. За период проведения опыта в среднем на одну несушку яичная продуктивность в контрольной группе (322,2 шт.) оказалась на 0,81 % меньше по сравнению с опытной. Масса яиц превысила контрольные аналоги на 1,26 %, при одновременном снижении затрат корма на 1 кг яйцемассы на 2,43 % (в опытной группе по сравнению с

контрольной). В результате введения в состав комбикорма для ремонтного молодняка премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» взамен премикса на основе подсолнечного жмыха, в опытной группе был выявлен экономический эффект в размере 627,75 руб. соответственно для кур-несушек данный эффект составил 3782,2431 руб.

Realization of the genetic potential of poultry is impossible without a full balanced feeding, which is achieved through the introduction of premix in the feed. In this regard, studies were conducted on the effectiveness of the use of new premixes, developed on the basis of feed concentrate "Gorlinka", in feeding pedigree pullets and laying hens of Hisex Brown cross in the conditions of JV "Svetly" (breeding reproducer 2 orders of CJSC "Agrofirm-Vostok") Svetloyarsky district of the Volgograd region. During the experiment, we studied the live weight and average daily gains of pullets, egg productivity of chickens, feed costs, as well as economic efficiency from the use of new additives. The average daily gain of pullets in the control group was 7.83 g, while the live weight of the pullet was marked at 1kg 719.23g. The average daily gain, as well as the live weight of the pullets in the experimental group slightly exceeded these values of the control group, by 3.26 and 11.62%, respectively. At the same time, the feed consumption per 1 kg of increase has decreased (by 0.15%). During the period of the experiment, on average one hen egg productivity in the control group (322.2 pieces) was 0.81% lower compared to the experimental one. The weight of eggs exceeded the control analogues by 1.26%, while reducing the cost of feed per 1 kg of egg mass by 2.43% (in the experimental group compared to the control). As a result of the introduction of feed for repairing youngsters of premix based on mustard protein-containing feed concentrate "Gorlinka" instead of premix based on sunflower oil cake, in the experimental group the economic effect was found in the amount of 627.75 rubles. Accordingly, for laying hens this effect was 3782,2431 rub.

Ключевые слова: премиксы, концентрат «Горлинка», племенная птица, ремонтный молодняк, куры-несушки, продуктивность кур-несушек.

Key words: premixes, concentrate «Gorlinka», breeding poultry, young stock, herd replacements laying hens, productivity of laying hens.

Введение. Птицеводство – более наукоемкая и оживленная ветвь агропромышленного комплекса. Получение наибольшей эффективности и снижение себестоимости продукции птицеводства – вот ключевые проблемы, которые устанавливаются перед самими птицеводами [11, 9].

В наше время ограниченность кормовых ресурсов – это главная проблема развития птицеводства. Отсутствие кормов и повышение их стоимости вызывают необходимость дальнейшего поиска возможностей увеличения биологических ценностей кормов [7, 9].

Актуальным направлением на сегодняшний день в животноводстве и птицеводстве является разработка кормовых добавок нового поколения и кормовых средств с использованием местного вторичного сырья перерабатывающих отраслей АПК для сельскохозяйственных животных и птицы [1, 12].

В минувшие года в Нижнем Поволжье стремительно развивается маслоперерабатывающая индустрия, второстепенными концентратными продуктами которой считаются жмыхи и шроты [8, 4, 10].

Поэтому, наши исследования, которые были направлены на изучение эффективности применения новейших премиксов, разработанных на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» в рационах племенной птицы кросса Хайсекс коричневый, актуальны.

Цель исследования – повышение выхода инкубационных яиц и улучшения их качественных характеристик при скормливании премикса с наполнителем, полученным из обезвреженного горчичного жмыха (концентрат «Горлинка»), в составе комбикорма для племенной птицы кросса Хайсекс коричневый.

Материалы и методы. Научные исследования были проведены в условиях племенного репродуктора 2 порядка ЗАО «Агрофирма Восток» (СП «Светлый») Светлоярского района Волгоградской области. Объектом исследований являлись племенной ремонтный молодняк и куры-несушки кросса Хайсекс коричневый. Технологические параметры содержания племенного ремонтного молодняка и кур-несушек, питательность комбикормов соответствовала рекомендациям ВНИТИП. Подсолнечный жмых и горчичный белоксодержащий кормовой концентрат «Горлинка» отвечают основным требованиям, предъявляемым к наполнителям премиксов. Первый этап опыта был проведен по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта на молодках (1 этап)

Группа	Контрольная	Опытная
Количество голов	200	200
Продолжительность опыта, нед.	17	17
Особенности кормления	ОР + премикс П1-2	ОР + премикс П1-2Г

Рационы для подопытной птицы были составлены, учитывая возраст и физиологическое состояние птицы, а также условия содержания. Комбикорма были сбалансированы на основании фактических данных химического анализа кормов по нормируемым питательным веществам.

В период исследований в 1 этапе рацион ремонтного молодняка контрольной группы состоял из комбикорма, в состав которого входил премикс на основе подсолнечного жмыха (П1-2), а рацион ремонтного молодняка опытной группы – из комбикорма с премиксом на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» (П1-2Г).

Второй этап опыта проводился на племенной птице кросса Хайсекс коричневый.

Для проведения второго этапа исследований из подопытного ремонтного молодняка сформировали две группы племенной птицы (таблица 2).

Таблица 2 – Схема опыта на курах-несушках (2 этап)

Группа	Контрольная	Опытная
Количество голов	120	120
Продолжительность опыта, нед.	52	52
Особенности кормления	ОР + премикс П1-1	ОР + премикс П1-1Г

Комбикорма для кур-несушек были составлены с учетом требований к кроссу Хайсекс коричневый. Разница в особенностях кормления состояла в применении премиксов: в контрольной группе – премикс с наполнителем в виде подсолнечного жмыха, а в опытной – премикс, разработанный на основе концентрата «Горлинка».

Отличие заключалось в применении премиксов: для контрольной группы премикс на основе жмыха подсолнечного (П1-1), а для опытной группы – на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» (П1-1Г).

Результаты и обсуждение. На рост ремонтного молодняка (динамика живой массы) оказывают влияние как генетические, так и фенотипические факторы [3, 5].

Исходя из изменения живой массы на протяжении всего периода исследований, а также по среднесуточному приросту проводили оценку результатов роста подопытных молодок при использовании в составе комбикорма премикса на основе обезвреженного горчичного жмыха взамен премикса, применяемого в основном рационе в условиях данного предприятия (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика живой массы ремонтного молодняка

Возраст птицы, дн.		суточные	1-30	31-60	61-90	91-120	121-150
контрольная	Живая масса к концу недели, г	40,31	299,3 ± 5,03	719,61 ± 10,94	1044,63 ± 24,86	1484,23 ± 30,76	1719,23 ± 36,24
	Среднесуточный прирост, г		8,63 ± 0,27	14,01 ± 0,31	10,83 ± 0,37	14,65 ± 0,42	7,83 ± 0,28
опытная	Живая масса к концу недели, г	40,57	302,26 ± 5,32	729,22 ± 11,47	1067,04 ± 25,51	1513,16 ± 32,08	1775,25 ± 36,83
	Среднесуточный прирост, г		8,72 ± 0,28	14,23± 0,32	11,26± 0,35	14,87 ± 0,39	8,74 ± 0,25

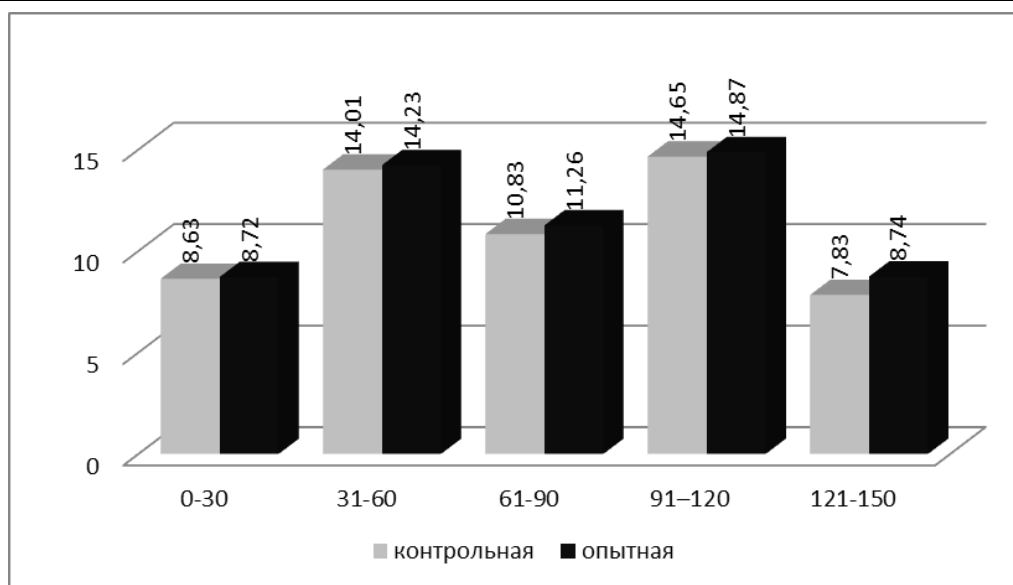


Рисунок 1 – Динамика среднесуточных приростов молодок

К 150-дневному возрасту по результатам взвешивания подопытных ремонтных молодок живая масса в контрольной группе находилась на уровне 1719,23 г, при этом среднесуточный прирост составил 7,83 г. В опытной группе данные показатели были несколько выше, по живой массе превышение составило 3,26 % (1775,25 г), по среднесуточному приросту – 11,62 % (8,74 г) (рисунок 1).

Важнейшими показателями, характеризующими экономическую эффективность производства, является продуктивность птицы: яйценоскость кур и среднесуточный прирост живой массы молодок, затраты кормов и труда на 1 тыс. яиц и 1 ц прироста, прибыль от реализации продукции птицеводства, данные расчеты приведены в таблице 4.

По результатам таблицы 4 можно сделать вывод, что применение премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» способствует повышению сохранности племенного ремонтного молодняка кросса Хайсекс коричневый на 0,5 %, по сравнению с контрольной группой по цене реализации 1 кг комбикорма за 9,12 рублей, что ниже контрольной на 0,09 рублей. При этом стоимость израсходованных комбикормов составила 16206,42 рубля, что ниже опытной группы на 8,98 рублей. Затраты кормов на 1 кг прироста ремонтного молодняка в контрольной группе были ниже, чем в контрольной группе на 3,73 %. Это позволило получить дополнительный чистый доход за счет экономии затрат на комбикорма на 1 кг прироста 1,86 рублей. А экономический эффект по группе в период опыта достиг 627,75 рублей.

Таблица 4 – Экономическая эффективность использования премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Кол-во животных в группе:	200	200
Сохранность, %	96,5	97,0
Затраты комбикорма на группу, кг	1760,63	1777,02
Цена реализации 1 кг комбикорма, руб.	9,21	9,12
Стоимость израсходованных комбикормов, руб	16215,40	16206,42
Затраты кормов на 1 кг прироста, руб.	49,92	48,06
Дополнительный чистый доход за счет экономии затрат на комбикорма на 1 кг прироста, руб.		1,86
Экономический эффект по группе в период опыта, руб.		627,75

Товарная продукция в яичном птицеводстве определяется количеством снесенных яиц и их массой. Яйценоскость неразрывно связана с развитием и физиологическим состоянием органов размножения несушек, а также зависит от интенсивности обменных процессов в организме кур [6].

Для поддержания продуктивности кур-несушек необходимо получение сбалансированных полноценных высококачественных кормов. Любые нарушения в условиях кормления и содержания высокопродуктивной птицы могут привести к снижению уровня яичной продуктивности [2].

В ходе исследований, проведенных на племенных курах-несушках кросса Хайсекс коричневый, было установлено, что применение премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» взамен премикса на основе подсолнечного жмыха, способствовало повышению валового производства яиц (таблица 5).

Таблица 5 – Яичная продуктивность кур-несушек

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Общее количество кур, гол.	120	120
Получено яиц всего, шт.	39864	40188
на несушку	332,2	334,9
Средняя масса яиц, г	61,97±1,87	62,75±2,04
Получено яичной массы, кг	2470,37	2521,80

Как видно из данных таблицы 5, на среднюю несушку было получено 332,2 штук яиц в контрольной группе, а в опытной группе, куры которой получали премикс на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка», было получено 334,9 штук яиц. Данный показатель опытной группы превышает контрольную группу на 0,81 %. Наблюдалось повышение средней массы яиц от кур опытной группы на 1,26 %. При этом за опыт от племенной птицы, получавшей основной рацион с премиксом на основе подсолнечного жмыха, было получено 2470,37 кг яичной массы. Этот показатель был выше на 2,10 % в пользу кур опытной группы и составил 2521,80 кг.

Затраты комбикорма на единицу продукции, в частности на десяток яиц, является немаловажным показателем при оценивании яичной продуктивности (таблица 6).

Таблица 6 – Затраты корма на десяток яиц

Показатель	Затраты корма, кг: всего	на 1 кг яйцемассы	на 10 яиц
Контрольная	5222,18	2,11	1,31
Опытная	5184,25	2,06	1,29

Установлено, что при включении в комбикорм для племенной птицы кросса Хайсекс коричневый премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» затраты корма в целом по группе были ниже на 37,93 кг за период опыта. При этом при расчете затрат корма на 1 кг яйцемассы были получены следующие результаты: 2,11 кг в контрольной группе против 2,06 в опытной группе, что оказалось ниже на контроля на 0,05 кг. При этом на десяток затраты комбикорма были меньше в опытной группе на 0,02 кг, т.е. 1,29 кг в опытной группе, 1,31 кг – в контрольной группе.

Применение премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» способствует повышению валового производства яиц на 324 шт. или 0,81 % по сравнению с контрольной группой. Благодаря этому яйценоскость на среднюю несушку составила 334,9 шт., что больше контроля на 2,7 шт. Из-за меньшей цены комбикорма в опытной группе, стоимость израсходованных комбикормов за весь период опыта была ниже контрольной на 1,81 %. Благодаря этому, дополнительный чистый доход за счет экономии затрат на комбикорма составил 866,24 рубля. При средней реализации стоимости 1000 шт. инкубационных яиц 9000 рублей, валовой доход опытной группы был выше контроля на 0,81 %, что позволило получить дополнительный чистый доход от реализации яиц 2916 рублей. А экономический эффект за счет использования премикса составил 3782,24 рублей.

Заключение. Таким образом, введение в комбикорм для племенной птицы кросса Хайсекс коричневый премикса на основе горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка», способствовало увеличению: среднесуточных привесов племенного ремонтного молодняка кросса Хайсекс коричневый на 11,62 %, яйценоскости на среднюю несушку – на 0,81 %, массы яйца – на 1,26 %, а также снижению затрат корма на 10 яиц на 2,43 %.

Для повышения эффективности производства инкубационного яйца племенной птицей кросса Хайсекс коричневый рекомендуем вводить в состав комбикорма премикс П1-2Г, наполнителем которого является горчичный белоксодержащий кормовой концентрат «Горлинка» в количестве 1 % от массы основного рациона.

Библиографический список

1. Азимов, Д. С. Биологически активные добавки в комбикормах мясных кур [Текст]/ Д. С. Азимов // Птицеводство. – 2014. – № 11. – С. 13-14.
2. Влияние комплекса водорастворимого и жирорастворимого антиоксидантов на продуктивность кур-несушек родительского стада и инкубационные качества яиц [Текст]/ В.А. Галочкин, Г.И. Боряев, Е.В. Здравьева и др. // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2013. – № 3. – С. 80-86.
3. Дарьин, А.И. Природный премикс и сорбент в кормлении животных и птицы [Текст]/ А.И. Дарьин, Н.Н. Кердяшов // Нива Поволжья. – 2017. – № 3 (44). – С. 21-27.
4. Использование продуктов переработки семян масличных культур в качестве наполнителя премиксов для коров [Текст]/ С.В. Чехранова, С.И. Николаев, Г.В. Волколупов и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – Т.40. – № 4. – С. 103-111.
5. Казарян, Р.В. Влияние полифункциональной кормовой добавки «Тетра+» на улучшение прижизненного состояния здоровья кур и их продуктивность [Текст]/ Р.В. Казарян, А.А. Фабрицкая, П.В. Мирошниченко // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – №3. – С. 100-103.
6. Лазько, М.В. Яичная продуктивность кур-несушек кросса «Хайсекс Браун» при использовании кормовых добавок премикс витаминно-минеральный и БВМК (на примере ГП АО СХП Птицефабрика «Степная» Наримановского района Астраханской области) [Текст]/ М.В. Лазько, А.С. Дулина, О.В. Удалова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4 (30). – С. 112-116.

7. Минеральный премикс на основе L-аспарагинатов микроэлементов [Текст]/ Е.Н. Андрианова, А.П. Гуменюк, Д.С. Воронин и др. // Птицеводство. – 2011. – № 3. – С. 16-19.
8. Продукт технического производства в качестве наполнителя для БВМК [Текст]/ Г.В. Волколупов, С.В. Чехранова, А.К. Карапетян и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – Т.43. – № 3. – С. 135-141.
9. Экологические подходы к оптимизации минерального питания молодняка кур [Текст]/ К.Р. Бабухадия, С.Н. Кочегаров, Т.А. Краснощекова и др. // Зоотехния. – 2012. – №9. – С. 13.
10. Poultry Product Manufacturing Using By-Products of Fat-and-Oil Industry / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, V. V. Shkalenko, M. V. Zabelina, M. V. Struk // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – № 8 – P. 1902-1905.
11. Solomon, S. E. Structural and physical changes in the hen,s eggshell in response to the inclusion of dietary organic minerals / S. E. Solomon, M. M. Bain // British poultry science. – 2012. – Т. 53. – N 3. – P. 343-350.
12. Tsyurik, A. V. Physiological biochemical analysis of the vitamin mineral additive application for raising of laying hens productive indicators / A. V. Tsyurik // Proceedings 6th International Conference on the "Quality and safety in food production chain" (26-27 June 2014). – Wrocław: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, 2014.– С 167.

Reference

1. Azimov, D. S. Biologicheski aktivnye dobavki v kombikormah myasnyh kur [Текст]/ D. S. Azimov // Pticvodstvo. - 2014. - № 11. - P. 13-14.
2. Vliyanie kompleksa vodorastvorimogo i zhirorastvorimogo antioksidantov na produktivnost' kur-nesushek roditel'skogo stada i inkubacionnye kachestva yaic [Текст]/ V. A. Galochkin, G. I. Boryaev, E. V. Zdorov'eva i dr. // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh. - 2013. - № 3. - P. 80-86.
3. Dar'in, A. I. Prirodnyj premiks i sorbent v kormlenii zhivotnyh i pticy [Текст]/ A. I. Dar'in, N. N. Kerdyashov // Niva Povolzh'ya. - 2017. - № 3 (44). - P. 21-27.
4. Ispol'zovanie produktov pererabotki semyan maslichnyh kul'tur v kachestve napolnitelya premiksov dlya korov [Текст]/ S. V. Chehranova, S. I. Nikolaev, G. V. Volkolupov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - Т.40. - № 4. - P. 103-111.
5. Kazaryan, R. V. Vliyanie polifunkcional'noj kormovoj dobavki "Tetra+" na uluchshenie prizhiznennogo sostoyaniya zdorov'ya kur i ih produktivnost' [Текст]/ R. V. Kazaryan, A. A. Fabrickaya, P. V. Miroshnichenko // Vestnik APK Stavropol'ya. - 2015. - №3. - P. 100-103.
6. Laz'ko, M. V. Yaichnaya produktivnost' kur-nesushek krossa "Hajseks Braun" pri ispol'zovanii kormovyh dobavok premiks vitaminno-mineral'nyj i BVMK (na primere GP AO SXP Pticefabrika "Stepnaya" Narimanovskogo rajona Astrahanskoj oblasti) [Текст]/ M. V. Laz'ko, A. S. Dulina, O. V. Udalova // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - № 4 (30). - P. 112-116.
7. Mineral'nyj premiks na osnove L-asparaginatov mikro]elementov [Текст]/ E. N. Andrianova, A. P. Gumenyuk, D. S. Voronin i dr. // Pticvodstvo. - 2011. - № 3. - P. 16-19.
8. Produkt tehničeskogo proizvodstva v kachestve napolnitelya dlya BVMK [Текст]/ G. V. Volkolupov, S. V. Chehranova, A. K. Karapetyan i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - Т.43. - № 3. - P. 135-141.
9. Jekologicheskie podhody k optimizacii mineral'nogo pitaniya molodnyaka kur [Текст]/ K. R. Babuhadiya, S. N. Kochegarov, T. A. Krasnoschekova i dr. // Zootehniya. - 2012. - №9. - P. 13.
10. Poultry Product Manufacturing Using By-Products of Fat-and-Oil Industry / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, V. V. Shkalenko, M. V. Zabelina, M. V. Struk // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. - 2018. - № 8 - P. 1902-1905.

11. Solomon, S. E. Structural and physical changes in the hen's eggshell in response to the inclusion of dietary organic minerals / S. E. Solomon, M. M. Bain // British poultry science. - 2012. - Т. 53. - N 3. - P. 343-350.

12. Tsyurik, A. V. Physiological biochemical analysis of the vitamin mineral additive application for raising of laying hens productive indicators / A. V. Tsyurik // Proceedings 6th International Conference on the "Quality and safety in food production chain" (26-27 June 2014). - Wroclaw: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wroclawiu, 2014. - P. 167.

E-mail: schekhranova@mail.ru

УДК 636.5.034.087.72

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-44

ВЛИЯНИЕ БАД «ЭЛЬТОН» НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛЕМЕННОЙ ПТИЦЫ КРОССА ХАЙСЕКС КОРИЧНЕВЫЙ

THE INFLUENCE OF THE BAD «ELTON» ON THE HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF BREEDING BIRDS CROSS HAJSEKS BROWN

В.В. Шкаленко, доктор биологических наук, профессор

М.А. Рябова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.Г. Тюбина, преподаватель

О.Е. Карнаухова, ассистент

V.V. Shkalenko, M.A. Ryabova, A.G. Tubina, O.E. Karnauhova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

В статье рассмотрены результаты применения экологически чистой природной биологически активной добавки «Эльтон» в кормлении племенной птицы кросса Хайсекс коричневый. Гематологические показатели подопытной птицы всех групп находились в пределах физиологической нормы и соответствовали референтным величинам для кур яичных направлений. Отмечено незначительное увеличение количества эритроцитов в опытных группах на $0,22...0,52 \times 10^{12}/л$; концентрация гемоглобина у птицы опытных групп была выше на $0,66...2,30 г/л$; концентрация лейкоцитов опытных групп была ниже на $0,12...2,12 \times 10^9 л$. В крови кур-несушек опытных групп за счет использования в рационе БАД «Эльтон» повысился уровень общего белка на $2,58...4,12 г/л$. Установлено, что в сыворотке крови опытных групп кур-несушек увеличилась концентрация кальция на $0,19...0,40 ммоль/л$. Концентрация фосфора в сыворотке крови была выше на $0,08...0,19 ммоль/л$. Эти данные свидетельствуют о нормальной функциональной деятельности органов кроветворения и иммунной системы и указывают на достаточную адаптацию организма подопытной птицы к изменяющимся условиям кормления, а именно к добавлению разных уровней ввода БАД «Эльтон» к основному рациону.

The article describes the results of the use of environmentally friendly natural biologically active additives "Elton" in the feeding of breeding birds cross Highsex brown. Hematological indicators of laying hens of experimental groups were within physiological norm and corresponded to reference values for hens of egg directions. There was a slight increase in the number of erythrocytes in the experimental groups on $0,22-0,52 \times 10^{12}/l$; the concentration of hemoglobin in laying hens of the experimental groups was higher by $0.66-2.30 g/l$; the concentration of leukocytes of the experimental groups was lower by $0.12-2.12 \times 10^9 l$. In the blood of laying hens of the experimental groups due to the use of diet BAA "Elton" increased level of total protein by $2.58-4.12 g/l$. Established in blood serum of experimental groups of laying hens increased calcium concentration by $0.19-0.40 mmol/L$. the Concentration of phosphorus in serum was higher by 0.08 and $0.19 mmol/L$. These data suggest a normal functional activity of the organs of hematopoiesis and immune system, and indicate an adequate adaptation of laying hens to varying feeding conditions namely the addition of different levels of input BAA "Elton" to the basic diet.

Ключевые слова: кормление племенной птицы, биологически активные добавки, куры-несушки, гематологические показатели крови кур, БАД «Эльтон», кросс Хайсекс коричневый.

Key words: feeding, biologically active additive, laying hens, hematological indices, biologically active additives «Elton», cross Hisex brown.

Введение. Одной из важнейших составляющих российской экономики является агропромышленный комплекс. Он занимает особое место во всем народном хозяйстве. Птицеводство и животноводство играют важную роль в решении глобальной продовольственной проблемы [7, 10].

Учитывая, что в структуре себестоимости птицеводческой продукции доля затрат на корма составляет около 70 %, оптимизация этой статьи затрат является актуальной проблемой [3, 4].

Обеспечение населения страны качественными и конкурентоспособными продуктами питания, такими как яйца и мясо птицы, является важной проблемой для отрасли животноводства. Более эффективным решением данной проблемы в настоящее время считается обогащение кормов биологически активными добавками.

В связи с этим представляется перспективным применение в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы биологически активных добавок на основе кудюритов. Это позволит более эффективно использовать природные ресурсы региона и постепенно снизить затраты кормов на производство продукции животноводства [2, 6, 9].

Освоение и использование природных ресурсов Волгоградской области является одним из важнейших направлений стратегии развития региона, способствующим стабилизации социально-экономического развития, обеспечению экономической и продовольственной безопасности области [8, 11].

В связи этим считаем особенно важным изучение биологически активной добавки на основе грязи озера «Эльтон», разработку норм и способов ее применения в птицеводстве и животноводстве.

Цель работы — разработать нормы ввода в рацион племенной птицы кросса Хайсекс коричневый и внедрить в производство птицеводческой продукции биологически активную добавку «Эльтон».

Материалы и методы. Исследования по изучению использования в кормлении племенной птицы кросса Хайсекс коричневый проводились на крупнейшем представителе птицеводческой отрасли в ЮФО Племенном репродукторе 2 порядка ЗАО «Агрофирма «Восток» (СП «Светлый»). В качестве добавки в корм птице использовали БАД «Эльтон», месторождение Палласовский район Волгоградской области.

По содержанию минеральных веществ БАД «Эльтон» состоит из следующих компонентов: м.д. железа 15971,9 мг/кг; м.д. меди 13,7 мг/кг; м.д. марганца 1722,9 мг/кг; м.д. свинца 2,35 мг/кг; м.д. кадмия 0,04 мг/кг; м.д. ртути 0,004 мг/кг; м.д. мышьяка 0,576 мг/кг; м.д. никеля 11,31 мг/кг; м.д. хрома 10,49 мг/кг; м.д. кобальта 2,44 мг/кг; м.д. калия 3724,89 мг/кг; м.д. магния 27705,01 мг/кг; м.д. цинка 44,1 мг/кг; м.д. натрия 2,1 %; м.д. кальция 4,0 %; м.д. фосфора 0,04 %.

Химический состав комбикормов для подопытной птицы в разные периоды выращивания соответствовал требованиям к комбикорму для кросса Хайсекс коричневый, рекомендациям ВНИТИП и руководству по работе с птицей кросса «Хайсекс Браун» ОАО ППЗ «Свердловский».

Содержание племенной птицы кросса Хайсекс коричневый было групповым в двухярусных клеточных батареях фирмы «BigDutchman».

Было сформировано 4 группы (контрольная и 3 – опытные), в 17-ти недельном возрасте, по 60 голов в каждой. Опыт проводился в течение 53 недель. Куры-несушки в подопытные группы подбирались по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы. Отличие в кормлении опытных групп от контрольной группы, состояло в том, что в основной рацион опытных групп дополнительно вводили БАД «Эльтон» в количестве 2,0; 4,0 и 6,0 % соответственно 1, 2 и 3 опытным группам.

Результаты и обсуждение. Исследованию крови, сыворотки и плазмы придается большое значение как при промышленном ведении птицеводства, так и при изучении отдельных групп и особей [1, 5].

В справочнике клинико-биохимических показателей животных (2000) приведены референтные величины содержания гемоглобина и эритроцитов у разных видов домашних птиц. Так, у кур гемоглобин и эритроциты должны быть в пределах 80...120 г/л и $3-4 \times 10^{12}/л$ соответственно. Содержание эритроцитов и гемоглобина в крови зависит и от направления продуктивности сельскохозяйственной птицы. Так, содержание эритроцитов и гемоглобина у яичных кур должно быть в пределах $1,86...3,24 \times 10^{12}/л$; 95,4...98,2 г/л.

Образцы крови для исследований у птицы брали на 52-й неделе жизни кур-несушек. В крови каждой группы птиц ($n=5$) исследовали морфологические показатели периферической крови: количество эритроцитов ($10^{12}/л$), лейкоцитов ($10^9/л$) и гемоглобин (г/л).

Гематологические показатели крови птицы подопытных групп находились в пределах физиологической нормы и соответствовали референтным величинам для кур яичных направлений. Морфологические показатели периферической крови подопытной племенной птицы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Морфологические показатели крови кур-несушек, ($M \pm m$)

Группа	Показатель		
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Лейкоциты, $10^9/л$	Гемоглобин, г/л
Контрольная	$2,77 \pm 0,03$	$29,71 \pm 0,78$	$95,87 \pm 2,17$
1 опытная	$2,99 \pm 0,04^{***}$	$29,59 \pm 0,75$	$96,53 \pm 1,56$
2 опытная	$3,29 \pm 0,02^{***}$	$27,59 \pm 0,91$	$98,17 \pm 2,11$
3 опытная	$3,15 \pm 0,05^{***}$	$28,33 \pm 0,69$	$97,01 \pm 2,48$

По данным, полученным в ходе гематологических исследований, отмечено увеличение количества эритроцитов в опытных группах по сравнению с контрольной группой: в 1 опытной группе на $0,22 \times 10^{12}/л$, во 2 опытной группе – на $0,52 \times 10^{12}/л$ и 3 опытной группе – на $0,38 \times 10^{12}/л$ по сравнению с контрольной группой, где данный показатель составил $2,77 \times 10^{12}/л$ (рисунок 1).

Данные исследований свидетельствуют о нормальной функциональной деятельности органов кроветворения и иммунной системы и указывают на достаточную адаптацию организма подопытной племенной птицы к изменяющимся условиям кормления, а именно к добавлению разных уровней ввода БАД «Эльтон» к основному рациону, предусмотренному технологией.

Концентрация гемоглобина у кур-несушек 1 опытной группы составила 96,53 г/л, что на 0,66 г/л выше, чем в контрольной группе, во 2 опытной группе – 98,17 г/л, что на 2,30 г/л, выше, чем в контрольной группе, и в 3 опытной – 97,01 г/л, что на 1,14 г/л выше, чем в контрольной группе (рисунок 2).

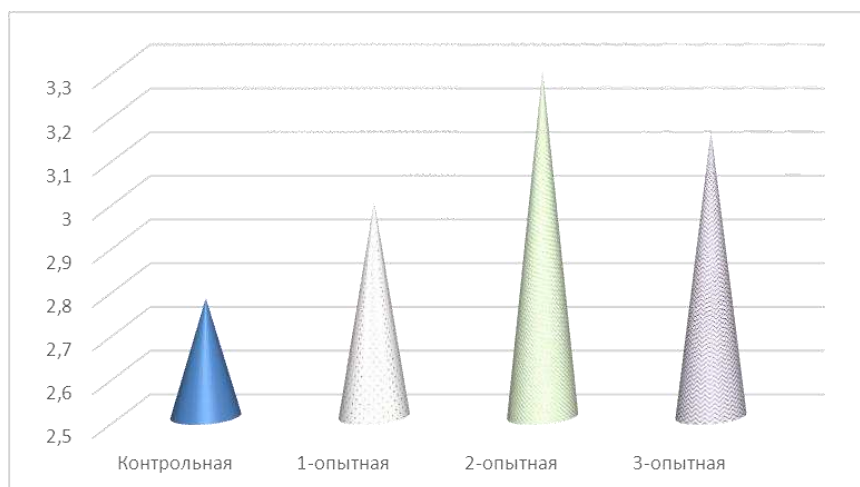


Рисунок 1 – Содержание эритроцитов в крови кур-несушек, $10^{12}/л$

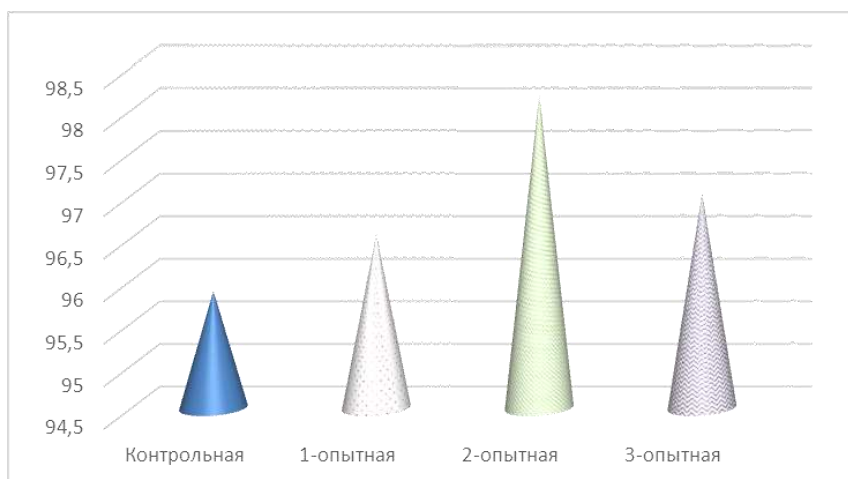


Рисунок 2– Содержание гемоглобина в крови кур-несушек, г/л

Концентрация лейкоцитов у кур-несушек 1 опытной группы составила $29,59 \times 10^9$ л, что на $0,12 \times 10^9$ л ниже, чем в контрольной группе, во 2 опытной группе – $27,59 \times 10^9$ л, что на $2,12 \times 10^9$ л, ниже, чем в контрольной группе, и в 3 опытной – $28,33 \times 10^9$ л, что на $1,38 \times 10^9$ л ниже, чем в контрольной группе. В контрольной группе этот показатель составил $29,71 \times 10^9$ л (рисунок 3).

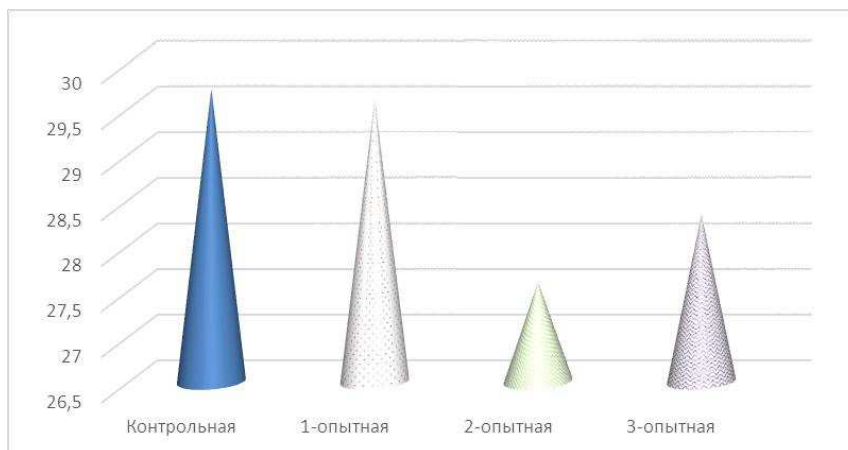


Рисунок 3 – Содержание лейкоцитов в крови кур-несушек, 10^9 л

Таблица 2 – Биохимические показатели крови кур-несушек, ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Общий белок, г/л	48,77 $\pm$ 1,68	51,35 $\pm$ 1,76	52,89 $\pm$ 1,63	51,87 $\pm$ 1,79
Альбумин, г/л	18,11 $\pm$ 0,53	19,56 $\pm$ 0,47	21,27 $\pm$ 0,56	19,49 $\pm$ 1,17
Глобулин, г/л	31,63 $\pm$ 0,17	32,76 $\pm$ 0,11	33,62 $\pm$ 0,19	33,21 $\pm$ 0,11
Глюкоза, ммоль/л	13,98 $\pm$ 0,62	14,42 $\pm$ 0,63	15,25 $\pm$ 0,56	14,69 $\pm$ 0,43
Кальций, ммоль/л	2,49 $\pm$ 0,07	2,68 $\pm$ 0,07	2,89 $\pm$ 0,11	2,71 $\pm$ 0,07
Фосфор, ммоль/л	1,39 $\pm$ 0,06	1,47 $\pm$ 0,05	1,58 $\pm$ 0,13	1,51 $\pm$ 0,07
Холестерин ммоль/л	3,16 $\pm$ 0,09	3,13 $\pm$ 0,11	3,11 $\pm$ 0,13	3,12 $\pm$ 0,13

Из таблицы 2 видно, что в крови племенной птицы опытных групп за счет использования биологически активной добавки «Эльтон» в комбикорме повысился уровень общего белка, так, в 1 опытной группе данный показатель составил 51,35 г/л, во 2 опытной группе – 52,89 г/л, и в 3 опытной – 51,87 г/л, что выше, чем в контрольной группе соответственно на 2,58 г/л, 4,12 г/л и 3,1 г/л (рисунок 4).

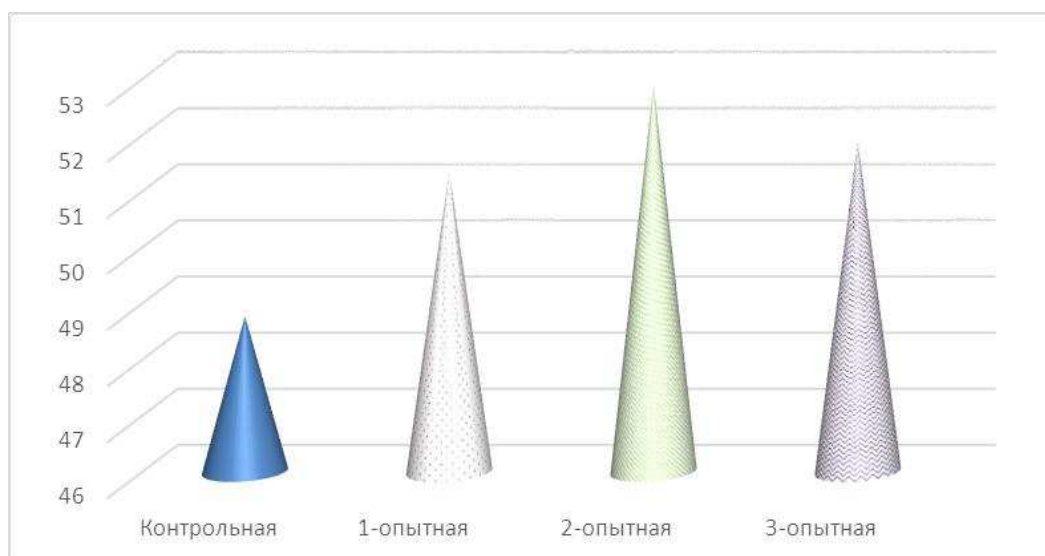


Рисунок 4 – Содержание общего белка в крови кур-несушек, г/л

Установлено, что в сыворотке крови племенной птицы опытных групп увеличилась концентрация кальция, так, в 1-опытной группе она составила 2,68 ммоль/л, что на 0,19 ммоль/л выше, чем в контрольной группе; во 2-опытной группе – 2,89 ммоль/л, что на 0,40 ммоль/л выше, чем в контрольной группе и в 3-опытной – 2,71 ммоль/л, что на 0,22 ммоль/л выше, чем в контрольной группе. В контрольной группе содержание кальция в сыворотке крови составило 2,49 ммоль/л.

Также установлено, что концентрация фосфора в сыворотке крови племенной птицы в 1-опытной группе составила 1,47 ммоль/л, что на 0,08 ммоль/л выше, чем в контрольной группе; во 2-опытной группе – 1,58 ммоль/л, что на 0,19 ммоль/л выше, чем в контрольной группе и в 3-опытной – 1,51 ммоль/л, что на 0,12 ммоль/л выше, чем в контрольной группе. В контрольной группе содержание фосфора в сыворотке крови составило 1,39 ммоль/л.

Заключение. На основании полученных данных исследований по изучению гематологических показателей подопытной племенной птицы можно сделать вывод, что БАД «Эльтон», применяемая в рационах племенной птицы кросса Хайсекс коричне-

вый, не оказала отрицательного влияния на гематологические показатели. Все показатели соответствовали физиологической норме. Стоит отметить, что исследуемая БАД «Эльтон» способствует ускорению обменных процессов и создает положительную динамику в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в организме, что, в свою очередь, оказывает значительное влияние как на количественные, так и на качественные показатели получаемой продукции.

Библиографический список

1. Биологически активная добавка «Эльтон» в кормлении кур-несушек Хайсекс коричневый [Текст]/ С.И. Николаев, А.Н. Струк, А.Г. Найдова и др.// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3 (47). – С. 136-141.
2. Бобылева, Г.А. Пути повышения эффективности производства яиц и яйцепродуктов в России [Текст]/ Г.А. Бобылева // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 4. – С. 22-25.
3. Влияние различной структуры рациона на продуктивность кур [Текст]/ О.Е. Кротова, А.К. Карапетян, С.И. Николаев и др.// Главный зоотехник. – 2013. – № 4. – С. 40-44.
4. Закржевская, К.С. Особенности обмена холестерина в организме кур-несушек [Текст] / К.С. Закржевская, М.А. Дерхо, Т.И. Середа // Новая наука: теоретический и практический взгляд. – 2015. – №. 5-3. – С. 11-13.
5. Использование сорго сорта «Камышинское 75» в кормлении кур родительского стада [Текст]/ С.И. Николаев, А.Н. Струк, А.К. Карапетян и др.// Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции / Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2018. – Том 1. – С. 262-266.
6. Ланцева, Н.Н. Экспериментальное обоснование механизма действия высококремнистых минеральных комплексов-кудюритов в птицеводстве [Текст] : монография / Н.Н. Ланцева, К.Я. Мотовилов, А.Н. Швыдков; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. –187 с.
7. Овчинников, А.С. Технология добычи и использования сапропелей в земледелии Нижнего Поволжья [Текст]/ А.С. Овчинников // Освоение и использование природных ресурсов Волгоградской области – путь устойчивого развития региона: материалы науч. практ. конф. – Волгоград, 15-16 декабря 2000 г. – Волгоград, 2001. – С. 163-171.
8. Improvement of fodder base for agricultural animals and poultry in the conditions of Volgograd region / V.V. Shkalenko, A.K. Karapetyan, S.V. Chechranova et al. // Scientific journal «Fundamentalis scientiam» (Madrid, Spain). – 2017. – № 11. – P. 4-7.
9. Moretti, A.F. Incorporation of Lactobacillus plantarum and zeolites in poultry feed can reduce aflatoxin B1 levels / A.F. Moretti et al. // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – № – P. 1-6.
10. Ouachem, D. Effects of clay on performance, moisture of droppings and health status of poultry: an overview / D. Ouachem et al. //World's Poultry Science Journal. – 2015. – T. 71. – №. 1. – P. 184-189.
11. Shariatmadari F. The application of zeolite in poultry production / F. Shariatmadari //World's poultry science journal. – 2008. – T. 64. – №. 1. – P. 76-84.

Reference

1. Biologicheski aktivnaya dobavka "Jel'ton" v kormlenii kur-nesushek Hajseks korichnevyy [Tekst]/ S. I. Nikolaev, A. N. Struk, A. G. Najdova i dr.// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - № 3 (47). - P. 136-141.
2. Bobyleva, G. A. Puti povysheniya jeffektivnosti proizvodstva yaic i jajceproduktov v Rossii [Tekst]/ G. A. Bobyleva // Ptica i pticeprodukty. - 2013. - № 4. - P. 22-25.
3. Vliyanie razlichnoj struktury raciona na produktivnost' kur [Tekst]/ O. E. Krotova, A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev i dr.// Glavnyy zootehnik. - 2013. - № 4. - P. 40-44.

4. Zakrzhevskaya, K. S. Osobennosti obmena holesterina v organizme kur-nesushek [Tekst] / K. S. Zakrzhevskaya, M. A. Derho, T. I. Sereda // Novaya nauka: teoreticheskij i prakticheskij vzglyad. - 2015. - №. 5-3. - P. 11-13.
5. Ispol'zovanie sorgo sorta "Kamyshinskoe 75" v kormlenii kur roditel'skogo stada [Tekst] / S. I. Nikolaev, A. N. Struk, A. K. Karapetyan i dr. // Mirovye nauchno-tehnologicheskie tendencii social'no-jekonomicheskogo razvitiya APK i sel'skih territorij: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Volgogradskij GAU. - Volgograd, 2018. - Tom 1. - P. 262-266.
6. Lanceva, N. N. Jeksperimental'noe obosnovanie mehanizma dejstviya vysokokremnistyh mineral'nyh kompleksov-kudyuritov v pticevodstve [Tekst] : monografiya / N. N. Lanceva, K. Ya. Motovilov, A. N. Shvydkov; Novosib. gos. agrar. un-t. - Novosibirsk: Izd-vo NGAU, 2013. -187 p.
7. Ovchinnikov, A. S. Tehnologiya dobychi i ispol'zovaniya sapropelej v zemledelii Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / A. S. Ovchinnikov // Osvoenie i ispol'zovanie prirodnih resursov Volgogradskoj oblasti - put' ustojchivogo razvitiya regiona: materialy nauch. prakt. konf. - Volgograd, 15-16 dek-abrya 2000 g. - Volgograd, 2001. - P. 163-171.
8. Improvement of fodder base for agricultural animals and poultry in the conditions of Volgograd region / V.V. Shkalenko, A.K. Karapetyan, S.V. Chechranova et al. // Scientific journal "Fundamentalis scientiam" (Madrid, Spain). - 2017. - № 11. - P. 4-7.
9. Moretti, A.F. Incorporation of Lactobacillus plantarum and zeolites in poultry feed can reduce aflatoxin B1 levels / A.F. Moretti et al. // Journal of Food Science and Technology. - 2018. - № - P. 1-6.
10. Ouachem, D. Effects of clay on performance, moisture of droppings and health status of poultry: an overview / D. Ouachem et al. //World's Poultry Science Journal. - 2015. - T. 71. - №. 1. - P. 184-189.
11. Shariatmadari F. The application of zeolite in poultry production / F. Shariatmadari //World's poultry science journal. - 2008. - T. 64. - №. 1. - P. 76-84.

E-mail: vera.shkalenko@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.423.2:631.674.6

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-45

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРИКОНТУРНОГО
КАПЕЛЬНО УВЛАЖНЯЕМОГО ПОЧВЕННОГО ПРОСТРАНСТВАDETERMINATION OF MOISTURE PARAMETERS OF
INCONTOUR DRIP MOISTURED SOIL SPACE

С. М. Васильев, доктор технических наук, доцент

В. Н. Шкура, кандидат технических наук, профессор

А. С. Штанько, кандидат технических наук

S. M. Vasil'ev, V. N. Shkura, A. S. Shtanko

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

FSBS «Russian Scientific-Research Institute of Land Improvement Problems»

Целью исследования является разработка методики прогнозирования распределения уровней и величины влажности почвы в зонах промачивания (увлажнения) подкапельного почвенного пространства при капельном поливе растений. При капельном орошении в почвогрунтовой толще формируется контур увлажнения, геометрические и влажностные параметры которого являются критериальными показателями, определяющими качество капельного полива и качество условий для роста и развития корневой системы сельскохозяйственных культур. Несмотря на наличие ряда исследований в этой области, общепринятая методика определения влажностных параметров контуров капельного увлажнения почвы отсутствует, что предопределяет актуальность научной работы. В результате исследований предложена методика графоаналитического определения геометрических размеров и влажностных параметров контуров и построения очертания контуров капельного увлажнения почв для широкого диапазона почвенных, фитопочвенных и технологических условий капельного полива растений, позволяющая спрогнозировать и оценить геометрические размеры контуров и характер распределения уровней влажности почвы во внутриконтурном почвенном пространстве с приемлемой для практического использования точностью. Методика базируется на материалах авторских экспериментальных исследований и полученных на их основе экспериментальных зависимостях по определению очертания, глубин и диаметров контуров увлажнения и координат линий влажности (изоплет) почвы в пределах увлажняемого внутриконтурного пространства для широкого спектра условий капельного полива.

The object of the research is to develop a methodology for predicting the distribution of levels and the value of soil moisture in moistening zones of the subsurface soil space during drip irrigation of plants. The humidification contour where geometric and moisture parameters are criteria indicators determining the quality of drip irrigation and the conditions for the growth and development of agricultural crops root system is formed in the soil layer with drip irrigation. Despite the presence of a number of studies in this area, there is no generally accepted method for determining the moisture parameters of the contours of drip soil moistening, which predetermines the relevance of scientific work. As a result of the research a method for graphoanalytical determination of geometric dimensions and moisture parameters of contours and for constructing contours of drip irrigation for a wide range of soil, phytosoil and technological conditions for drip irrigation of plants is proposed. It allows predicting and estimating the geometrical sizes of contours and the distribution of soil moisture levels in the incontoir soil space with acceptable accuracy for practical use. The methodology is based on the materials of the author's experimental studies and the obtained experimental dependences on determining the shapes, depths and diameters of moisture contours and the coordinates of moisture lines (isopleths) of soil within the moistured incontoir space for a wide range of drip irrigation conditions.

Ключевые слова: капельное орошение, капельный полив, контур капельного увлажнения, геометрия контура, влажность почвы, линии влажности, зона увлажнения почвы.

Key words: drip irrigation, drip watering, drip moistening contour, contour geometry, soil moisture, humidity lines, soil moistening zone.

Введение. При капельном поливе растений в подкапельном почвенном пространстве формируются локальные (единичные) контуры увлажнения (промачивания), характеризующиеся геометрическими (линейными, площадными и объемными) размерами и влажностными параметрами в пределах увлажняемой почвогрунтовой зоны. Исследованию геометрических и влажностных параметров контуров капельного увлажнения почвы посвящены работы А. Д. Ахмедова, В. В. Бородычева, В. С. Бочарникова, Е. В. Мелиховой, А. С. Овчинникова, Е. А. Ходякова, М. Ю. Храброва, О. Е. Ясониди, М. Л. Ромашенко, Ю. С. Уржумовой и других специалистов в области капельного орошения [1-10]. Несмотря на значительный объем исследований, общепринятая методика определения геометрических и влажностных параметров контуров капельного увлажнения к настоящему времени отсутствует, а одна из попыток ее разработки и есть цель настоящей статьи.

Материалы и методы. Распределение влажности почвы во внутриконтурном почвенном пространстве зависит от ряда факторов капельного полива, в качестве которых рассматриваются нижеследующие.

1. Почвенные характеристики: содержание в промачиваемом почвенном пространстве глинистых частиц – $W_{г/ч}$, измеряемое в процентах от массы сухой почвы (% МСП); средняя плотность сложения почвы – $\gamma_{об}$, т/м³ и наименьшая влагоемкость почвы – $W_{НВ}$, % МСП.

2. Фитопочвенные параметры: заданная глубина увлажняемого слоя почвы – $h_{увл}$ (глубина контура – $h_{кон}$), м; дополивная влажность почвы – $\beta_{д/п}$, % МСП; постполивная влажность почвы – $\beta_{п/п}$, % МСП.

3. Технологические параметры: поливная норма – $N_{пол}$, м³/кап. и продолжительность формирования контура увлажнения $t_{пол}$, ч.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи.

1. Установить наличие функциональной связи вида – $h_{кон} = f(\gamma_{об}, W_{г/ч}, W_{НВ}, \beta_{д/п}, \beta_{п/п}, N_{пол})$ и получить описывающую ее зависимость.

2. Для определенных значений уровней влажности почвы $\beta_i = (0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1,0; 1,05; 1,1; 1,15 \text{ и } 1,2) \cdot \beta_{НВ}$ (где $\beta_{НВ}$ – влажность почвы, соответствующая наименьшей влагоемкости) во внутриконтурном почвенном пространстве установить глубинные и плановые координаты внутриконтурных изоплет и геометрические параметры разноизоплетных («разновлажностных») контуров и в частности значений $(h_{из/п})_{\beta_i}$, $(d_{из/п})_{\beta_i}$, где $(h_{из/п})_{\beta_i}$ – максимальная величина заглубленности изоплеты с уровнем влажности β_i , отмеряемая по оси капания от поверхности земли, м; $(d_{из/п})_{\beta_i}$ – максимальный диаметр контура, ограниченного изоплетой с уровнем влажности β_i .

3. Определить вертикальные и горизонтальные координаты точек (глубину $(h_{из/п})_{\beta_i}$ и радиус изоплетного контура $(r_{из/п})_{\beta_i} = 0,5 \cdot (d_{из/п})_{\beta_i}$) изоплеты с влажностью почвы, соответствующей дополивному ее значению $\beta_{д/п}$, и изоплет с заданными уров-

нями влажности почвы от $\beta_i = \beta_{д/п}$ до $\beta_i = 1,2 \cdot \beta_{нв}$, ограничивающих «изоплетные» контуры влажности в границах общеконтурного почвенного пространства, и построить систему внутриконтурных линий влажности, характеризующих распределение влажности почвы в увлажняемом пространстве.

4. Построить формирующийся в заданных условиях капельного полива контур увлажнения почвы с внутриконтурными изоплетами, позволяющий определить его геометрические размеры и влажностные параметры и оценить условия формирования и функционирования корневой системы растений во внутриконтурном почвенном пространстве.

Результаты и обсуждение. Методика определения распределения влажности почвы в пределах контуров увлажнения, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе, заключается в проведении нижеследующих расчетно-графических операций.

1. Определение расчетных значений факторов влияния ($W_{г/ч}$ и $W_{нв}$ в % МСП; $\gamma_{об}$ в т/м³; $\beta_{д/п}$ и $\beta_{п/п}$ в % МСП; $h_{увл}$, м и $N_{пол}$, м³/кап).

2. Расчет глубины контура увлажнения $(h_{из/п})_{\beta_{д/п}}$, м при $\beta_i = \beta_{д/п}$:

$$(h_{из/п})_{\beta_{д/п}} = \left[\frac{N_{пол}}{0,00196 \cdot \gamma_{об} \cdot (0,0765 \cdot W_{г/ч}^{0,6} + 0,0292 \cdot W_{нв})^2 \cdot (\beta_{п/п} - \beta_{д/п})} \right]^{0,333}. \quad (1)$$

Полученное по зависимости (1) значение $(h_{из/п})_{\beta_{д/п}}$ соответствует глубине контура увлажнения почвы и может быть записано как $h_{кон}$. В случае когда $(h_{из/п})_{\beta_{д/п}} \neq h_{увл}$, изменяют предварительно принятое значение поливной нормы, добиваясь равенства значений $(h_{из/п})_{\beta_{д/п}} = h_{увл}$.

3. Определение величины максимальной заглубленности изоплеты $(h_{из/п})_{0,7\beta_{нв}}$, м, с уровнем влажности, соответствующим $\beta_{из/п} = 0,7 \cdot \beta_{нв}$:

$$(h_{из/п})_{0,7\beta_{нв}} = \frac{(h_{из/п})_{\beta_{д/п}}}{0,5 \cdot \left[1,0 - 1,1^{0,1W_{г/ч}} \cdot \left(\frac{\beta_{д/п}}{\beta_{0,7\beta_{нв}}} - 1,0 \right) + 1,0 - 1,2^{0,1W_{нв}} \cdot \left(\frac{\beta_{д/п}}{\beta_{0,7\beta_{нв}}} - 1,0 \right) \right]}. \quad (2)$$

4. Определение значений заглубленности изоплет $(h_{из/п})_{\beta_i}$, м, с уровнем влажности от $\beta_i = \beta_{д/п}$ до $\beta_i = 1,2 \cdot \beta_{нв}$ с шагом изменения $\beta_i - \Delta\beta = (0,05 - 0,1) \cdot \beta_{нв}$ (т. е. $\beta_i = (0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95; 1,0; 1,05; 1,1; 1,15 \text{ и } 1,2) \cdot \beta_{нв}$ по нижеследующей зависимости:

$$(h_{из/п})_{\beta_i} = 0,5 \cdot \left[1,0 - 1,1^{0,1W_{г/ч}} \cdot \left(\frac{\beta_i}{\beta_{0,7\beta_{нв}}} - 1,0 \right) + 1,0 - 1,2^{0,1W_{нв}} \cdot \left(\frac{\beta_i}{\beta_{0,7\beta_{нв}}} - 1,0 \right) \right] \cdot (h_{из/п})_{0,7\beta_{нв}}. \quad (3)$$

5. Для установленных значений по п. 4 заглубленности изоплет $(h_{из/п})_{\beta_i}$ определяют соответствующие им значения максимальных диаметров $(d_{из/п})_{\beta_i}$, м, и радиусов контуров $(r_{из/п})_{\beta_i}$, м, по зависимостям:

$$(d_{из/п})_{\beta_i} = 0,5 \cdot [(0,51 + 0,009 \cdot W_{г/ч}) + (0,073 + 0,038 \cdot W_{нв})] \cdot (h_{из/п})_{\beta_i}, \quad (4)$$

$$(r_{из/п})_{\beta_i} = 0,5 \cdot (d_{из/п})_{\beta_i}. \quad (5)$$

6. Для каждого принятого к рассмотрению уровня влажности почвы β_i выполняются расчеты координат точек, соответствующих изоплетам, ограничивающим изоплетные контуры, с соблюдением нижеприведенной последовательности расчетно-графических операций.

6.1. По каждому изоплетному контуру с установленной по п. 4 глубиной $(h_{из/п})_{\beta_i}$ намечается 11 вертикальных сечений (вертикальных координат ограничивающей контур изоплеты $(h_j)_{\beta_i}$, где j – номер сечения) начиная с $(h_1)_{\beta_i} = 0$ для сечения 1 с шагом по глубине $\Delta h_{\beta_i} = 0,1 \cdot (h_{из/п})_{\beta_i}$ в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1.

Данные разбивки профиля по изоплетным контурам с влажностью почвы β_i на 11 горизонтальных сечений заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Матрица вертикальных (глубинных) координат
границной линии изоплетных контуров влажности почвы

Показатель	Значение показателя										
№ сечения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$(h_j)_{\beta_i}$, м	$(h_1)_{\beta_i}$	$(h_2)_{\beta_i}$	$(h_3)_{\beta_i}$	$(h_4)_{\beta_i}$	$(h_5)_{\beta_i}$	$(h_6)_{\beta_i}$	$(h_7)_{\beta_i}$	$(h_8)_{\beta_i}$	$(h_9)_{\beta_i}$	$(h_{10})_{\beta_i}$	$(h_{11})_{\beta_i}$

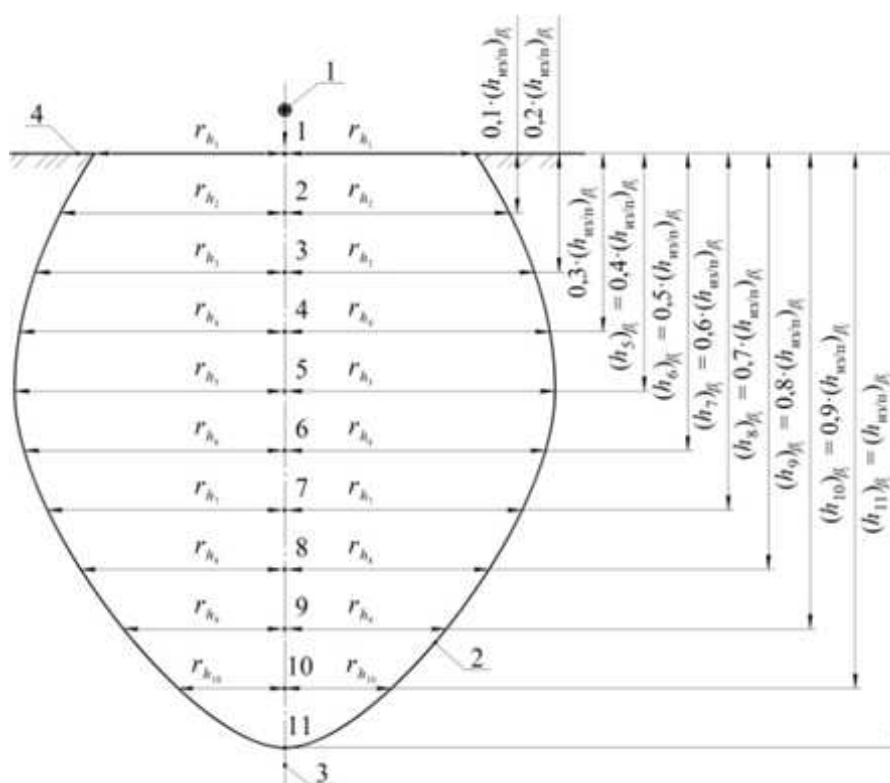


Рисунок 1 – Расчетная схема изоплетного контура капельного увлажнения почвы:
1 – капельница; 2 – оконтуривающая линия; 3 – ось капания; 4 – поверхность земли;
 $(h_1)_{\beta_i} \div (h_{11})_{\beta_i}$ – расстояния от поверхности земли до характерных сечений, разделяющих контур по вертикали на 10 расчетных слоев, м; $r_{h_1} \div r_{h_{11}}$ – радиусы контура, соответствующие характерным сечениям; 1–11 – точки на оси капания, соответствующие характерным сечениям контура увлажнения почвы

6.2. Значения горизонтальных координат r_{h_j} по каждому из сечений изоплетных контуров глубиной $(h_j)_{\beta_i}$ определяются по зависимости:

$$r_{h_j} = (r_{из/п})_{\beta_i} \cdot \left[k_0 + k_1 \cdot \left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right] - k_2 \cdot \left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]^2 + \right. \\ \left. + k_3 \cdot \left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]^3 - k_4 \cdot \left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]^{30} \right], \quad (6)$$

где r_{h_j} – радиус ограничивающей изоплетный контур линии, соответствующий сечению изоплетного контура с глубиной h_j , м; $(r_{из/п})_{\beta_i}$ – максимальный радиус изоплетного контура с влажностью ограничивающей линии β_i , определяемый по соотношению (5); k_0 – экспериментально установленный свободный член полинома:

$$k_0 = 0,5 \cdot (2 - 0,005 \cdot W_{г/ч} \cdot \bar{\gamma}_{об} - 0,001 \cdot W_{НВ}^{1,84} - 0,002 \cdot W_{НВ}^{0,45}); \quad (7)$$

k_1 – коэффициент при члене полинома $\left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]$:

$$k_1 = 1,03 / k_0^{1,2}; \quad (8)$$

k_2 – коэффициент при члене полинома $\left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]^2$:

$$k_2 = k_0 + k_1; \quad (9)$$

k_3, k_4 – эмпирические коэффициенты при членах полинома со значениями $\left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]^3$ и $\left[(h_j)_{\beta_i} / (h_{из/п})_{\beta_i} \right]^{30}$ соответственно:

$$k_3 = k_4 = 0,255 \cdot k_0^{0,01}. \quad (10)$$

6.3. Расчетные значения координат $(h_j)_{\beta_i}$ и r_{h_j} заносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Матрица координат изоплеты, ограничивающей изоплетный контур влажности почвы

Показатель	Значение показателя										
№ сечения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$(h_j)_{\beta_i}$	$(h_1)_{\beta_i}$	$(h_2)_{\beta_i}$	$(h_3)_{\beta_i}$	$(h_4)_{\beta_i}$	$(h_5)_{\beta_i}$	$(h_6)_{\beta_i}$	$(h_7)_{\beta_i}$	$(h_8)_{\beta_i}$	$(h_9)_{\beta_i}$	$(h_{10})_{\beta_i}$	$(h_{11})_{\beta_i}$
r_{h_j}	r_{h_1}	r_{h_2}	r_{h_3}	r_{h_4}	r_{h_5}	r_{h_6}	r_{h_7}	r_{h_8}	r_{h_9}	$r_{h_{10}}$	$r_{h_{11}}$

6.4. По приведенным в таблице 2 данным и в соответствии со схемой по рисунку 1 строятся изоплетные («влажностные») контуры.

Пример расчета по методике определения влажностных параметров контуров капельного увлажнения почвы выполнен для условий капельного полива, проведенного Ю. С. Уржумовой [6]. Приведенная в [6] матрица влажности почвы в подкапельном пространстве получена при капельном поливе южного тяжелосуглинистого среднесплошного чернозема для нижеследующих почвенных, фитопочвенных и технологических условий: $W_{г/ч} = 58,0$ % МСП; $W_{НВ} = 25,2$ % МСП; $\gamma_{об} = 1,4$ т/м³; $\beta_{п/п} = 0,95 \cdot \beta_{НВ} = 0,95 \cdot 25,2 = 23,9$ % МСП; $\beta_{д/п} = 0,6 \cdot \beta_{НВ} = 0,6 \cdot 25,2 = 15,1$ % МСП; $h_{увл} = 0,83$ м; $N_{пол} = 37,3$ л/кап.; $q_{кап} = 3,2$ л/ч; $t_{пол} = 11,7$ ч.

1. Расчетное значение поливной нормы для условий опыта:

$$N_{\text{пол}} = 0,00196 \cdot \gamma_{\text{об}} \cdot h_{\text{кон}}^3 \cdot (0,0765 \cdot W_{\text{г/ч}}^{0,6} + 0,0292 \cdot W_{\text{НВ}})^2 \cdot (\beta_{\text{п/п}} - \beta_{\text{д/п}}) =$$

$$= 0,00196 \cdot 1,4 \cdot 0,83^3 \cdot (0,0765 \cdot 58,0^{0,6} + 0,0292 \cdot 25,2)^2 \times$$

$$\times (0,95 \cdot 25,2 - 0,6 \cdot 25,2) = 35,9 \text{ л/кап.}$$

Полученная расчетная величина $N_{\text{пол}}$ меньше фактической на $\Delta_N = 37,3 - 35,9 = 1,4$ л/кап или на $\sigma_N = 3,8 \%$, что допустимо.

2. По приведенной в [6] матрице влажности почвы в подкапельном пространстве построен контур увлажнения, приведенный на рисунке 2.

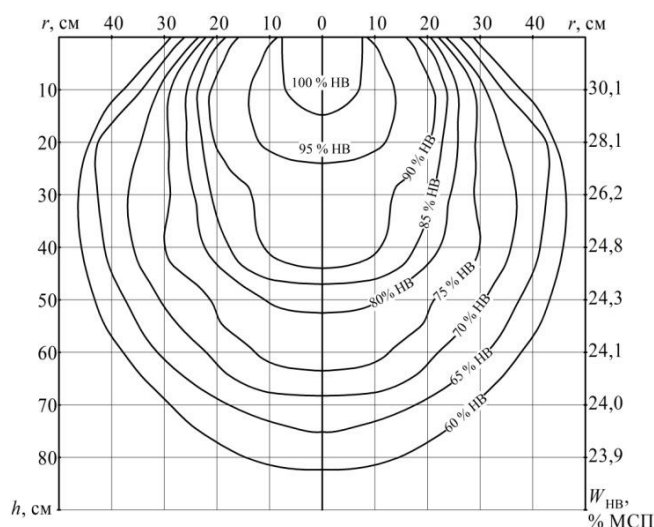


Рисунок 2 – Контур капельного увлажнения почвы, построенный по первичным опытными данным Ю. С. Уржумовой. Подписи на изоплетах – влажность в % от наименьшей влагоемкости почвы

3. Расчетное значение соотношения диаметра $d_{\text{из/п}}$ и глубины $h_{\text{из/п}}$ контуров, формирующихся в вышеуказанных условиях, составит:

$$(d_{\text{из/п}} / h_{\text{из/п}})_{\text{расч}} = 0,5 [(0,51 + 0,009 \cdot W_{\text{г/ч}}) + (0,073 + 0,038 \cdot W_{\text{НВ}})] = 0,5 \times$$

$$\times [(0,51 + 0,009 \cdot 58,0) + (0,073 + 0,038 \cdot 25,2)] = 1,03.$$

Опытное (среднее по всем изоплетным контурам) значение соотношения $(d_{\text{из/п}} / h_{\text{из/п}})_{\text{опыт}} = 1,05$ и превышает расчетное на 2 %.

4. Соответствующие изоплетным контурам значения глубин $(h_{\text{из/п}})_{\text{расч}}$ и диаметров $(d_{\text{из/п}})_{\text{расч}}$ контуров влажности в сопоставлении их с фактическими значениями этих параметров приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные и опытные значения $(h_{\text{из/п}})_{\beta_i}$ и $(d_{\text{из/п}})_{\beta_i}$

Показатель	Значение показателя								
$\beta_{\text{из/п}}, \% \beta_{\text{НВ}}$	60	65	70	75	80	85	90	95	100
$(h_{\text{из/п}})_{\text{опыт}}, \text{ м}$	0,83	0,76	0,68	0,64	0,53	0,46	0,44	0,24	0,14
$(d_{\text{из/п}})_{\text{опыт}}, \text{ м}$	0,94	0,86	0,74	0,60	0,52	0,48	0,43	0,26	0,14
$(h_{\text{из/п}})_{\text{расч}}, \text{ м}$	0,83	0,75	0,67	0,60	0,52	0,44	0,36	0,28	0,20
$(d_{\text{из/п}})_{\text{расч}}, \text{ м}$	0,86	0,78	0,69	0,62	0,53	0,45	0,37	0,29	0,21

5. Значения коэффициентов k_0 , k_1 , k_2 , k_3 и k_4 в зависимости (6):

$$k_0 = 0,5 \cdot [(1 - 0,005 \cdot W_{г/ч} \cdot \gamma_{об}) + (1 - 0,001 \cdot W_{HB}^{1,84} - 0,002 \cdot W_{HB}^{0,45})] = 0,5 \times \\ \times [(1 - 0,005 \cdot 58,0 \cdot 1,4) + (1 - 0,001 \cdot 25,2^{1,84} - 0,002 \cdot 25,2^{0,45})] = 0,603 \\ k_1 = 1,03 / k_0^{1,2} = 1,03 / 0,603^{1,2} = 1,889; k_2 = k_0 + k_1 = 0,603 + 1,889 = \\ = 2,492; k_3 = k_4 = 0,255 \cdot k_0^{0,01} = 0,254.$$

6. Для заданных уровней влажности оконтуривающих линий $\beta_i = (0,6 - 1,0) \beta_{HB}$, соответствующих им значений $(h_{из/п})_{\beta_i}$ с использованием зависимостей (2), (3), (4), (5) и данных, приведенных в таблице 3, получены расчетные значения вертикальных и горизонтальных координат точек оконтуривающих линий по изоплетным контурам, позволяющие построить прогнозируемый для соответствующих опыту почвенных, фито-почвенных и технологических условий полива контур увлажнения подкапельного почвенного пространства, который приведен на рисунке 3.

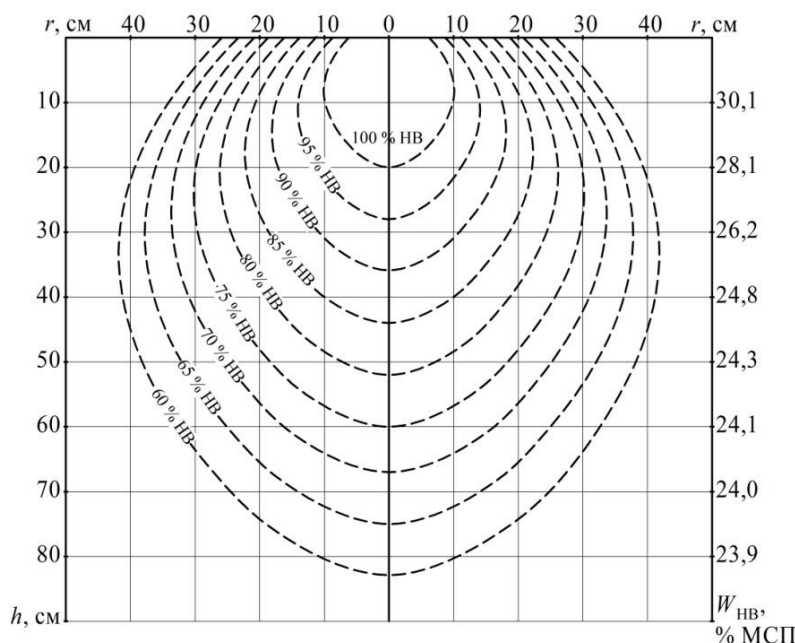


Рисунок 3 – Расчетный контур капельного увлажнения подкапельного почвенного пространства
(подписи на изоплотах – влажность в % от наименьшей влагоемкости почвы)

Заключение. Формы очертаний опытных и прогнозных изоплетных контуров увлажнения почвы являются аффинными. Параметры опытного и прогнозного контуров, ограниченных изоплетами с уровнями влажности, составляющими $\beta_{из/п} = (0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0) \beta_{HB}$ отличаются по глубине и радиусам в среднем не более чем на 12 %, что позволяет заключить о приемлемости методики и расчетных зависимостей для использования в практике проектирования и эксплуатации систем капельного орошения.

Библиографический список

1. Ахмедов, А. Д. Контурсы увлажнения почвы при капельном орошении [Текст] / А. Д. Ахмедов, Е. Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3. – С. 183-188.
2. Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур [Текст] / В. В. Бородычев. – Волгоград, 2010. – 241 с.

3. Бочарников, В. С. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения [Текст]/ В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков // Роль науки в инновационном развитии АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения известного ученого, профессора А. П. Иофинова /Башкирский ГАУ. – Уфа, 2012. – 204 с.
4. Мелихова, Е. В. Моделирование и обоснование ресурсосберегающих параметров капельного орошения при возделывании корнеплодов [Текст]: монография / Е. В. Мелихова. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – 112 с.
5. Овчинников, А. С. Применение ресурсосберегающих способов полива при возделывании сельскохозяйственных культур [Текст]/ А. С. Овчинников, М. П. Мещеряков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2007. – № 1. – С. 46-49.
6. Уржумова, Ю. С. Технологические и конструктивные элементы локального низконапорного орошения садов для условий южных черноземов Ростовской области [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Уржумова Юлия Сергеевна. – Новочеркасск, 2004. – 147 с.
7. Ходяков, Е. А. Режим орошения сельскохозяйственных культур при капельном и внутрпочвенном способах полива [Текст]: монография / Е. А. Ходяков. – Волгоград: ВГСХА, 2002. – 143 с.
8. Храбров, М. Ю. Оценка способов малообъемного орошения [Текст]/ М. Ю. Храбров // Вестник РАСХН. – 2007. – № 5. – С. 53-56.
9. Ясониди, О. Е. Капельное орошение [Текст]: монография / О. Е. Ясониди; НГМА. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 322 с.
10. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / М. Л. Ромащенко [и др.]; за ред. акад. УААН М. Л. Ромащенко. – Дніропетровськ: Оксамит-текст, 2007. – 175 с.

References

1. Ahmedov, A. D. Kontury uvlazhneniya pochvy pri kapel'nom oroshenii [Tekst]/ A. D. Ahmedov, E. Yu. Galiullina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - № 3. - P. 183-188.
2. Borodychev, V. V. Sovremennye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur [Tekst]/ V. V. Borodychev. - Volgograd, 2010. - 241 p.
3. Bocharnikov, V. S. Novye priemy vzdelyvaniya ovoschnyh kul'tur v sisteme vodosberegayushchego orosheniya [Tekst]/ V. S. Bocharnikov, M. P. Mescheryakov // Rol' nauki v innovacionnom razvitii APK: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 80-letiyu so dnya rozhdeniya izvestnogo uchenogo, professora A. P. Iofinova /Bashkirskij GAU. - Ufa, 2012. - 204 p.
4. Melihova, E. V. Modelirovanie i obosnovanie resursosberegayuschih parametrov kapel'nogo orosheniya pri vzdelyvanii korneplodov [Tekst]: monografiya / E. V. Melihova. - Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. - 112 p.
5. Ovchinnikov, A. S. Primenenie resursosberegayuschih sposobov poliva pri vzdelyvanii sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/ A. S. Ovchinnikov, M. P. Mescheryakov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2007. - № 1. - P. 46-49.
6. Urzhumova, Yu. S. Tehnologicheskie i konstruktivnye jlementy lokal'nogo nizkonapornogo orosheniya sadov dlya uslovij yuzhnyh chernozemov Rostovskoj oblasti [Tekst]: dis. ... kand. tehn. nauk / Urzhumova Yuliya Sergeevna. - Novocherkassk, 2004. - 147 p.
7. Hodyakov, E. A. Rezhim orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur pri kapel'nom i vnutripochvennom sposobah poliva [Tekst]: monografiya / E. A. Hodyakov. - Volgograd: VGSXA, 2002. - 143 p.
8. Hrabrov, M. Yu. Ocenka sposobov maloob'emnogo orosheniya [Tekst]/ M. Yu. Hrabrov // Vestnik RASXN. - 2007. - № 5. - P. 53-56.
9. Yasonidi, O. E. Kapel'noe oroshenie [Tekst]: monografiya / O. E. Yasonidi; NGMA. - Novocherkassk: Lik, 2011. - 322 p.
10. Sistemi kraplinnogo zroshennya: navchal'nij posibnik / M. L. Romaschenko [i dr.]; za red. akad. UAAN M. L. Romaschenka. - Dniropetrovs'k: Oksamit-tekst, 2007. - 175 p.

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**АДАПТАЦИЯ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА К ТОКСИКАНТУ
СУЛЬФИД-ИОНУ В МОДЕЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ****ADAPTATION OF BIOCENOSE OF ACTIVE SLUDGE TO SULPHIDE ION
TOXICANT IN MODELAR SEWAGE WATER****А.Е. Новиков¹**, доктор технических наук, доцент**Е.А. Дугин²**, аспирант**М.И. Филимонов³**, аспирант**A.E. Novikov¹, E.A. Dugin², M.I. Filimonov³**¹*Волгоградский государственный технический университет*²*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград*³*Волгоградский государственный аграрный университет*¹*Volgograd State Technical University, Volgograd*²*FSBSI the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*³*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

В условиях ограниченных возможностей традиционной регуляции продукционных процессов в агрофитоценозах необходимо изыскивать пути повышения их потенциальной урожайности за счет избыточных техногенных ресурсов, таких как осадок сточных вод (ОСВ). Однако нарушение продукционно-деструкционных процессов в биоценозе активного ила под влиянием антропогенных стрессоров является основной причиной неудовлетворительного качества ОСВ. Разработка и внедрение мероприятий по адаптации биоценоза активного ила к стрессовым воздействиям позволяет нивелировать их влияние на эффективность работы станций биоочистки, снизить экологическую напряженность вблизи урбанистических территорий. Лабораторными исследованиями доказано, дозированные нарастающие стрессовые воздействия химическим мутагеном сульфид-ионом S²⁻ на генетический материал микроорганизмов при достаточных для их жизнеобеспечения параметрах аэрации и питания приводят к сукцессии, в результате которой формируется адаптированный, обладающий экологической устойчивостью к условиям среды биоценоз активного ила. Во всех моделях в течение 25 суток зафиксирован линейный рост биомассы активного ила без признаков закисления или защелачивания среды, при этом наибольший отмечен в модели № 1 – с увеличением концентрации токсиканта S²⁻ с 0,1 до 0,5 мг/дм³ прирост составил 3,9 г/дм³. Скорость нарастания биомассы в моделях № 2 и № 3 была ниже в сравнении с моделью № 1 соответственно на 2,0 и 2,2 г/дм³, что обусловлено более высокой концентрацией токсиканта. По результатам количественного и качественного анализа микроорганизмов в биоценозе активного ила установлено, что с увеличением токсической нагрузки происходят изменения в структуре микробиома – снижается численность хищников, особенно коловраток, и увеличивается количество простейших (жгутиконосцев и амёб). Если в исходной сточной воде простейшие составляли 3 % от всего биоценоза, то при нагрузке по S²⁻ 0,5 мг/дм³ в модели № 1 – уже 28 %, а при той же нагрузке в модели № 2 – 38 %. При нагрузке по S²⁻ 1,5 мг/дм³ в модели № 3 соотношение между простейшими и хищниками практически сравнялось, 48 % против 52 %. Таким образом, биоценоз активного ила во всех моделях адаптировался к нагрузкам по сульфид-иону, а его состояние оценивается как «удовлетворительное».

In the conditions of limited possibilities of traditional regulation of production processes in agrophytocenoses, it is necessary to find ways to increase their potential yield due to excess technogenic resources, such as sewage sludge of WWS. However, the violation of production and destruction processes in the biocenosis of active sludge under the influence of anthropogenic stressors is the main reason for the unsatisfactory quality of WWS. The development and implementation of activities to adapt the biocenosis of activated sludge to stressful influences make allows to smooth out their influence on the efficiency of the bio-cleaning stations, to reduce environmental tensions near urban areas. Laboratory studies have proved that the dosage increasing stressful effects of the chemical mutagen

Sulfide ion S^{2-} on the genetic material of microorganisms with sufficient aeration and nutrition parameters for their life support lead to succession as a result of which an adapted, environmentally resistant environment is formed biocenosis of active sludge. In all models, a linear increase in the biomass of active sludge without signs of acidification or alkalization of the medium was recorded for 25 days, with the greatest value recorded in model No. 1 – with an increase in the concentration of toxic substance S^{2-} from 0.1 to 0.5 mg / dm³, the increase was 3.9 g / dm³. The rate of biomass build-up in models No. 2 and No. 3 was lower by 2.0 and 2.2 g / dm³, respectively, compared to model No. 1, due to a higher concentration of the toxicant. According to the results of quantitative and qualitative analysis of microorganisms in the biocenosis of activated sludge, it is established that changes in the microbiome structure occur as the toxic load increases – the number of predators, especially rotifers, decreases, and the number of protozoa (flagellates and amoebae) increases. If the protozoa were 3 % of the total biocenosis in the initial wastewater, then for the S^{2-} load 0.5 mg / dm³ in the model No. 1 already is 28 %, and for the same load in the Model No. 2 – 38 %. At a load of S^{2-} 1.5 mg / dm³ in model No. 3, the ratio between protozoa and predators was almost equal, 48 % versus 52 %. Thus, the biocenosis of active silt in all models has been adapted to the loads on the sulfide ion, and its condition is estimated as "satisfactory".

Ключевые слова: биологическая очистка стоков, аэротенки, активный ил, биоценоз, биохимическая деструкция, токсиканты, сульфид-ион, сукцессия, мутагенез, адаптация биоценоза, осадок сточных вод, удобрения-мелиоранты.

Key words: biological treatment, aerotank, activated sludge, biocenosis, biochemical destruction, toxicant, sulphide ion, succession, mutagenesis, adaptation, sewage sludge, fertilizer-ameliorant.

Введение. Пропагандируемая долгое время химико-техногенная стратегия интенсификации сельского хозяйства, основанная на росте объемов применения минеральных удобрений, химических средств защиты растений и использовании энергосыщенной широкозахватной техники, спровоцировала усиление эрозионных процессов, вследствие которых значительно снизились уровень почвенного плодородия и продуктивность агроландшафтов, их устойчивость к действию абиотических и биотических стрессоров. В условиях ограниченных возможностей традиционной регуляции (например, внесение навоза и завышенных доз минеральных удобрений, мульчирование органикой, орошение и т.п.) продукционных процессов в агрофитоценозах необходимо изыскивать пути повышения их потенциальной урожайности за счет избыточных техногенных ресурсов. К таким ресурсам, условно возобновляемым, относится насыщенный органоматериалом осадок сточных вод ОСВ, применение которого в качестве удобрения-мелиоранта в сельском хозяйстве весьма перспективно [7, 8, 10, 11, 12, 13, 16, 17].

Сдерживающим фактором широкого применения ОСВ в качестве удобрения-мелиоранта выступает наличие в нем токсикантов, а также патогенной микрофлоры, что обусловлено качественным и количественным разнообразием экологически небезопасных примесей в исходных сточных водах, поступающих на биологическую обработку, преимущественно, в аэротенки, нарушениями в эксплуатации очистных станций [3, 6, 13, 15, 16]. Колебания исходных концентраций токсикантов, в том числе трудноокисляемых органических соединений, приводят к деградации гидробиологических и гидрохимических характеристик биоценоза активного ила – биодеструктивной дисфункции, его вспуханию, снижению седиментационной способности. Эффективность работы станций биоочистки в результате этих процессов резко падает, наблюдается увеличение концентрации взвешенных и органических веществ в очищенной воде вплоть до выноса ею практически всей массы активного ила.

Таким образом, нарушение продукционно-деструкционных процессов в биоценозе активного ила под влиянием антропогенных стрессоров является основной причиной неудовлетворительного качества ОСВ. Также это нарушение нивелирует возможность вторичного использования водных ресурсов, в частности, на полях орошения сельскохозяйственных культур [14] для полива участков озеленения, садово-парковых зон и прочего.

Цель работы состоит в изучении особенностей жизнедеятельности и культивирования индикаторных видов микроорганизмов, составляющих биоценоз активного ила станций биологической очистки при различных токсических нагрузках.

Материалы и методы. Гидробиологический и гидрохимический анализы активного ила проводили в соответствии с действующими методиками и рекомендациями [2, 4, 5, 9]. Исходный активный ил отбирали пробоотборником с действующих станций биологической очистки г. Михайловка Волгоградской области.

В качестве токсиканта применяли сульфид-ион S^{2-} .

Исходный активный ил в дозе $1,1 \text{ г/дм}^3$ загружали в 3 цилиндрических сосуда высотой $0,5 \text{ м}$, туда же дозировали сточные воды с начальной концентрацией S^{2-} $0,1$, $0,5$ и $1,0 \text{ мг/дм}^3$ соответственно. По мере нарастания биомассы активного ила нагрузку по сульфид-иону увеличивали до $0,5$, $1,0$ и $1,5 \text{ мг/дм}^3$ соответственно в моделях № 1, № 2 и № 3. Концентрацию растворенного кислорода в модельных сточных водах поддерживали при постоянной температуре 22°C на уровне $4\text{--}6 \text{ мг/дм}^3$ аэрационным воздухом, подаваемым компрессором по трубкам в придонные части цилиндрических сосудов. Этим же способом обеспечивали перемешивание водно-иловой смеси (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема проведения лабораторных исследований

Для процесса синтеза клеточного вещества и прироста биомассы активного ила в цилиндрические сосуды с модельными сточными водами дозировали биогенные добавки – $C_6H_{12}O_6$, растворы $(NH_2)_2CO$ и K_3PO_4 , в дозах, определенных соотношением: $БПК_{полн}:N:P = 100:5:1$ [1, 3, 4, 11].

Результаты и обсуждение. Популяции микроорганизмов активного ила, обеспечивающие биодеструкцию C, N, P, S и других элементов на станциях биоочистки, находятся на разных трофических уровнях в условиях высокой трофности и стрессирования определенным спектром загрязнения, представляют искусственно созданную антропогенно зависимую экосистему. Нарушения в технологических режимах станций биоочистки как промышленных, так и хозяйственно-бытовых сточных вод, в частности высокие нагрузки и залповые выбросы высокотоксичных веществ, снижение концентрации растворенного кислорода или резкое изменение pH среды, провоцируют спад биодеструктивной способности и функциональной активности микроорганизмов биоценоза, приводят к антропогенному эвтрофированию и химическому загрязнению веществами различного класса опасности гидрографической сети.

Соединения сульфидов относятся к высокотоксичным веществам, способным оказывать летальное воздействие на гидробионты разных уровней организации (таблица 1).

Таблица 1 – Летальная концентрация S^{2-} для живых организмов

Виды живых организмов	Трофический уровень консумента	Концентрация S^{2-} , мг/дм ³
Биоценоз активного ила	I	0,10
Ракообразные	II	0,03
Рыбы	III	0,005
Млекопитающие и птицы	IV	0,001

Микроорганизмы при резких колебаниях нагрузок по сероводороду (в пересчете на сульфид-ион) до 0,10 мг/дм³ и выше испытывают стрессовое воздействие, которое приводит к летальному исходу всего биоценоза или отдельных индикаторных видов. Повышение выживаемости микроорганизмов возможно за счет их адаптации к экологическим параметрам среды посредством мутагенеза [3]. Дозированные стрессовые воздействия на генетический материал микроорганизмов, вызванные мутагенными факторами окружающей среды, например, химическими мутагенами в условиях, достаточных для жизнеобеспечения, способны модифицировать микроорганизмы и сделать их устойчивыми к условиям, в которых аборигенные микроорганизмы не выживали.

Для подтверждения этой гипотезы были проведены эксперименты по адаптации микробиома активного ила к токсическим нагрузкам, в ходе которых систематически проводили наблюдения за динамикой биомассы, водородным показателем, составом, количественным и качественным распределением микроорганизмов. Визуальное обследование исходного (контрольного) активного ила по органолептическим свойствам и микроскопическое исследование (рисунок 2) показали, что объект серо-коричневого цвета, болотного запаха, индикаторные виды: жгутиконосцы (1 %), амёбы (2 %), инфузории (прикрепленные и свободноплавающие, 48 %), коловратки (49 %). Преобладание в биоценозе инфузорий и коловраток свидетельствует о протекании процессов глубокой биоочистки и нитрификации, состояние активного ила оценивается как «хорошее» [1, 3, 9].

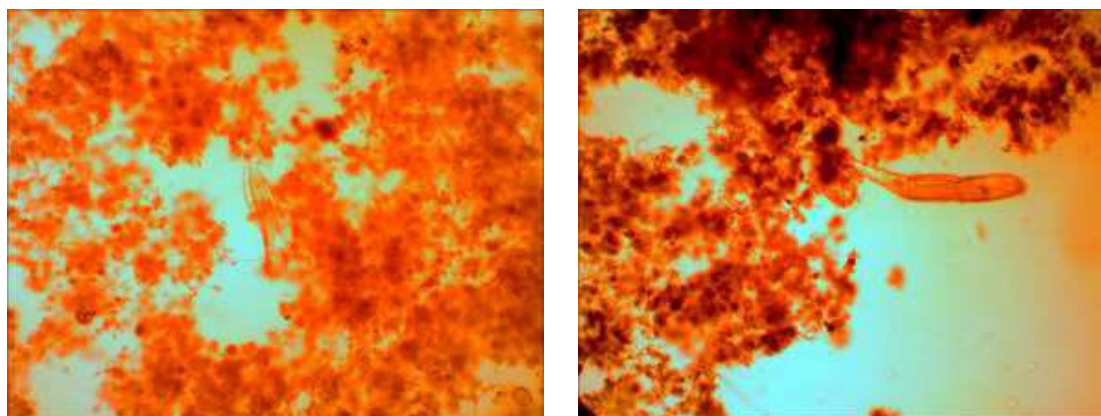


Рисунок 2 – Микроскопия активного ила со станций биоочистки г. Михайловка Волгоградской области (× 800)

В ходе проведения эксперимента установлено, что биоценоз активного ила в условиях дозированного нарастающего стресса химическим мутагеном при поддержании интенсивной аэрации и режима питания глюкозой, а также растворами карбамида и фосфата калия адаптировался к новым экологическим условиям. Во всех моделях в течение 25 суток зафиксирован линейный рост биомассы активного ила (рис. 3), причем наибольший отмечен в модели № 1 – с увеличением концентрации токсиканта S^{2-} с 0,1 до 0,5 мг/дм³

прирост составил 3,9 г/дм³ (от 1,1 до 5,0 г/дм³). Скорость нарастания биомассы в моделях № 2 и № 3 была ниже в сравнении с моделью № 1 соответственно на 40 и 44 % или 2,0 и 2,2 г/дм³, что обусловлено, видимо, более высокой концентрацией токсиканта.

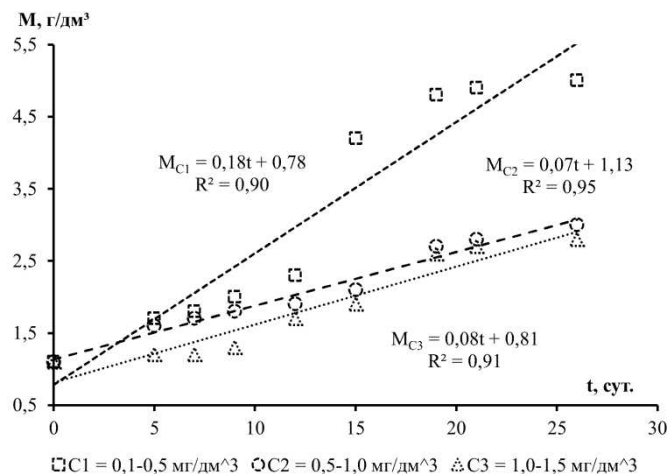


Рисунок 3 – Кинетика наращивания биомассы активного ила при различных токсических нагрузках по S²⁻

Абиотические стрессоры могут оказывать как катализирующее действие на микробиом активного ила (например, биогенные добавки), так и ингибирующее. Условия нейтральной среды (рН = 6,5-7,8) являются оптимальными для биоценоза, при смещении рН в кислотную сторону наблюдается снижение интенсивности обмена веществ у микроорганизмов, происходит дефлокуляция хлопьев активного ила (хлопья вытягиваются в тяжи, ил измельчается и светлеет) и, соответственно, происходит снижение седиментационной способности. При рН < 5,0 микроорганизмы вытесняются грибами. При сдвиге реакции среды в щелочную сторону – наоборот, обменные процессы протекают интенсивнее, а дальнейшее увеличение рН (9,5 единиц и выше) провоцирует гибель микробной популяции. В наших исследованиях установлено, что рост биомассы активного ила при различных нагрузках по сульфид-иону не сопровождается закислением или защелачиванием среды (рисунок 4), что свидетельствует о стабильно протекающих процессах биохимической деструкции.

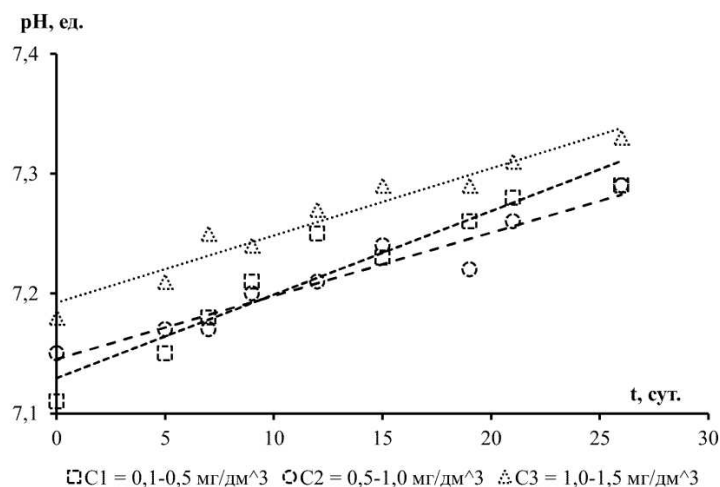


Рисунок 4 – Изменение кислотности водно-иловой смеси при различных токсических нагрузках по S²⁻

Увеличение биомассы активного ила не является полноценной характеристикой протекающих процессов деградации токсикантов и эффективности работы станций биоочистки. В условиях, благоприятных для жизнедеятельности микроорганизмов, в биоценозе появляются более совершенные виды, вплоть до хищников. Коловратки и инфузории относятся к хищникам третьего трофического уровня, по динамике изменения их численности, а также сукцессии микробиома активного ила суждения о качестве биоочистки и устойчивости активного ила к стрессовым воздействиям будут более достоверными. В таблице 2 приведены результаты исследования по количественному и качественному распределению микроорганизмов в биоценозе активного ила при различных токсических нагрузках.

Таблица 2 – Сравнительная оценка биоценоза активного ила
модельных сточных вод

Нагрузка на активный ил по S^{2-} , мг/дм ³		Распределение индикаторных видов микроорганизмов в биоценозе, %			
		жгутиконосцы	амебы	инфузории	коловратки
Контроль	0,0	1	2	48	49
Модель № 1	0,1	10	12	49	29
	0,2	12	15	46	27
	0,5	12	16	45	27
Модель № 2	0,5	19	19	42	20
	1,0	20	19	42	19
Модель № 3	1,0	21	20	41	18
	1,5	25	23	37	15

Согласно полученным данным, с увеличением токсической нагрузки происходят изменения в структуре биоценоза: снижается численность хищников, особенно коловраток, и увеличивается количество простейших (жгутиконосцев и амёб). Если в исходной сточной воде простейшие составляли 3 % от всего биоценоза и активный ил характеризовался как интенсивно нитрифицирующий [1, 3, 9], то при нагрузке по S^{2-} 0,5 мг/дм³ в модели № 1 – уже 28 % (против 27 % коловраток), а при той же нагрузке в модели № 2 – 38 % (против 20 % коловраток), что свидетельствует о снижении нитрифицирующей способности активного ила, а его состояние оценивается как «удовлетворительное» [1, 3, 9]. При нагрузке по S^{2-} 1,5 мг/дм³ в модели № 3 соотношение между простейшими и хищниками практически сравнялось – 48 % против 52 %, из которых коловраток всего 15 %.

Такая динамика обусловлена тем, что в модели № 1 биоценоз активного ила находился в условиях дозированного нарастающего стресса и в большей степени адаптировался к новым экологическим условиям. В результате при нагрузке по S^{2-} 0,5 мг/дм³ количество коловраток в биоценозе было больше на 10 % в отличие от модели № 2. Тем не менее, согласно полученным данным, биоценоз активного ила во всех моделях адаптировался к нагрузкам по сульфид-иону.

Заключение. Очистка промышленных и городских хозяйственно-бытовых канализационных стоков, в том числе от индивидуальных жилых построек, биологическими методами в аэробных условиях является наиболее универсальной, так как отличается высокой эксплуатационной надежностью, стабильным функционированием, высокой скоростью протекания процессов биохимической деструкции органических, некоторых неорганических и минеральных загрязнений в результате жизнедеятельности и эволюции биоценоза активного ила. Однако вследствие различных причин нередко в сточные воды попадают высокотоксичные вещества, вызывающие гибель микробиома активного ила. Разработка и внедрение мероприятий по его адаптации к стрессовым воздействиям позволяет

нивелировать их влияние на эффективность работы станций биоочистки, снизить экологическую напряженность вблизи урбанистических территорий, в том числе за счет утилизации осадка сточных вод в качестве удобрения-мелиоранта на сельскохозяйственных полях. Лабораторными исследованиями доказано, что дозированные нарастающие стрессовые воздействия химическими мутагенами на генетический материал микроорганизмов при достаточных для их жизнеобеспечения параметрах аэрации и питания приводят к сукцессии, в результате которой формируется адаптированный, обладающий экологической устойчивостью к условиям среды биоценоз активного ила.

Библиографический список

1. Возная, Н.Ф. Химия воды и микробиология [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Ф. Возная. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1979. – 340 с.
2. Гидрохимические методы контроля. Комплект методик по гидрохимическому контролю активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка, активного ила, прозрачности надильной воды [Текст]: ФР 1.31.2008.04397, ФР 1.31.2008.04398, ФР 1.31.2008.04399, ФР 1.31.2008.04400: утв. ООО АКВАРОС. – Введ. 2007-12-11. – М.: ООО АКВАРОС, 2008. – 31 с.
3. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками [Текст] / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
4. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]: СП 32.13330.2012: утв. Минрегион России 29.12.2011. – Введ. 2013-01-01.
5. Методы санитарно-биологического контроля. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила [Текст]: ПНД Ф СБ 14.1.92-96: утв. Госкомитетом Рос. Федерации по охране окружающей среды 25.10.1996. – Введ. 1996-10-25. – М., 1996. – 51 с.
6. Модернизация и снижение энергоемкости станций очистки сточных вод [Текст] / В.И. Пындак, Ю.А. Чернова, А.Е. Новиков, Е.А. Дугин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2016. – № 6. – С. 27-29.
7. Пындак, В.И. Адсорбционные свойства удобрений на основе осадков сточных вод [Текст] / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, А.С. Межева // Теоретические и прикладные проблемы АПК. – 2016. – № 4. – С. 61-64.
8. Пындак, В.И. Действие и последствие нетрадиционных удобрений-мелиорантов при орошении [Текст] / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, А.С. Межева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3. – С. 196-202.
9. Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки с аэротенками [Текст]: метод. пособие / М.В. Демина и [др.]; Пермский ГТУ. – Пермь, 2004 – 52 с.
10. Способ возделывания сафлора в сухом земледелии аридных регионов [Текст]: патент на изобретение № 2646056 Российская Федерация, МПК А01В 79/02. / А.Е. Новиков, А.С. Межева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ – № 2016143984, заявл. 08.11.2016; опубл. 01.03.2018. Бюл. № 7.
11. Удобрение-мелиорант [Текст]: патент на изобретение № 2601217 Российская Федерация, МПК В01J 2/30, С05G 1/00. / В.И. Пындак, Е.А. Литвинов, А.Е. Новиков, А.С. Межева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. – № 2015136944, заявл. 31.08.2015; опубл. 27.10.2016. Бюл. № 30.
12. Comparative studies on the impact of bio-fertilizer produced from agro-wastes using thermo-tolerant actinomycetes on the growth performance of Maize (*Zea-mays*) and Okro (*Abelmoschus esculentus*) / C.O. Asadu, N.G. Aneke, S.O. Egbuna, A.C. Agulanna // Environmental Technology and Innovation. – 2018. – Vol. 12. – P. 55-71.
13. Evaluation of benefits and risks associated with the agricultural use of organic wastes of pharmaceutical origin / M. Cucina, C. Tacconi, A. Ricci, D. Pezzolla, S. Sordi, C. Zadra, G. Gigliotti // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 613-614. – P. 773-782.

14. Vasilyev, S. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land / S. Vasilyev, Y. Domashenko // Journal of Ecological Engineering. 2018. Vol. 19. – Issue 1. – P. 48-54.

15. Pyndak, V.I. Optimization of organic-containing wastewater and sludge treatment systems / V.I. Pyndak, A.E. Novikov, V.N. Shtepa // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2017. – Vol. 37. – No. 4. – P. 507-511.

16. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: a mini-review / L.H. Lee, T.Y. Wu, K.P.Y. Shak, S.L. Lim, K.Y. Ng, M.N. Nguyen, W.H. Teoh // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2018. – Vol. 93. – Issue 4. – P. 925-935.

17. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality / W. Melo, D. Delarica, A. Guedes, L. Lavezzo, R. Donha, A. de Araújo, G. de Melo, F. Macedo // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 643. – P. 1493-1501.

Reference

1. Voznaya, N. F. Himiya vody i mikrobiologiya [Tekst]: ucheb. posobie dlya vuzov / N. F. Voznaya. - Izd. 2-e, pererab. i dop. - M.: Vyssh. shkola, 1979. - 340 p.

2. Gidrohimicheskie metody kontrolya. Komplekt metodik po gidrohimicheskomu kontrolyu aktivnogo ila: opredelenie massovoj koncentracii aktivnogo ila, ilovogo indeksa, zol'nosti syrogo osadka, aktivnogo ila, prozrachnosti nadilovoj vody [Tekst]: FR 1.31.2008.04397, FR 1.31.2008.04398, FR 1.31.2008.04399, FR 1.31.2008.04400: utv. OOO AKVAROS. - Vved. 2007-12-11. - M.: OOO AKVAROS, 2008. - 31 p.

3. Zhmur, N. S. Tehnologicheskie i biohimicheskie processy ochistki stochnyh vod na sooruzheniyah s ajerotenkami [Tekst] / N. S. Zhmur. - M.: AKVAROS, 2003. - 512 p.

4. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya [Tekst]: SP 32.13330.2012: utv. Minregion Rossii 29.12.2011. - Vved. 2013-01.01.

5. Metody sanitarno-biologicheskogo kontrolya. Metodicheskoe rukovodstvo po gidrobiologicheskomu kontrolyu nitchatyh mikroorganizmov aktivnogo ila [Tekst]: PND F SB 14.1.92-96: utv. Goskomitetom Ros. Federacii po ohrane okruzhayushej sredy 25.10.1996. - Vved. 1996-10-25. - M., 1996. - 51 p.

6. Modernizaciya i snizhenie jenergoemkosti stancij ochistki stochnyh vod [Tekst] / V. I. Pyndak, Yu. A. Chernova, A. E. Novikov, E. A. Dugin // Remont, vosstanovlenie, modernizaciya. - 2016. - № 6. - P. 27-29.

7. Pyndak, V. I. Adsorbcionnye svojstva udobrenij na osnove osadkov stochnyh vod [Tekst] / V. I. Pyndak, A. E. Novikov, A. S. Mezhevova // Teoreticheskie i prikladnye problemy APK. - 2016. - № 4. - P. 61-64.

8. Pyndak, V. I. Dejstvie i posledejstvie netradicionnyh udobrenij-meliorantov pri oroshenii [Tekst] / V. I. Pyndak, A. E. Novikov, A. S. Mezhevova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 3. - P. 196-202.

9. Rekomendacii po provedeniyu gidrobiologicheskogo kontrolya na sooruzheniyah biologicheskoy ochistki s ajerotenkami [Tekst]: metod. posobie / M. V. Demina i [dr.]; Permskij GTU. - Perm', 2004 - 52 p.

10. Sposob vzdelyvaniya saflora v suhom zemledelii aridnyh regionov [Tekst]: patent na izobretenie № 2646056 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 79/02. / A. E. Novikov, A. S. Mezhevova; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Volgogradskij GAU - № 2016143984, zayavl. 08.11.2016; opubl. 01.03.2018. Byul. № 7.

11. Udobrenie-meliorant [Tekst]: patent na izobretenie № 2601217 Rossijskaya Federaciya, MPK B01J 2/30, C05G 1/00. / V. I. Pyndak, E. A. Litvinov, A. E. Novikov, A. S. Mezhevova; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Volgogradskij GAU. - № 2015136944, zayavl. 31.08.2015; opubl. 27.10.2016. Byul. № 30.

12. Comparative studies on the impact of bio-fertilizer produced from agro-wastes using thermo-tolerant actinomycetes on the growth performance of Maize (Zea-mays) and Okro (Abelmoschus esculentus) / C.O. Asadu, N.G. Aneke, S.O. Egbuna, A.C. Agulanna // Environmental Technology and Innovation. - 2018. - Vol. 12. - P. 55-71.

13. Evaluation of benefits and risks associated with the agricultural use of organic wastes of pharmaceutical origin / M. Cucina, C. Tacconi, A. Ricci, D. Pezzolla, S. Sordi, C. Zadra, G. Gigliotti // Science of the Total Environment. - 2018. - Vol. 613-614. - P. 773-782.

14. Vasilyev, S. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land / S. Vasilyev, Y. Domashenko // Journal of Ecological Engineering. 2018. Vol. 19. - Issue 1. - P. 48-54.

15. Pyndak, V.I. Optimization of organic-containing wastewater and sludge treatment systems / V.I. Pyndak, A.E. Novikov, V.N. Shtepa // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. - 2017. - Vol. 37. - №. 4. - P. 507-511.

16. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via Cifirica (TM) versiya 2.1 (C) Roman V. Koshelev. -- micomposting: a mini-review / L.H. Lee, T.Y. Wu, K.P.Y. Shak, S.L. Lim, K.Y. Ng, M.N. Nguyen, W.H. Teoh // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. - 2018. - Vol. 93. - Issue 4. - P. 925-935.

17. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality / W. Melo, D. Delarica, A. Guedes, L. Lavezzo, R. Donha, A. de Araujo, G. de Melo, F. Macedo // Science of the Total Environment. - 2018. - Vol. 643. - P. 1493-1501.

E-mail: novikov-ae@mail.ru

УДК 332.3

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-47

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПОЛУЧЕНИЮ И ОБРАБОТКЕ
ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
METHODOLOGICAL APPROACHES TO OBTAINING
AND PROCESSING OF REMOTE SENSING DATA FOR JUSTIFICATION
OF RECLAMATION ACTIVITIES**

А.Ф. Рогачев, доктор технических наук, профессор

A.F. Rogachev

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Проведен анализ основных возможностей применения результатов дистанционного зондирования (ДЗ) и космического мониторинга для обоснования мелиоративных мероприятий в сельскохозяйственном производстве. Обоснованы основные параметры обработки данных измерений, которые могут быть использованы для проведения постоянного мониторинга состояния сельскохозяйственных полей. Выявлены основные задачи, решаемые разрабатываемым программным комплексом на основе данных ДЗ и космического мониторинга. Рассмотрены методические подходы к созданию программного комплекса, предназначенного для получения и обработки данных ДЗ в видимой и инфракрасной части спектра. Разрабатываемый программный комплекс (ПК) предназначен для получения результатов ДЗ и спутникового мониторинга с использованием для последующего анализа совокупности вегетационных индексов. Обоснованы и сформулированы основные задачи, решаемые разрабатываемым программным комплексом, которые определяют его структуру и логическую модель БД. Приведены технические характеристики спутниковых систем и спектральных приборов MODIS для осуществления ДЗ в видимой части спектра (0,3...0,6 мкм) и в инфракрасном диапазоне (0,7...1,0 мкм). Обоснована совокупность вегетационных индексов, включая NDVI и его модификации, которые образуют алгоритмическое ядро анализа данных. Разрабатываемый программный комплекс позволит системно агрегировать и накапливать агрофизическую и гидрометеорологическую информацию для обоснования мелиоративных мероприятий.

The analysis of the main possibilities of applying the results of remote sensing (DZ) and space monitoring to substantiate land reclamation activities in agricultural production was carried out. The main processing parameters of measurement data that can be used to conduct continuous monitoring of the state of agricultural fields are substantiated. The main tasks solved by the developed software

package based on remote sensing data and space monitoring are identified. The considered methodical approaches to the creation of a software package designed to receive and process remote sensing data in the visible and infrared part of the spectrum. The developed software package (PC) is designed to obtain the results of remote sensing and satellite monitoring using a set of vegetation indices for subsequent analysis. The main tasks solved by the developed program complex, defining its structure and logical model of the database are substantiated and formulated. The technical characteristics of satellite systems and spectral MODIS instruments for remote sensing in the visible part of the spectrum (0.3 ... 0.6 μm) and in the infrared range (0.7 ... 1.0 μm) are presented. The set of vegetation indices, including NDVI and its modifications, forming the algorithmic core of data analysis, is substantiated. The developed software package will allow systemically aggregate and accumulate agrophysical and hydrometeorological information to substantiate land reclamation activities.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, обработка данных, вегетационные индексы, мелиоративные мероприятия.

Key words: remote sensing, data processing, vegetation indices, melioration activities.

Введение. Важным компонентом обеспечения продовольственной безопасности является состояние аграрного производства. С учетом концепции его развития, изложенной в Федеральной целевой программе «Устойчивое развитие сельских территорий на период до 2020 г.» [5], необходимо внедрять инновации, которые включают применение дистанционного зондирования (ДЗ) и мониторинга сельскохозяйственных земель в целях их мелиорации [4].

Современный уровень развития методов ДЗ позволяет получать спектральную информацию по десяткам спектральных каналов с различным пространственным разрешением (30–250, 500 и 1000 м), что позволяет получать оценку различных почвенных характеристик и параметров агроценозов. Доступным для проведения научных исследований является сервис «БЕГА-Science», разработанный в Институте космических исследований РАН – ИКИ РАН (<http://iki.rssi.ru/>). В то же время специалисты Центра космического мониторинга Земли ТУСУРа [1] отмечают дефицит методов математической обработки и специализированного ПО анализа результатов ДЗ для уровня отдельных аграрных предприятий.

Перечисленные программы не ориентированы на уровень конкретных агропредприятий, что требует разработки специализированных интеллектуальных ПС, допускающих возможности адаптации для отдельных хозяйств, а также интеграцию с ГИС-технологиями [8, 7].

Материалы и методы. Сельскохозяйственные растения имеют различную степень спектрального отражения солнечного излучения – сравнительно низкую в видимой части спектра (0,3...0,6 мкм) и относительно высокую в инфракрасном диапазоне (0,7...1,0 мкм) [13].

В спектре отражения растений отмечают характерные отличия, обусловленные влиянием поглощения водяного пара. Следовательно, суммарное отраженное излучение зависит от биологических и сортовых особенностей растений, развития листовой поверхности, фаз их роста, химического состава почвы и других факторов [9].

Известные характеристики спектральных свойств отражения различных поверхностей, представленные на рисунке 1, являются основой для расчета соответствующих индексов [13].

С целью анализа уровня развития сельскохозяйственных растений на основе данных ДЗ используют расчетные вегетационные индексы:

$$NDVI = (RED - NIR) / (RED + NIR), \quad (1)$$

где $NDVI$ – нормализованный разностный вегетационный индекс; RED – коэффициент отражения в инфракрасном спектре; NIR – коэффициент отражения в видимом спектре.

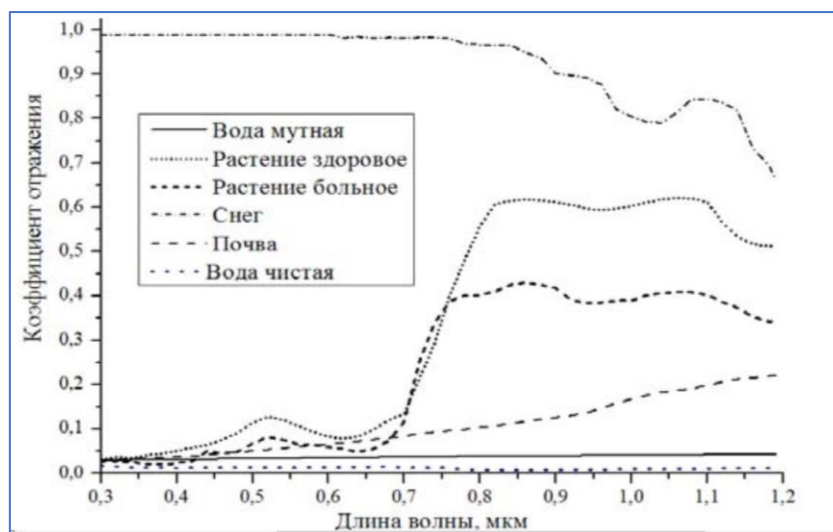


Рисунок 1 – Спектральные характеристики отражения различных поверхностей (по данным [4])

Для решения задач спутникового ДЗ можно использовать данные измерения спутниковых приборов космического мониторинга, которые находятся в свободном доступе. Данные по отражению излучения в различных диапазонах спектров излучения можно получать из открытых источников [12], некоторые из них позволяют получать сразу расчетные значения вегетационных индексов (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики спектральных приборов спутникового мониторинга

Наименование прибора	Разрешение, м	Количество каналов	Периодичность, дней
ASTER	15, 30	9	16
AVHRR	1000	6	1
LANDSAT	15, 30, 100	11	16
MODIS	250, 500, 1000	36	1
VEGETATION	300, 1000	7	10

Результаты и обсуждение. Доступным для исследователей является многофункциональный программный комплекс с web-интерфейсом «Вега» [9], функционирование которого базируется на данных спутникового датчика MODIS, которые предназначены для расчета нормализованного разностного вегетационного индекса *NDVI* с временным разрешением 8 и 16 дней [11]. В основе сервиса «Вега» лежит обработка ежедневно получаемых спутниковых данных. В качестве показателя состояния растительного покрова используются вегетационные индексы и характер их поведения в течение сезона вегетации в сравнении с другими сезонами и/или с нормальным развитием растительности. По заказу Минсельхоза РФ разрабатывается «Система дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения АПК» [1].

Применяемая в настоящее время система мониторинга сельскохозяйственных полей не позволяет получать данные применительно к конкретным задачам локального уровня по выявлению эволюции состояния сельскохозяйственных угодий (плодородие, засоленность, эродированность), развития и состояния агроценозов, наличию вредителей и т.п. Мониторинг территорий во времени и пространстве проводится фрагментарно, получаются данные только для локальных зон, что не позволяет представить ситуа-

цию системно и получать прогноз для всей территории. Это требует развития инновационных аналитико-технологических подходов по использованию данных ДЗ в аграрном производстве.

Нами разрабатывается и развивается программная система, способная с высокой степенью автоматизации процедур обработки проводить получение, хранение, предварительную и тематическую обработку и анализ результатов обработки, в качестве аналога которой принята «Интернет-информационная система накопления, обработки и анализа спутниковых данных MODIS» [2]. Алгоритмическим ядром разрабатываемой системы является расчет совокупности нормализованных вегетационных индексов.

Для решения задач ДЗ сельскохозяйственных земель наибольшее распространение получил индекс NDVI, однако для решения отдельных задач мелиорации земель могут использоваться и другие вегетационные индексы - скорректированный почвенный индекс, зеленый индекс хлорофилла, скорректированный вегетационный индекс, нормализованный красно-зеленый индекс и др.:

$$SAVI = (1 + L)(NIR - RED)/(L + RED + NIR) \quad (2)$$

где SAVI – скорректированный почвенный индекс;

$$CIG = \left(\frac{NIR}{GREEN} \right) - 1 \quad (3)$$

где CIG – зеленый индекс хлорофилла;

$$CVI = (NIR \cdot RED)/(GREEN^2) \quad (4)$$

где CVI – вегетационный хлорофилловый индекс;

$$EVI = 2,5 \cdot (NIR - RED)/(NIR + 6 \cdot RED - 7,5 \cdot BLUE + 1), \quad (5)$$

где EVI – расширенный вегетационный индекс;

$$CTVI = \left(\frac{(NDVI + 0,5)^2}{|NDVI + 0,5|} \right)^{0,5}, \quad (6)$$

где CTVI – скорректированный вегетационный индекс;

$$NGRDI = (GREEN - RED)/(GREEN + RED), \quad (7)$$

где NGRDI – нормализованный красно-зеленый индекс.

Для эффективного функционирования сельскохозяйственного предприятия определенной территории в течение всего года требуется сформулировать основные производственные задачи, а также найти разнообразные метеорологические, почвенные условия гидрологического режима, которые влияют на реализацию каждой задачи. Это позволит сельхозпредприятиям оценить ожидаемые преимущества от учета результатов обработки данных космического мониторинга в ежедневной практике, а разработчикам программного обеспечения – сформулировать основные требования к проектируемым системам, включая элементы аспекты точного земледелия.

Основные задачи ДЗ для мелиоративной оценки состояния сельскохозяйственных земель можно подразделить на следующие: предпосевная обработка, непосредственно сев, мониторинг развития агроценозов, уборка урожая [4, 10]. Часть из них может решаться посредством традиционных наземных измерений, а некоторые предпочтительны для обработки данных ДЗ и/или космического мониторинга.

Отметим, что наземные данные позволяют проводить калибровку результатов обработки данных ДЗ, при этом эталонные измерения выполняются в отдельных местах анализируемых территорий, а остальная площадь земель обследуется с использованием ДЗ.

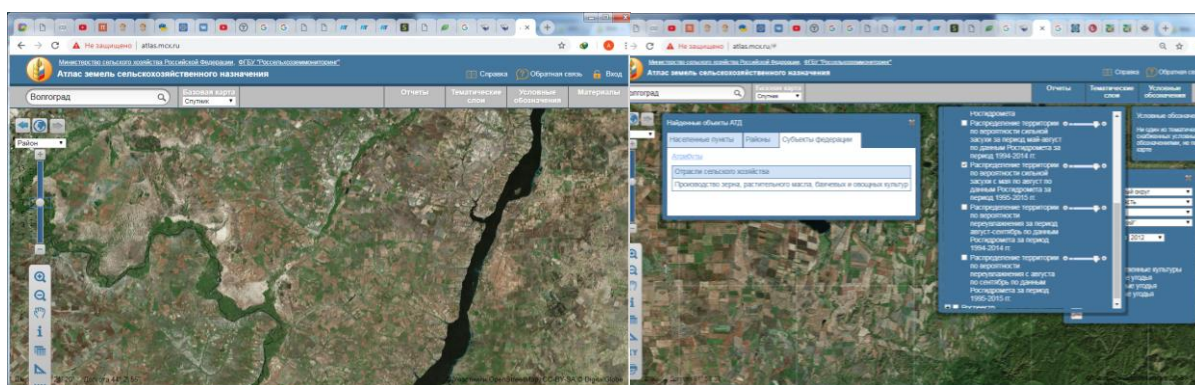
Выделим основные задачи, которые достаточно эффективно решаются с использованием данных ДЗ и космического мониторинга:

- 1) качественное состояние земельных ресурсов и динамика его изменения;
- 2) детализация распределения посевов (с точностью до 1 га);
- 3) развитие растений и пространственное распределение фитомассы по фазам вегетационного периода;
- 4) выявление зон деградации земель (засоление, эрозия и др.) и оценка за-растания древесно-кустарниковой растительностью неиспользуемых;
- 5) выявление неиспользуемых земель, а также фактов несанкционированного использования сельскохозяйственных земель.

При этом возможно накопление статистических данных за требуемые годы проведения мониторинга и исследований.

Удаленность и взаимное расположение сельскохозяйственных полей, в т.ч. орошаемых, вызывает необходимость создания системы регулярного мониторинга и контроля над их состоянием. Данные о севооборотах использования земельных участков позволяют не только оптимизировать их использование, но и более обоснованно строить прогнозы продуктивности земель и урожайности сельскохозяйственных культур.

Накопление данных ДЗ и космического мониторинга с гидрометеорологическими данными позволяет строить адекватную математическую модель, верифицируемую по результатам наземных агрофизических измерений, и разрабатывать соответствующие мелиоративные мероприятия по сохранению и повышению почвенного плодородия.



а)

б)

Рисунок 2 – Рабочие экраны системы спутникового мониторинга «Вега»:

а) стартовое окно; б) окно выбора объекта

Основными задачами, требующими автоматизации, являются процедуры приема, хранения, обработки и анализа данных ДЗ. Среди них выделяются:

- непосредственное получение от спектральных приборов и предварительная обработка спутниковой информации;
- заполнение реляционных баз данных (БД) для хранения поступающих результатов и их предварительной обработки;
- разработка программных средств предобработки и предоставления информации, получаемой по результатам алгоритмических преобразований.

Блок-схема разрабатываемого программного комплекса, структура которого базируется на известных системах [2], представлена на рисунке 2. Блоки приема исходной информации обеспечивают получение и последующее хранение (актуализацию) информации ДЗ. Результаты расчета совокупности вегетационных индексов представлены в моделирующем блоке.

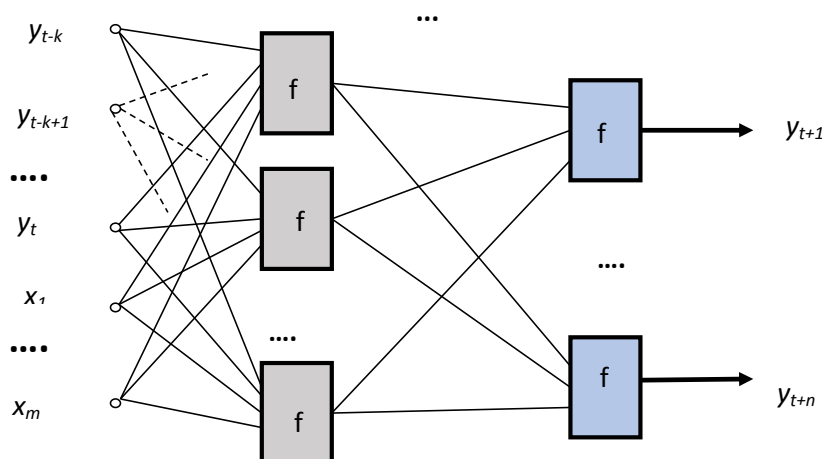


Рисунок 3 – Блок-схема ИНС разрабатываемой системы

Отдельный блок обеспечивает построение пространственных и временных моделей изменения анализируемых индексов, включая определение трендовых и сезонных компонент соответствующих временных рядов, и сравнения текущих значений с требуемыми эталонными параметрами [15].

Кроме того, предусмотрен блок для анализа полученных параметров на основе искусственной нейронной сети (ИНС) для поддержки принятия решений при неблагоприятных развитиях ситуации (поражение вредителями, засоление, зарастание, эрозия).

Заключение. Рассмотрены методические подходы к созданию программного комплекса, предназначенного для получения и обработки данных дистанционного зондирования в видимой и инфракрасной части спектра. Программный комплекс предназначен для получения результатов ДЗ и спутникового мониторинга с использованием для последующего анализа совокупности вегетационных индексов. Обоснованы и сформулированы основные задачи, решаемые разрабатываемым программным комплексом и определяющие его структуру и логическую модель БД. Обоснована совокупность вегетационных индексов, включая NDVI и его модификации, образующих алгоритмическое ядро анализа данных. Разрабатываемый программный комплекс позволит системно агрегировать и накапливать агрофизическую и гидрометеорологическую информацию для обоснования мелиоративных мероприятий.

Библиографический список

1. Волков, С. С. Применение системы дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации [Электронный ресурс]/ С.С. Волков, П.А. Булгаков, Р.Ю. Мурлыкин // Молодой ученый. – 2016. – №6.3. – С. 13-16. – URL <https://moluch.ru/archive/110/27193/> (дата обращения: 07.11.2018).
2. Катаев М.Ю. Интернет-информационная система накопления, обработки и анализа спутниковых данных MODIS [Текст]/ М.Ю. Катаев, А.А. Бекеров, А.К. Лукьянов // Доклады ТУСУРа. – 2015. – № 1 (35). – С. 93–99.

3. Катаев М.Ю. Интеллектуальный ситуационный центр, основанный на комплексировании космических и наземных данных [Текст]/ М.Ю. Катаев, А.А. Скугарев // Доклады ТУСУРа. – 2016. – Т. 19. – № 3. – С. 61-64.

4. Катаев, М.Ю. Возможности космического мониторинга для целей сельского хозяйства Томской области [Текст]/ М.Ю. Катаев, А.А. Скугарев, И.Б. Сорокин // Доклады ТУСУР. – 2017. – Т. 20. – № 3. – С. 186-190.

5. О федеральной целевой программе «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014–2017 годы и на период до 2020 года (ред. от 25.05.2016) [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 15 июля 2013 г. № 598 // Информационно-правовой портал «Консультант». – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149879. (дата обращения: 07.07.2018).

6. Обработка данных ДЗЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=26&table=Menu

7. Пронько, Н.А. Применение геоинформационных технологий для пространственного моделирования водно-солевого режима орошаемых земель сухостепного Поволжья [Текст]/ Н.А. Пронько, А.С. Фалькович, В.В. Корсак // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2010. – № 9. – С. 13-16.

8. Рогачев, А.Ф. Математическое обеспечение системы поддержки принятия решений на основе ГИС-технологий [Текст]/ А.Ф. Рогачев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2009. – № 2. – С. 144-151.

9. Сайт системы «Вега» [<http://dev.vega.smislab.ru>].

10. Савин, И.Ю. Оперативный спутниковый мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур в России [Текст]/ И.Ю. Савин, Е.А. Лупян, С.А. Барталев // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 69–76.

11. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») [Текст]/ Е.А. Лупян, И.Ю. Савин, С.А. Барталев и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8. – № 1. – С. 190-198.

12. Чернов, А.В. Построение рядов вегетационных индексов сельхозполей на основе комплексирования космических снимков различного разрешения и векторных карт [Текст]/ А.В. Чернов, Н.С. Воробьева, А.А. Иванов // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. 15–19 ноября 2010 г. / ИКИ РАН. – М., 2010. – С. 87-88.

13. Черепанов, А.С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы [Текст]/ А.С. Черепанов, Е.Г. Дружинина // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28-32.

14. Шаповалов, Д.А. Методические основы мониторинга земель [Текст]/ Д.А. Шаповалов, П.В. Ключин, А.А. Мурашева. – М.: ГУЗ, 2010. – 300 с.

15. Rogachev A. (2015) Economic and Mathematical Modeling of Food Security Level in View of Import Substitution // Asian Social Science. – Vol. 11. – №. 20. – P. 178-185. – DOI: 10.5539/ass.v11n20p178

Reference

1. Volkov, S. S. Primenenie sistemy distancionnogo monitoringa zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya v Rossijskoj Federacii [Jelektronnyj resurs]/ S. S. Volkov, P. A. Bulgakov, R. Yu. Murlykin // Molodoj uchenyj. - 2016. - № 6.3. - P. 13-16. - URL <https://moluch.ru/archive/110/27193/> (data obrascheniya: 07.11.2018).

2. Kataev M. Yu. Internet-informacionnaya sistema nakopleniya, obrabotki i analiza sputnikovyh dannyh MODIS [Tekst]/ M. Yu. Kataev, A. A. Bekerov, A. K. Luk'yanov // Doklady TUSURa. - 2015. - № 1 (35). - P. 93-99.

3. Kataev M. Yu. Intellektual'nyj situacionnyj centr, osnovannyj na kompleksirovanii kosmicheskikh i nazemnykh dannykh [Tekst]/ M. Yu. Kataev, A. A. Skugarev // Doklady TUSURa. - 2016. - T. 19. - № 3. - P. 61-64.

4. Kataev, M. Yu. Vozmozhnosti kosmicheskogo monitoringa dlya celej sel'skogo hozyajstva Tomskoj oblasti [Tekst]/ M. Yu. Kataev, A. A. Skugarev, I. B. Sorokin // Doklady TUSUR. - 2017. - T. 20. - № 3. - P. 186-190.

5. O federal'noj celevoj programme "Ustojchivoe razvitie sel'skih territorij na 2014-2017 gody i na period do 2020 goda (red. ot 25.05.2016) [Elektronnyj resurs]: Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 15 iyulya 2013 g. № 598 // Informacionno-pravovoj portal "Konsul'tant". - Rezhim dostupa: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_149879. (data obrascheniya: 07.07.2018).

6. Obrabotka dannyh DZZ [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=26&table=Menu

7. Pron'ko, N. A. Primenenie geoinformacionnyh tehnologij dlya prostranstvennogo modelirovaniya vodno-solevogo rezhima oroshaemyh zemel' suhostepnogo Povolzh'ya [Tekst]/ N. A. Pron'ko, A. S. Fal'kovich, V. V. Korsak // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. - 2010. - № 9. - P. 13-16.

8. Rogachev, A. F. Matematicheskoe obespechenie sistemy podderzhki prinyatiya reshenij na osnove GIS-tehnologij [Tekst]/ A. F. Rogachev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2009. - № 2. - P. 144-151.

9. Sajt sistemy "Vega" [<http://dev.vega.smlab.ru>].

10. Savin, I. Yu. Operativnyj sputnikovyj monitoring sostoyaniya posevov sel'sko-hozyajstvennyh kul'tur v Rossii [Tekst]/ I. Yu. Savin, E. A. Lupyan, S. A. Bartalev // Geomatika. - 2011. - № 2. - P. 69-76.

11. Sputnikovyj servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("Vega") [Tekst]/ E. A. Lupyan, I. Yu. Savin, S. A. Bartalev i dr. // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. - 2011. - T. 8. - № 1. - P. 190-198.

12. Chernov, A. V. Postroenie ryadov vegetacionnyh indeksov sel'hozpolej na osnove kompleksirovaniya kosmicheskikh snimkov razlichnogo razresheniya i vektornykh kart [Tekst]/ A. V. Chernov, N. S. Vorob'jova, A. A. Ivanov // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa. Fizicheskie osnovy, metody i tehnologii monitoringa okruzhayushej sredy, potencial'no opasnykh yavlenij i ob'ektov. 15-19 noyabrya 2010 g. / IKI RAN. - M., 2010. - P. 87-88.

13. Cherepanov, A. S. Spektral'nye svoystva rastitel'nosti i vegetacionnye indeksy [Tekst]/ A. S. Cherepanov, E. G. Druzhinina // Geomatika. - 2009. - № 3. - P. 28-32.

14. Shapovalov, D. A. Metodicheskie osnovy monitoringa zemel' [Tekst]/ D. A. Shapovalov, P. V. Klyushin, A. A. Murasheva. - M.: GUZ, 2010. - 300 p.

15. Rogachev A. (2015) Economic and Mathematical Modeling of Food Security Level in View of Import Substitution // Asian Social Science. - Vol. 11. - №. 20. - P. 178-185. - DOI: 10.5539/ass.v11n20p178

E-mail: rafr@mail.ru

УДК 632.125:910.1:531.3

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-48

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ
MATHEMATICAL MODELS OF DYNAMIC SUSTAINABILITY
ARID ECOSYSTEMS**

А. Н. Салугин, доктор сельскохозяйственных наук

A.N. Salugin

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

Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS, Volgograd

Рассмотрены некоторые аспекты математического моделирования динамической устойчивости на примере почвенно-растительных систем (ПРС) аридных зон. Моделирование динамики функционирования ПРС базировалось на парадигме неравновесной термодинамики с использованием аналитических методов дифференциальных уравнений. Приведены примеры

математических моделей деградации ПРС Черных земель Калмыкии. Обсуждаются проблемы устойчивого функционирования и восстановления почвенно-растительных сообществ в зонах с повышенной аридностью. Показаны новые методологические возможности математических моделей в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), содержащих варьируемые параметры. Исследование чувствительности решений ОДУ к изменению этих параметров, отражающих интенсивность взаимодействий между экотонами ПРС, позволило сделать вывод об адекватности описания динамики почвенно-растительных систем с помощью математического аппарата дифференциальных уравнений.

Some aspects of mathematical modeling of dynamic stability on the example of soil-plant systems (ORS) of arid zones are considered. The modeling of the dynamics of the PRS operation was based on the paradigm of nonequilibrium thermodynamics with the use of analytical methods of differential equations. Examples of mathematical models of degradation of the ORS of the Black Lands of Kalmykia are given. Problems of sustainable functioning and restoration of soil-plant communities in zones with high aridity are discussed. New methodological possibilities of mathematical models are shown in the form of systems of ordinary differential equations (ODE) containing the parameters to be varied. Investigation of the sensitivity of the ODE solutions to the change of these parameters, reflecting the intensity of interactions between ecotones of the PRS, made it possible to draw a conclusion about the adequacy of the description of the dynamics of soil-plant systems using the mathematical apparatus of differential equations.

Ключевые слова: аридные экосистемы, математическое моделирование, устойчивость пастбищных систем, параметрическая устойчивость экосистем.

Key words: arid ecosystems, mathematical modeling, sustainability of pasture systems, parametric sustainability of ecosystems.

Введение. Проблема биологического разнообразия привлекает все большее внимание, его роль в устойчивости экосистем несомненна. До настоящего времени информация о разнообразии почвенных растительных сообществ просто накапливалась в виде вербального описания новых видов и динамики их функционирования внутри экосистем. Однако до настоящего времени межвидовые превращения (сукцессии) изучены слабо. Разнообразие экотонов обеспечивает некоторый «выбор» в стратегии эволюции экосистем. Следует отметить, что фундаментальная роль разнообразия привлекла к себе внимание ученых в связи с развитием кибернетики, когда на основе теоремы Эшби был сформулирован «Закон необходимого разнообразия», объясняющий устойчивость, связанную с поступлением в систему энергии и массы из внешней среды. В свою очередь понимание важности биологического разнообразия среди экологов привело к осознанию необходимости его сохранения для устойчивого развития и выживания природных резерватов. Автор [1] утверждает, что природная система Земли в настоящее время приближается к точке бифуркации, после которой развитие может протекать по нескольким равновероятным фазовым траекториям.

Концепция устойчивого развития в Российской Федерации предусматривает практическую реализацию теоретических положений, разработка которых в настоящее время далека от совершенства. Основой теории устойчивого развития является предел потребления продукции биосферы [1]. Он установлен теорией биотической регуляции и составляет около одного процента всей биосферной продукции. Впервые за историю человечества он был превышен во второй половине двадцатого столетия. Отвлекаясь от общих и глобальных проблем, для более детального рассмотрения бифуркационных процессов, происходящих сейчас на всех уровнях организации биосистем, рассмотрим почвенно-растительные системы (ПРС). В работах [3-5, 8-9] были исследованы деградационные процессы этих ПРС. Вопрос о динамической устойчивости почвенных рас-

тительных сообществ в связи с этим вдвойне актуален, так как выявление причин нарушения самовосстановления пастбищ может служить основой общей теории устойчивости экосистем в целом. Численное определение параметров математической модели будет иметь практическое приложение.

В настоящем сообщении рассмотрены аналитические ОДУ-модели четвертого порядка, решение которых было получено в виде замкнутых аналитических выражений, а также численно методом конечных разностей [9]. Математический эксперимент ставился на основе моделирования динамических переходов в виде взвешенного ориентированного графа с использованием дифференциальных уравнений. Параметрическая устойчивость обсуждалась в контексте теории Ляпунова [7].

Материалы и методы. Внутрисистемное взаимодействие между различными экотонами аридных пастбищ трудно поддается прямым способам исследования, и зачастую для их изучения применяются методы математического моделирования. Моделирование является одним из методов изучения динамики сложных систем и часто используется для принятия грамотных управленческих решений в агроэкологии. Иногда метод математического моделирования является единственным из-за большой длительности биосферных процессов, многомерности исследуемых объектов и сложности их взаимодействия. В целом такие модели разделяются на континуальные (непрерывные) и дискретные [2-5, 7-11]. При этом используются аналитические, численные и имитационные способы решения. Аналитический подход к исследованию агроэкосистем основан на заданном в явном виде алгебраических или дифференциальных уравнений. Как правило, время присутствует как в искомым функциях, так и их производных. Взаимодействие между элементами экосистемы (экотонами) описывается коэффициентами, отражающими как распад, так и восстановление по сукцессионному механизму.

Задача устойчивости решалась аналитически с привлечением обыкновенных дифференциальных уравнений с параметрами, для которых отыскиваются устойчивые решения этих уравнений. Система ОДУ использовалась нами при изучении динамики сукцессионных переходов и поиска устойчивых решений.

Теория динамической устойчивости используется в управлении сложными системами. Это обстоятельство стимулировало нас к более детальному изучению динамики аридных пастбищ, входящих в экосистему агроландшафта. Математический метод при исследовании динамики экосистем значительно продвинулся в настоящее время за счет развития численных экспериментов и имитационного моделирования. При исследовании использовались традиционные методы поиска устойчивых решений по значениям корней характеристического полинома ОДУ. В общем случае модель записывалась в виде:

$$\frac{dS_i}{dt} = -\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} S_i + \sum_{j=1}^h \alpha_{ji} S_j, \quad (1)$$

где α_{ij} – коэффициенты задавались массивом интенсивностей переходов между экотонами, полученном из космического мониторинга; S_i – площади экотонов в начале этапов наблюдения. В правой части уравнения (1) первый член соответствует распаду, а второй – восстановлению i -го элемента.

Результаты и обсуждение. На основе систем ОДУ для разных периодов наблюдений были исследованы различные сценарии развития пастбищных систем. Начальные данные для моделей задавались в виде матриц взаимных переходов между экотонами и их начальных площадей. Поиск решений систем осуществлялся в математическом пакете Maple, позволяющем выполнять все необходимые для этого процедуры.

Характеристический полином данной системы для $n=4$ имеет вид: $\beta_0\lambda^4 + \beta_1\lambda^3 + \beta_2\lambda^2 + \beta_3\lambda + \beta_4$. Из теории устойчивости [3,7] следует, что система обладает устойчивыми решениями в том случае, когда все действительные части корней соответствующего полинома будут отрицательными. Из таблицы 1 следует, что во всех случаях два корня положительны, что свидетельствует о неустойчивости: пастбищная экосистема разрушается по механизму сукцессионных переходов от исходного благополучного состояния до разбитых песков. Отрицательные значения указывают, по-видимому, на временное динамическое равновесие. В таблице 1 приведены данные результатов решений (корней) полиномов для наблюдаемых периодов.

Таблица 1 – Виды полиномов и их корней, полученных из систем ОДУ

Период наблюдения	Собственные значения матриц переходов (корни многочленов)	Характеристический полином
1954-1958	0,315 -0,32 0,679 -0,669	$t^4 - 0.557t^2 + 0.046 - 0.0037t$
1958-1964	0.059, -0,075, 0,22, -0,206	$t^4 - 0.050t^2 - 0.0006t + 0.0002$
1964-1970	0,059 -0,076 0,146 -0,129	$t^4 - 0.0238t^2 - 0.00025t + 0.000086$
1970-1979	0,035 -0,039 0,239 -0,233	$t^4 - 0.058t^2 - 0.0003t + 0.00008$
1979-1981	1.57 -1,55 0,24 -0,261	$t^4 - 0.35t - 2t^2$
1981-1984	0,0 0,0591 -0,0591 0,0	t^4
1984-1986	0,623 -0,87 -0,136 0,0	$t^4 - 0.041t - 0.322t^2$

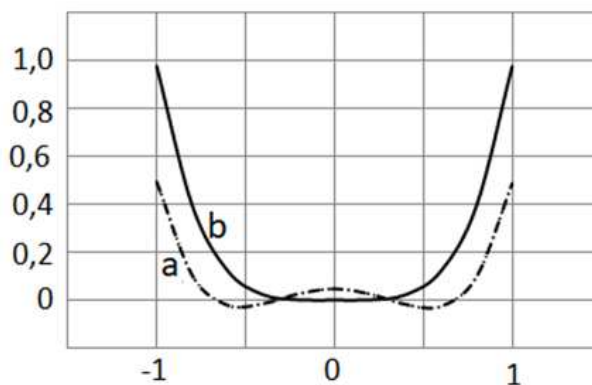


Рисунок 1 – Графики характеристических многочленов пастбищной экосистемы:
а – исходные пастбища, б – десять лет спустя

Рисунок демонстрирует достаточно высокую симметрию расположения графиков, что свидетельствует о неустойчивом состоянии из-за положительной ветви решений. Анализ полученных результатов указывает на высокую чувствительность поведения системы к величинам переходных коэффициентов сукцессий a_{ij} . Интенсивность этих переходов при этом может быть связана с пастбищной нагрузкой или климатическими условиями. Способность экосистемы сохранять неизменным свое состояние при изменении параметров модели называется параметрической устойчивостью [3]. Это обстоятельство свидетельствует о том, что эти экосистемы полезно исследовать на предмет параметрической устойчивости – когда изучается их поведение от изменения параметров a_{ij} . Физически это означает, насколько чувствительна пастбищная система к изменению интенсивностей переходов между ее экотонами.

Метод исследования устойчивости по параметрам сводится к следующему.

При варьировании матрицы коэффициентов, ранее имевших значения a_{ij}^0 , изменяют значения на малую величину $a_{ij}^b = a_{ij}^0(1 + \delta)$, где δ могут принимать как положительные, так и отрицательные значения. Абсолютное значение δ отражает диапазон изменений параметров, выводящих экосистему из динамического равновесия. Следующим шагом в продолжении этих исследований мы планируем формальное получение параметра δ с помощью подбора, выявляя при этом возможные диапазоны его изменений, соответствующих реальности. Под управлением пастбищной экосистемой понимают регулирование нагрузки на пастбище с учетом текущей динамики сукцессионных переходов, которые отражают способность пастбищ к самовосстановлению. Существенно отметить, что процедура управления пастбищными экосистемами связана с поиском интервалов вариаций δ , обуславливающих мероприятия по фитомелиорации или изменения пастбищной нагрузки. Таким образом, метод параметрической устойчивости позволяет вплотную подойти к решению проблемы самосохранения ПРС. Исходя из наблюдений за динамикой аридных пастбищ можно заметить, что она имеет синергетическое происхождение: стабилизация протекает через разрушение (хаос). Это следует также из теории неравновесных процессов, протекающих в открытых диссипативных системах [2].

На примере ПРС можно получать достаточно априорную информацию об устойчивости экосистем в виде космических дистанционных наблюдений с целью предсказания их будущего. Приведенный случай неравновесного состояния принадлежит к разделу экологии, изучающему условия динамически регулирования внутри открытых экосистем – биотической составляющей литосферы. Это важно для зон с повышенной аридностью, где проблема сохранения растительного сообщества и его разнообразия весьма важна в свете общих задач сохранения биосферных экосистем. Аридные экосистемы особенно чувствительны к сукцессионным процессам. Сохранение суммарного баланса биопродукции за счет достаточного биоразнообразия является основой их самовосстановления.

Отметим, что управление биосферными процессами в целом возможно на основе знаний, накопленных науками экологического направления, изучающими законы взаимодействия биотических и техногенных сред составляющих биосферу. В терминах синергетики, – это открытые нелинейные структуры с повышенной чувствительностью к малым возмущениям в точках бифуркаций и последующей необратимости. Задача программного управления подобными системами аналитически нерешаема, и единственным инструментом здесь являются математические модели, адекватность которых устанавливается опытным путем. Имитационные эксперименты, проигрывающие возможные сценарии событий в сложных экосистемах, в настоящее время выходят на уровень научного исследования. Современные компьютерные технологии значительно повысили возможности вычислительных экспериментов, а их профессиональное использование позволяет «видеть» эволюцию биосистем. Однако применение этих методов остается пока уделом специалистов в области точных наук.

Авторы [2] утверждают, что системная самоорганизация возникает независимо от функционального предназначения систем. Исследование динамики ПРС в точках бифуркаций, выявление тенденций их эволюции стимулирует дальнейшее развитие данного направления исследований с целью практического использования результатов для практических приложений. Бережное использование пастбищных биоресурсов в арид-

ных зонах РФ должно опираться на основные положения теории управления, учитывающей устойчивость экосистем, а также их параметрическую чувствительность к всевозможным антропогенным воздействиям.

Заключение. В заключение отметим далеко не оптимальные отношения человеческого сообщества и биосферы, частью которой оно является. В настоящее время происходят необратимые изменения в природе, которые в прошлом занимали целые геологические периоды. Эти процессы неминуемо сопровождаются изменением качественного состава биосистем, а именно — изменением биоразнообразия (его понижением). Для аридных зон это более ощутимо, где биоразнообразие почвенно-растительного покрова особенно важно при сохранении и самовосстановлении пастбищ.

Управление биосферой означает управление происходящими в ней процессами, оно возможно на основе знаний, накопленных науками биологического и экологического направлений, изучающих законы взаимодействия биотических и техногенных сред. В терминологии синергетики — это открытые диссипативные структуры с нелинейностью, приводящей к повышенной чувствительности к малым возмущениям в точках бифуркаций. Весьма часто это приводит к катастрофической необратимости. Проблема управления такими системами неразрешима в аналитическом (замкнутом) виде и наиболее эффективным в данном случае является численное и имитационное моделирование, адекватность которого определяется на опыте. Имитационные и вычислительные эксперименты на сложных экосистемах выходят в настоящее время на уровень научного исследования. Таким образом, математическое моделирование является одним из основных методов исследования процессов в экосистемах, длящихся несравнимо дольше, чем творческая жизнь человека. Математические технологии принципиально изменили возможности вычислительных экспериментов, профессиональное использование которых позволяет видеть эволюцию экосистем. Однако применение этих методов остается пока уделом специалистов в области точных наук.

Вычислительные эксперименты, осуществленные нами на аридных пастбищах, являются основой новой парадигмы исследования аридных экосистем, которая позволяет рассматривать их поведение с точки зрения синергетики. Проведение аналогии между процессами в системах с различными уровнями сложности позволит выявить общие закономерности в рамках классических представлений безотносительно к их пространственно-временному масштабу и степени организации. Это, на наш взгляд, правомерно для случая аридных пастбищ. Распространение опыта их исследования на аридные экосистемы агроландшафтов дает возможность значительно расширить методы математического моделирования в сфере агроэкологии.

Системная самоорганизация возникает независимо от функционального предназначения системы. Аридные экосистемы в виде пастбищ функционируют в условиях, соответствующих синергетическому режиму с обострением [2], где реализуется аномально быстрое развитие процессов. Исследование динамики ПРС в точках бифуркаций, выявление тенденций их эволюции с целью применения в управлении стимулируют развитие данного направления исследований с целью практического использования. Рациональное использование природных ресурсов, несомненно, должно опираться на положения теории управления, учитывающей устойчивость экосистем, определяемую их параметрической чувствительностью к антропогенным воздействиям.

Библиографический список

1. Добровольский, Г. В. Тихий кризис планеты [Текст]/ Г. В. Добровольский // Вестник Российской академии наук. — 1997. — Т.67. - №4. — С. 313-320.
2. Князева, Е.Н. Основания синергетики. Режимы с обострением, самоорганизация, темпомиры [Текст]/ Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. - СПб.: Алетейя, 2002. - 414 с.

3. Кулик, К. Н. Динамическая устойчивость аридных экосистем [Текст]/ К. Н. Кулик, А. Н. Салугин, Е. А. Сидорова // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18. – №2(51). – С. 28-34.
4. Кулик, К.Н. Марковские цепи дефляции почвенно-растительного покрова пастбищ Чёрных земель. [Текст]/ К.Н. Кулик, А.Н. Салугин // Докл. РАСХН. – 2003. – №5. – С. 34-37.
5. Кулик, К.Н. Динамика развития аридных экосистем и автономные импульсные процессы [Текст]/ К.Н. Кулик, А.Н. Салугин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2015. – № 1-2. – С. 69-72.
6. Пегов, С.А. Устойчивое развитие в условиях глобальных изменений природной среды [Текст]/ А.Н. Пегов // Вестник РАН. – 2004. – Т. 74. – №12. – С. 1082-1089.
7. Петров, Ю.П. Новые главы теории управления и компьютерных вычислений [Текст]/ Ю.П. Петров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 192 с.
8. Салугин, А. Н. Моделирование, прогноз и оптимальное управление в экологии почвенно-растительного покрова Калмыкии [Текст] /А.Н. Салугин, К. Н. Кулик // Аридные экосистемы. – 2001. – Т.7.- №14-15.
9. Салугин, А.Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии [Текст]: диссер... докт. с.-х. наук / А.Н. Салугин. – Волгоград, 2006. – 313 с.
10. Свирежев, Ю. М. Устойчивость биологических сообществ [Текст]/ Ю. М. Свирежев, Д.О. Логофет. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
11. May, R. M. Stability in model ecosystems / R. M. May // Quantifying Ecology. – 1971. – № 6. – P. 18-56.
12. Makridakis, S. Stability properties of general systems / S. Makridakis, C. Faucheux // Gen. Syst/ Yearbook Soc. Gen. Syst. Res. – Washington, 1973, V. 18. – P. 3-12.

Reference

1. Dobrovol'skij, G. V. Tihij krizis planety [Tekst]/ G. V. Dobrovol'skij // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. - 1997. - T.67. №4. - P. 313-320.
2. Knyazeva, E. N. Osnovaniya sinergetiki. Rezhimy s obostreniem, samoorganizaciya, tem-pomiry [Tekst] / E. N. Knyazeva, S. P. Kurdyumov. SPb.: Aleteya, 2002. 414 p.
3. Kulik, K. N. Dinamicheskaya ustojchivost' aridnyh jekosistem [Tekst]/ K. N. Kulik, A. N. Salugin, E. A. Sidorova // Aridnye jkosistemy. - 2012. - T. 18. № 2 (51). - P. 28-34.
4. Kulik, K. N. Markovskie cepi deflyacii pochvenno-rastitel'nogo pokrova pastbisch Chjornyh zemel'. [Tekst]/ K. N. Kulik, A. N. Salugin // Dokl. RACHN. - 2003. - № 5. - P. 34-37.
5. Kulik, K. N. Dinamika razvitiya aridnyh jekosistem i avtonomnye impul'snye processy [Tekst]/ K. N. Kulik, A. N. Salugin // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. - 2015. - № 1-2. - P. 69-72.
6. Pegov, S. A. Ustojchivoe razvitie v usloviyah global'nyh izmenenij prirodnoj sredy [Tekst]/ A. N. Pegov // Vestnik RAN. - 2004. - T. 74. - №12. - P. 1082-1089.
7. Petrov, Yu. P. Novye glavy teorii upravleniya i komp'yuternyh vychislenij [Tekst]/ Yu. P. Petrov. - SPb.: BHV-Peterburg, 2004. - 192 p.
8. Salugin, A. N. Modelirovanie, prognoz i optimal'noe upravlenie v jekologii pochvenno-rastitel'nogo pokrova Kalmykii [Tekst] /A. N. Salugin, K. N. Kulik // Aridnye jekosistemy. - 2001. - T.7. - № 14-15.
9. Salugin, A. N. Dinamicheskoe modelirovanie degradacionnyh processov v agrojekologii [Tekst]: disser... dokt. s.-h. nauk / A. N. Salugin. - Volgograd, 2006. - 313 p.
10. Svirezhev, Yu. M. Ustojchivost' biologicheskikh soobschestv [Tekst]/ Yu. M. Svirezhev, D. O. Logofet. - M.: Nauka, 1978. - 352 p.
11. May, R. M. Stability in model ecosystems / R. M. May // Quantifying Ecology. - 1971. - № 6. - P. 18-56.
12. Makridakis, S. Stability properties of general systems / S. Makridakis, S. Faucheux // Gen. Syst/ Yearbook Soc. Gen. Syst. Res. - Washington, 1973, V. 18. - P. 3-12.

E-mail: saluginan@mail.ru

УДК 631.67.03:635.044

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-49

**ОБЩАЯ И ХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТОВ
ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ВОДОЙ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ
ИЗМЕНЕННЫМ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ****GENERAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF TOMATO
UNDER DRIP IRRIGATION WITH WATER WITH MODIFIED
ELECTROCHEMICAL REDOX POTENTIAL****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 RAS (PNIIMT
- FRPC branch of Agroecology Russian Academy of Sciences), Volgograd*

Материалы статьи посвящены оценке отклика общей и хозяйственной биопродуктивности томатов на орошение водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Целью ставилось количественное исследование изменения биопродуктивности томата при капельном орошении водой с разным электрохимически инициированным уровнем окислительно-восстановительного потенциала. Другим изучаемым технологическим фактором был способ применения электрохимически обработанной воды. В качестве основных критериев количественной оценки биопродуктивности посевов приняты сухая биомасса томатов, биомасса корней в сухом веществе, а также урожайность плодов товарного качества. Исследованиями доказана ведущая роль величины электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды в формировании изменчивости сформированной посевами биомассы. Коэффициент вариации, сформированный за вегетационный период сухого вещества посева по этому фактору, составил 30,8 %. В зависимости от способа применения электрохимически обработанной воды вариабельность массы сухого вещества посева составила 7,7 %. Наибольшая масса сухого вещества посева, 13,39 т/га, и биомасса корней томата, 1,85 т/га, формируется при использовании для проведения вегетационных и удобрительных поливов католита с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (-500) мВ. Этим же сочетанием факторов обеспечивается и формирование наибольшей урожайности томатов, которая при выращивании в условиях защищенного грунта для гибрида Пинк Парадайз F1 составила 139,8 т/га.

The materials of the article are devoted to the evaluation of the response of the General and economic productivity of tomatoes to irrigation with water with electrochemically altered oxidation-reduction potential. The aim was a quantitative study of changes in the biological productivity of tomato drip irrigation with water with different, electrochemically initiated, the level of redox potential. Another studied technological factor was the method of application of electrochemically treated water. Dry biomass of tomatoes, root biomass in dry matter, as well as the yield of fruits of commercial quality are accepted as the main criteria for quantitative assessment of biological productivity of crops. Studies have proved the leading role of the electrochemically caused shift of the redox potential of water in the formation of variability of biomass formed by crops. The coefficient of variation of the dry matter formed during the growing season for this factor was 30.8 %. Depending on the method of application of electrochemically treated water, the variability of dry matter weight is estimated at 7.7 %. The largest mass of dry matter of sowing, 13.39 t / ha, and the biomass of tomato roots, 1.85, is formed when used for vegetation and fertilizer irrigation with electrochemically altered oxidation-reduction potential (-500) mV. The same combination of factors ensures the formation of the highest yield of tomatoes, which when grown in protected soil conditions for the hybrid Pink Paradise F1 was 139.8 t/ha.

Ключевые слова: орошение томатов, томаты, биопродуктивность томатов, электрохимическая обработка томатов, окислительно-восстановительный потенциал томатов.

Key words: tomato irrigation, tomatoes, biological productivity of tomatoes, electrochemical treatment, oxidation-reduction potential of tomatoes.

Введение. Вариация морфометрических признаков сельскохозяйственных растений в ответ на изменение условий окружающей среды является агробиологической основой технологий системного управления продукционным процессом возделываемых культур [8, 11, 12, 13]. Современные агротехнологии позволяют использовать широкий спектр возможностей направленного изменения условий окружающей среды для максимального использования потенциала биопродуктивности сельскохозяйственных растений. Наиболее полное использование возможностей современных агротехнологий в плане комплексного регулирования факторов жизни обеспечивается при орошении [6, 7, 3]. Орошение обеспечивает возможность оптимального регулирования условий водообеспечения растений, изменяется подвижность и концентрация почвенных растворов, изменяется химизм и микробиология почвенных процессов, улучшаются условия терморегуляции в среде посева. Новым направлением развития мелиоративных технологий является использование для полива оросительной воды с измененными, направленно регулируемыми свойствами. Электрохимическая регуляция окислительно-восстановительного потенциала и pH оросительной воды позволяет повысить доступность почвенного раствора растению, селективно управлять интенсивностью потребления питательных элементов, предотвращать развитие фитопатогенной микрофлоры и др. [9, 14, 15, 5, 1, 2, 10, 4]. Использование этих возможностей открывает новые горизонты для развития технологий комплексного управления продукционным процессом сельскохозяйственных культур. Но для эффективного использования преимуществ новых технологий нужен уверенный прогноз реакции растений с учетом специфики внешних воздействий.

Материалы и методы. Целью исследований являлась качественная и количественная оценка вектора изменения биопродуктивности томатов при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. В общем случае биопродуктивность посева оценивается величиной сформированной посевами биомассы. Однако для овощных культур, и в частности для томатов, такой подход видится недостаточным и малоинформативным. Поэтому был использован морфометрический подход с делением общей, накопленной посевами биомассы по ключевым морфологическим комплексам растений, позволяющих оценить эффективность продукционного процесса и выход хозяйственно-ценной части урожая.

Использование оросительной воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом является ключевой, но довольно общей характеристикой предлагаемых технологий. Важными вопросами в исследовательском плане здесь являются оценка эффективности применения электрохимически обработанной воды в зависимости от величины сдвига окислительно-восстановительного потенциала, эффективности ее применения для проведения вегетационных поливов, фертигации как по отдельности, так и в комплексе. Для изучения поставленных вопросов исследованиями предусматривалась закладка факторных опытов в полевых условиях. В рамках фактора А изучались следующие варианты: А1 – контроль, капельное орошение природной оросительной водой, А2 – капельное орошение водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (-100) мВ, А3 – (-500) мВ, А4 – (+500) мВ, А5 – (+800) мВ. По фактору В изучались следующие варианты: В1 – использование воды с электрохи-

мически измененным окислительно-восстановитель-ным потенциалом для проведения вегетационных поливов, В2 – для проведения удобрительных поливов, В3 – совокупное использование электрохимически обработанной воды для проведения как вегетационных, так и удобрительных поливов. В таком составе варианты опыта были реализованы в 2017-2018 гг. на базе ЛПХ «Толчок Ф.Ю.» Среднеахтубинского района Волгоградской области. Почвы опытного участка подтип светло-каштановые, среднесуглинистые. Для исключения влияния почвенных разностей варианты опыта были заложены в четырех повторениях. Опыты проводили с хорошо зарекомендовавшим себя индетерминантным гибридом томата Пинк Парадайз F1 в условиях защищенного грунта. Варианты опыта были заложены в весенних пленочных теплицах облегченной конструкции. Электрохимическая обработка оросительной воды проводилась переносной экспериментальной установкой проточного типа с возможностью регулирования величины электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала.

Результаты и обсуждение. Сухая биомасса посева является одним из важнейших морфометрических показателей, так как характеризует результативность фотосинтетической деятельности растений. Опытные посевы томатов формировали достаточно большую биомассу, которая с учетом сухого вещества, запасенного в плодах, достигала 9,95-13,39 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика накопления сухой биомассы томата при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (по данным за 2017-2018 гг.), т/га

Фактор А	Фактор В	Фаза роста и развития					
		высадка рассады	начало цветения	начало плодообразования	начало плодоношения	20-й день плодоношения	последний сбор
A1	B1-B3	0,18	1,03	3,10	6,52	8,88	10,44
A2	B1	0,18	1,05	3,17	6,69	9,14	10,81
A2	B2	0,18	1,10	3,27	6,96	9,38	11,02
A2	B3	0,18	1,10	3,28	6,99	9,49	11,29
A3	B1	0,18	1,10	3,33	7,12	9,82	12,27
A3	B2	0,18	1,13	3,39	7,32	10,02	12,56
A3	B3	0,18	1,16	3,47	7,64	10,49	13,39
A4	B1	0,18	0,94	2,89	6,24	8,80	10,42
A4	B2	0,18	0,97	2,92	6,27	8,71	10,3
A4	B3	0,18	0,94	2,89	6,24	8,75	10,36
A5	B1	0,18	0,87	2,61	5,99	8,99	11,36
A5	B2	0,18	0,94	2,84	5,97	8,40	9,95
A5	B3	0,18	0,84	2,58	5,79	8,60	10,68

Наименьшая существенная разность ($НСР_{05}$, сут.) для частных средних 0,21 т/га, по фактору А – 0,12 т/га, по фактору В – 0,09 т/га

Приведенные в таблице значения характеризуют типичную для томатов динамику накопления биомассы.

В начальные периоды развития скорость накопления биомассы в посевах невелика, однако большая ее часть расходуется на формирование корней и ассимиляционного аппарата. И уже с начала фазы цветения накопление биомассы в посевах значительно активизируется. Измеренные значения биомассы томатов в начале фазы цветения составляли 0,84...1,16 т/га, к началу фазы плодообразования – 2,58...3,47 т/га, к началу фазы плодоношения – 5,79...7,64 т/га. Еще от 3,92 до 5,75 т/га сухой фитомассы, идущей практически полностью на формирование урожая, посевами томата накапливалось за период плодоношения.

Вариационная характеристика накопленной за вегетационный период сухой биомассы томатов приведена в таблице 2. Средняя по приведенной выборке составляет 11,05 т/га, что на 0,61 т/га больше фитомассы, накопленной посевами томата на контрольном варианте (где поливы проводили природной оросительной водой). Стандартное отклонение значений накопленной биомассы по фактору А составило 3,4 т/га, а коэффициент выделенных вариаций по этому же фактору достигал 30,8 %. Эти показатели в полной мере характеризуют существенную зависимость сформированной посевами биомассы от величины электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. В меньшей степени, но также существенно формирование биомассы томатов зависело от способа применения воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Здесь стандартное отклонение по показателю составило 0,85 т/га, а коэффициент вариации – 7,7 %. Ровно такой же эффект отмечен и по взаимодействию изучаемых факторов, которое проявлялось в эффективности одних способов применения катода и других способов – по анодиту. В частности, использование анодита оказалось наиболее эффективным с электрохимически инициированным сдвигом (+800) мВ при проведении исключительно вегетационных поливов. На участках этого варианта посевами томата формировалось 11,36 т/га фитомассы. Использование катода оказалось наиболее эффективным с электрохимически инициированным сдвигом (-500) мВ при совокупном проведении вегетационных и удобрительных поливов. При этом биомасса посева возрастала до 13,39 т/га.

Таблица 2 – Вариабельность биомассы томата при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (по данным за 2017-2018 гг), т/га

Фактор А	Фактор В			Среднее	Статистика показателя				
	В1	В2	В3		фактор	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %	отношение дисперсий	статистическая значимость
A1	10,44	10,44	10,44	10,44	А	3,40	30,78	381,5	<0,01
A2	10,81	11,02	11,29	11,04					
A3	12,27	12,56	13,39	12,74	В	0,85	7,66	23,6	<0,01
A4	10,42	10,30	10,36	10,36					
A5	11,36	9,95	10,68	10,66	АВ	0,85	7,67	23,7	<0,01
Среднее	11,06	10,85	11,23	11,05					

Важной структурной составляющей суммарной сухой биомассы растений является вес корневой системы. Рост корневой системы определяет адаптивность растений в фитоценозе, способность приспосабливаться к условиям окружающей среды, возможность продуктивного использования факторов жизни. Использование ресурсов почвенной среды растением во многом зависит от полноты охвата почвенных горизонтов корневой системой. Корневая система высокой плотности позволяет полнее использовать почвенную влагу и элементы минерального питания. При слаборазвитой корневой системе требуются значительные перемещения почвенного раствора от зон, не охваченных корневой системой к корневым волоскам. Чем больше перемещение, тем больший требуется градиент потребляемых растением ресурсов, а значит, и ухудшаются условия водного и минерального питания.

В опытных посевах корневая масса томатов изменялась от 1,58 до 1,85 т/га, в значительной мере реагируя на электрохимическое изменение окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды (таблица 3).

Таблица 3 – Вариабельность биомассы корней томата (т/га) при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (по данным за 2017-2018 гг.)

Фактор А	Фактор В			Среднее	Статистика показателя				
	В1	В2	В3		фактор	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %	отношение дисперсий	статистическая значимость
A1	1,67	1,67	1,67	1,670	А	0,32	19,06	168,4	<0,01
A2	1,78	1,74	1,77	1,763					
A3	1,85	1,78	1,85	1,827	В	0,01	0,31	0,04	0,95
A4	1,61	1,65	1,61	1,623					
A5	1,58	1,65	1,60	1,610	АВ	0,06	3,68	6,26	<0,01
Среднее	1,698	1,698	1,700	1,699					

Вариационный анализ опытных данных показал, что преимущественное влияние на формирование корневой системы томата оказывает величина электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды. Стандартное отклонение корневой массы томатов в выборке по этому фактору составило 0,32, а коэффициент вариации достигал 19,1 %. В зависимости от способа применения электрохимически обработанной оросительной воды статистически значимых эффектов изменения корневой массы растений выявлено не было. Наряду с этим отмечено хоть и небольшое, но статистически доказанное взаимодействие факторов. Коэффициент вариации корневой массы томатов, обусловленной взаимодействием факторов, составил 3,7 %.

Таким образом, применение электрохимически обработанной воды для полива обеспечивает возможность повышения общей биопродуктивности посевов и создает уверенные предпосылки для увеличения выхода товарных плодов. Вместе с тем данные, приведенные в таблице 4, свидетельствуют о необходимости обеспечения строго определенных параметров начального сдвига окислительно-восстановительного потенциала как применительно к природной оросительной воде, так и применительно к приготовленным на ее основе растворам.

Исследования показали, что использование облегченных сооружений защищенного грунта с применением нетканых материалов для регулирования микроклимата позволяет томатам формировать до 103,8...114,8 тонн высококачественных плодов с гектара. Эта урожайность обеспечивалась при использовании зональных технологий с проведением поливов природной оросительной водой. Использование католита, даже в самой слабой его форме, с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (-100) мВ позволило увеличить продуктивность томатов по товарным плодам на 4,4...9,0 т/га.

Опыт с применением для полива анолита с окислительно-восстановительным потенциалом (+500) мВ не выявил преимуществ использования электрохимически обработанной воды. Отклонения урожайности от контроля (с поливом природной оросительной водой) не превышало 2,0 т/га, что сопоставимо со статистической ошибкой опыта. В то же время увеличение электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды до (+800) мВ позволило получить

114,1...121,0 т/га высококачественных плодов томата, что существенно превышает продуктивность посевов на контроле. Следует признать, что применение анолита оказалось эффективным только для проведения вегетационных поливов, тогда как проведение удобрительных поливов на его основе сопровождалось снижением урожая в среднем на 2,0 т/га.

Таблица 4 – Урожайность плодов томата при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом, т/га

Фактор А	Фактор В	Урожайность, т/га			Выход товарных плодов, %
		2017 г.	2018 г.	средняя	
A1	B1-B3	103,8	114,8	109,3	89,4
A2	B1	109,3	118,1	113,7	89,6
A2	B2	110,0	120,4	115,2	89,3
A2	B3	113,9	122,7	118,3	89,7
A3	B1	126,9	134,5	130,7	92,1
A3	B2	129,8	136,4	133,1	92,1
A3	B3	133,1	146,5	139,8	94,5
A4	B1	107,4	115,2	111,3	91,2
A4	B2	103,9	114,5	109,2	89,9
A4	B3	107,1	114,3	110,7	92,4
A5	B1	115,7	126,3	121,0	93,7
A5	B2	104,5	110,1	107,3	90,1
A5	B3	109,5	118,7	114,1	95,6
НСР ₀₅	фактор А	2,52	3,38	3,11	
	фактор В	1,95	2,62	2,41	
	для частных средних	4,36	5,86	5,39	

Наиболее результативным в плане повышения урожайности высококачественных плодов томата оказалось использование католита с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (+500) мВ. Урожайность товарных плодов томата здесь достигала 130,7...139,8 т/га и была на 21,4...30,5 т/га больше, чем при поливе природной оросительной водой.

Заключение. Исследованиями доказана существенная вариабельность биопродуктивности томатов при капельном орошении водой с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом. Наибольший коэффициент вариации сформированного за вегетационный период сухого вещества посева, 30,8 %, установлен по фактору, характеризующемуся величиной электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды. Коэффициент вариации сухой биомассы томатов по способам применения электрохимически обработанной оросительной воды составил 7,7 %. Наибольшая масса сухого вещества посева, 13,39 т/га, и биомасса корней томата, 1,85 т/га, формируется при использовании для проведения вегетационных и удобрительных поливов католита с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом (-500) мВ. Этим же сочетанием факторов обеспечивается и формирование наибольшей урожайности томатов, которая при выращивании в условиях защищенного грунта для гибрида Пинк Парадайз F1 составила 139,8 т/га.

Библиографический список

1. Возможность снижения пестицидных нагрузок при возделывании томатов в условиях орошения [Текст]/ Н.Н. Дубенок, С.Я. Семененко, М.Н. Лытов и др.// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 5. – С. 55-58.
2. Исследование влияния электрохимически активированной воды на ферментативную активность каталазы газометрическим методом [Текст]/ Е.В. Пашкова, Е.В. Волосова, А.Н. Шипуля и др. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2016. – № 2. – С. 37-39.

3. Макарычев, С.В. Влияние полива на микроклимат орошаемого участка при возделывании столовой свёклы [Текст]/ С.В. Макарычев, Н.И. Зайкова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3 (101). – С. 41-43.
4. Механизм биологического действия и опыт применения электрохимически активированных водных сред в сельском хозяйстве [Текст]/ Е.И. Чушкина, С.Я. Семененко, М.Н. Лытов и др.// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 4 (20). – С. 170-185.
5. Мирошников, А.И. Причина активности растворов после электрохимической обработки. роль хлоридов и окислительно-восстановительного потенциала [Текст] /А.И. Мирошников // Вода: химия и экология. – 2012. – № 12 (54). – С. 104-110.
6. Могханм, Ф.С. Гидрохимический состав почвенных растворов пахотных темно-каштановых почв на богаре и при длительном орошении в условиях Западного Казахстана [Текст]/ Ф.С. Могханм, С.Ж. Рахимгалиева, И.Н. Донских // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 24. – С. 82-85.
7. Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения [Текст]/ В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 26-33.
8. Научно-технические основы оптимизации продукционного процесса в регулируемой агроэкосистеме [Текст]/ Г.Г. Панова, В.А. Драгавцев, Е.В. Канах и др. // Агрофизика. – 2011. – № 1. – С. 29-37.
9. Перспективы использования электрохимически активированных жидких сред в сельском хозяйстве [Текст]/ А.А. Былгаева, Н.А. Обоева, М.П. Неустроев и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 4. – С. 176-181.
10. Продуктивность томатов при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды [Текст]/ С.Я. Семененко, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина и др.// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2014. – № 2 (14). – С. 1-14.
11. Ermakov, E.I. Production process of plants and diversity of interacting edaphic factors in a controlled agroecosystem /E.I. Ermakov, V.K. Mukhomorov // Russian Agricultural Sciences. – 2002. – Т. 28. – № 6. – P. 7-11.
12. Li, T. Predicting crop growth under different cropping and fertilizing management practices / T. Li, Y. Feng, X. Li // Agricultural and Forest Meteorology. – 2009. – Т. 149. – № 6-7. – P. 985-998.
13. White, P.J. Properties and management of cationic elements for crop growth / P.J. White, D.J. Greenwood // Soil Conditions and Plant Growth. – 2013. – №. – P. 160-194.
14. Lin, J.-G. Development of linear irreversible thermodynamic model for oxidation reduction potential in environmental microbial system / J.-G. Lin, H.-B. Cheng, M. Kumar // Biophysical Journal. – 2007. – Т. 93. – № 3. – P. 787-794.
15. Semenenko, S. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential / S. Semenenko, M. Lytov, V. Borodychev, E. Ivantsova // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. – SGEM 15th. – 2015. – №. – P. 1055-1062.

Reference

1. Vozmozhnost' snizheniya pesticidnyh nagruzok pri vozdel'nykh tomatov v usloviyakh orosheniya [Tekst]/ N. N. Dubenok, S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov i dr. // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk. - 2014. - № 5. - P. 55-58.
2. Issledovanie vliyaniya jelektrohimicheskij aktivirovannoj vody na fermentativnuyu aktivnost' katalazy gazometricheskij metodom [Tekst] / E. V. Pashkova, E. V. Volosova, A. N. Shipulya i dr. // Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya. - 2016. - № 2. - P. 37-39.
3. Makarychev, S. V. Vliyanie poliva na mikroklimat oroshaemogo uchastka pri vozdel'nykh stolovoj svjokly [Tekst]/ S. V. Makarychev, N. I. Zajkova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2013. - № 3 (101). - P. 41-43.
4. Mehanizm biologicheskogo dejstviya i opyt primeneniya jelektrohimicheskij aktivirovannykh vodnykh sred v sel'skom hozyajstve [Tekst]/ E. I. Chushkina, S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov i dr.// Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2015. - № 4 (20). - P. 170-185.

5. Miroshnikov, A. I. Prichina aktivnosti rastvorov posle jelektrohimicheskoy obrabotki. rol' hloridov i okislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala [Tekst] / A. I. Miroshnikov // Voda: himiya i jkologiya. - 2012. - № 12 (54). - P. 104-110.
6. Moghanm, F. S. Gidrohimicheskij sostav pochvennyh rastvorov pahotnyh temno-kashtanovyh pochv na bogare i pri dlitel'nom oroshenii v usloviyah Zapadnogo Kazahstana [Tekst] / F. S. Moghanm, S. Zh. Rahimgalieva, I. N. Donskih // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2011. - № 24. - P. 82-85.
7. Modelirovanie processa upravleniya vodno-solevym rezhimom pochv v usloviyah orosheniya [Tekst] / V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, M. A. Sazanov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 2 (42). - P. 26-33.
8. Nauchno-tehnicheskie osnovy optimizacii produkcionnogo processa v reguliruemoy agrokosisteme [Tekst] / G. G. Panova, V. A. Dragavcev, E. V. Kanash i dr. // Agrofizika. - 2011. - № 1. - P. 29-37.
9. Perspektivy ispol'zovaniya jelektrohimicheskii aktivirovannyh zhidkih sred v sel'skom hozyajstve [Tekst] / A. A. Bylgaeva, N. A. Oboeva, M. P. Neustroev i dr. // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. - 2018. - № 4. - P. 176-181.
10. Produktivnost' tomatov pri kapel'nom oroshenii s ispol'zovaniem jelektrohimicheskii aktivirovannoy vody [Tekst] / S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, E. I. Chushkina i dr. // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. - 2014. - № 2 (14). - P. 1-14.
11. Ermakov, E.I. Production process of plants and diversity of interacting edaphic factors in a controlled agroecosystem / E.I. Ermakov, V.K. Mukhomorov // Russian Agricultural Sciences. - 2002. - T. 28. - № 6. - P. 7-11.
12. Li, T. Predicting crop growth under different cropping and fertilizing management practices / T. Li, Y. Feng, X. Li // Agricultural and Forest Meteorology. - 2009. - T. 149. - № 6-7. - P. 985-998.
13. White, P.J. Properties and management of cationic elements for crop growth / P.J. White, D.J. Greenwood // Soil Conditions and Plant Growth. - 2013. - №. - P. 160-194.
14. Lin, J. -- G. Development of linear irreversible thermodynamic model for oxidation reduction potential in environmental microbial system / J. -- G. Lin, H. -- B. Cheng, M. Kumar // Biophysical Journal. - 2007. - T. 93. - № 3. - P. 787-794.
15. Semenenko, S. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential / S. Semenenko, M. Lytov, V. Borodychev, E. Ivantsova // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management. - SGEM 15th. - 2015. - №. - P. 1055-1062.

E-mail: pniiemt@yandex.ru

УДК 631.363

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-50

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ШНЕКОВОМ ДОЗАТОРЕ

MODELING OF PROCESSES IN A SCREW DISPENSER

И.В. Юдаев, доктор технических наук, профессор

А.Н. Глобин, кандидат технических наук, доцент

Н.В. Плотнокова, магистрант

I.V. Yudaev, A.N. Globin, N.W. Plotnikova

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал

ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград

Azov-Black Sea Engineering Institute –

branch of FSBEI HE «Don State Agrarian University» in Zernograd

В статье рассмотрены конструкция дозатора-смесителя шнекового типа, его работа, использование в поточных линиях приготовления кормов. Основными преимуществами такого дозатора являются обеспечение однородности выдаваемой смеси, высокая точность дозирования материала и отсутствие колебаний выдачи дозируемого корма. Далее рассмотрен процесс движения материала по наклонной винтовой поверхности такого дозатора. Из чего видно, что для подачи материала

по винтовой поверхности целесообразно организовать перемещение порции применением усилия на внешний элемент пласта, который находится в выгодном положении (наименьший угол наклона витка и самое большое расстояние перемещения). С уменьшением радиуса расположения частиц увеличивается угол наклона плоскости шнека, что улучшает условия для перемещения материала. Определены условия для движения корма по вертикальной винтовой поверхности при отсутствии произвольного течения материала. Определено выражение равномерности выдачи материала смесителем-дозатором шнекового типа. На основании полученных данных обосновывается схема работы и конструктивные параметры винтового дозатора.

The article describes the design of the metering-mixer screw type, its operation, use in production lines of feed preparation. The main advantages of such a dispenser are: ensuring the uniformity of the mixture, high accuracy of dosing material and the absence of fluctuations in the issuance of the dosed feed. Further, the process of material movement on the inclined screw surface of such a dispenser is considered. From what it is seen that for the supply of material on the screw surface it is advisable to organize the movement of the portion using force on the outer element of the formation, which is in an advantageous position (the smallest angle of inclination of the coil and the largest distance of movement). As the radius of the particles decreases, the angle of inclination of the screw plane increases, which improves the conditions for moving the material. The conditions for the feed movement on the vertical screw surface in the absence of an arbitrary flow of the material are determined. The expression of uniformity of material output by the mixer-metering device of screw type is defined. Based on the data obtained, the scheme of operation and design parameters of the screw dispenser are justified.

Ключевые слова: дозирование кормов, дозирующие устройства, шнековые дозаторы, дозаторы-смесители шнекового типа, скорость элементарных пластов, взаимное пересечение пластов, точность дозирования, обоснование конструкции винтового дозатора.

Key words: feed metering; metering device, screw dozer; dispenser-mixer auger; speed of elementary layers; overlapping layers; metering accuracy; justification of the design of screw feeder.

Введение. Внедрение современных технологий, механизированных и автоматизированных линий, высокопроизводительных и надежных агрегатов в перерабатывающей отрасли АПК дает возможность повысить эффективность производства, увеличить производительность труда, механизировать трудоемкие ручные процессы, сократить производственные площади, уменьшить затраты ценного сырья, значительно улучшить качество продукции и санитарно-гигиенические условия производства [7].

К числу важнейших процессов, осуществляемых на перерабатывающих предприятиях, относится дозирование продуктов с различными физико-механическими и химико-биологическими свойствами.

Неточное дозирование может привести к снижению ценности выпускаемого продукта, перерасходу дефицитных и ценных компонентов и увеличению стоимости готовой продукции [2].

Таким образом, дозирование представляет главную технологическую операцию, проводимую на предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции и пищевых производствах [8].

В связи с широким внедрением поточных методов производства все чаще применяется метод непрерывного дозирования.

Автоматическое непрерывное дозирование обеспечивает равномерную подачу материала непрерывным потоком с требуемой степенью точности. В качестве объемных дозаторов используют скребковые, барабанные, шнековые, тарельчатые, электро-вибрационные и другие питатели, оборудованные специальными регулирующими устройствами [1].

Шнековые дозаторы применяют для подачи зернистых, мелкокусковых, порошкообразных и связанных материалов в тех случаях, когда некоторое доизмельчение дозируемого продукта не имеет практического значения. Они могут работать в горизонтальном и наклонном положениях, отличаются постоянством подачи и надежностью [3].

Появление новых конструкций шнековых дозаторов, в том числе со статично расположенным под разными углами шнеком и вращающимся кожухом требует уточнения определения подачи материала таким устройством.

Цель исследования – моделирование процесса работы шнекового дозатора с вертикально расположенным шнеком для обоснования схемы работы и конструктивных параметров винтового дозатора.

Материалы и методы. Особый интерес представляет дозатор-смеситель шнекового типа [6], схема которого представлена на рисунке 1. Дозатор-смеситель состоит из загрузочного бункера 1, подготовительной камеры 2, шнека-смесителя 3, вертикального неподвижного шнека 4, выгрузного патрубка 5, электродвигателей 6 и 9, муфты 7, зубчатой передачи 8, вариатора 10, кожуха шнека 11, установленного с возможностью вращения, регулировочного винта 12 и лопаток кожуха дозатора 13.

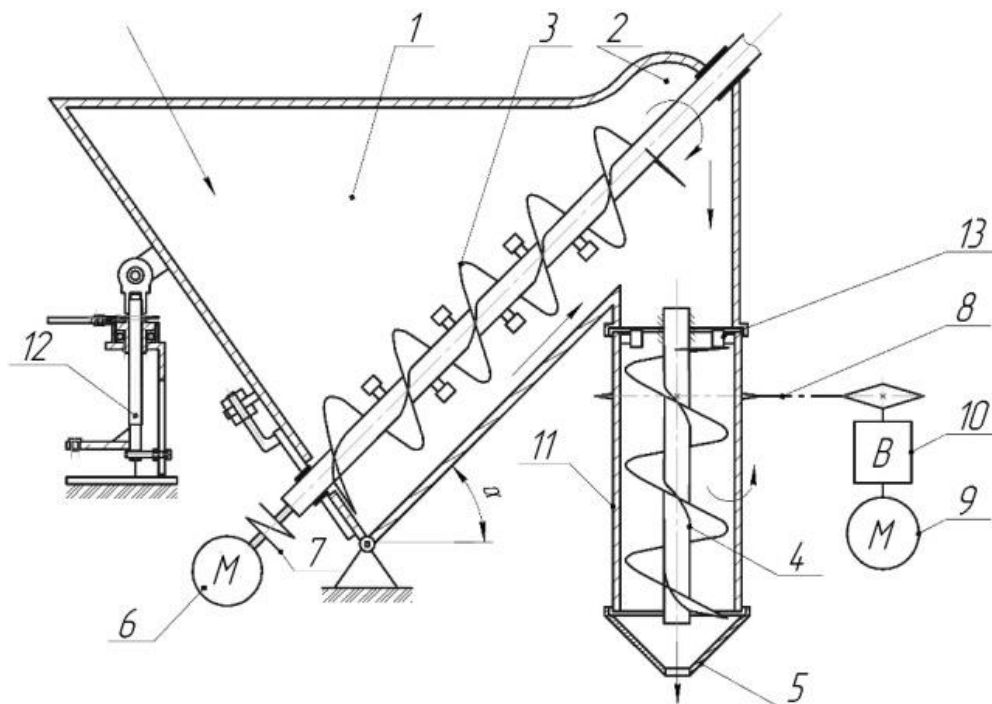


Рисунок 1 – Схема дозатора-смесителя шнекового типа

Дозирующее устройство работает следующим образом. Продукт поступает в загрузочный бункер 1, затем при помощи шнека-смесителя 3 поступает в подготовительную камеру 2, где выравнивается плотность смеси. Затем продукт вовлекается во вращательное движение кожухом шнека 11 и, опираясь на витки неподвижного шнека 4, перемещается к выгрузному отверстию. За счет вращения кожуха шнека 11 и наличия неподвижного шнека 4 материал дозированно поступает через выгрузной патрубок 5 равномерно без колебаний его подачи, что положено в основу его дозирования.

Привод наклонного шнека-смесителя осуществляется от электродвигателя 6 и муфты 7, а вертикального кожуха 11 – через цепную передачу 8 от электродвигателя 9 через вариатор 10.

Угол расположения шнека и, соответственно, бункера зависит от угла естественного откоса, подачи дозируемого материала с одной стороны, качества и энергоемкости операции – с другой, и регулируется винтом 12.

Основными преимуществами такого дозатора являются обеспечение однородности выдаваемой смеси, высокая точность дозирования материала и отсутствие колебаний выдачи дозируемого корма, что особенно важно в поточных линиях производства комбикормов.

Результаты и обсуждение. Далее рассмотрим процесс движения материала по наклонной винтовой поверхности такого дозатора.

Представим движение материала в вертикальном шнеке как движение по винтовой плоскости (рисунок 2). При этом угол β_i наклона этой плоскости меняется и зависит от расположения материальной точки по радиусу r_i .

С уменьшением радиуса угол наклона β_i увеличивается. Для наглядности представим наклонную винтовую плоскость в развернутом виде с переменным углом наклона β (рисунок 2).

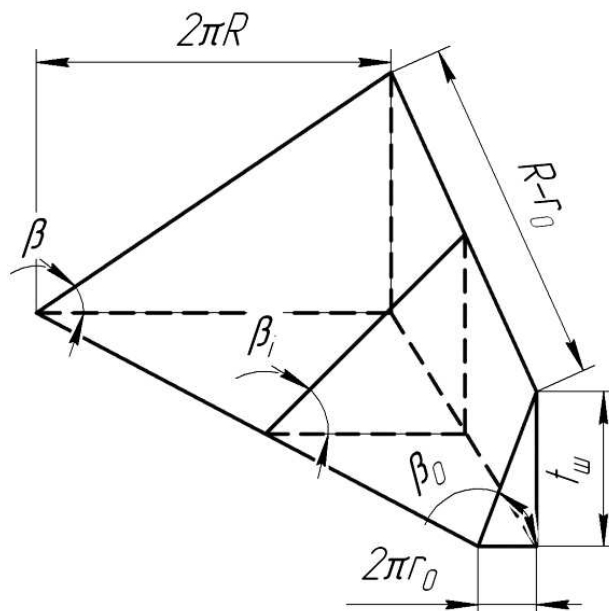


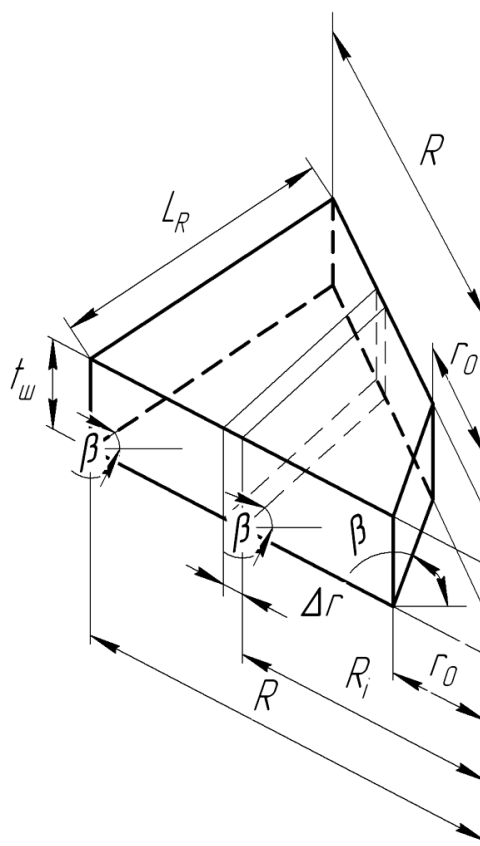
Рисунок 2 – Схематичное изображение углов наклона винтовой поверхности

За время Δt материал перемещается по поверхности, поворачиваясь вокруг вала винта на угол $\Delta\varphi$. Между вертикальными плоскостями, расположенными в диапазоне этого угла $\Delta\varphi$, находится порция материала, которую можно представить объемом фигуры, обозначенной на рисунке 3.

Условно разбивая поток материала на элементарные вертикальные пласты, расположенные по радиусу r_i , заметим, что за равный промежуток времени Δt они пройдут разное расстояние L_{r_i} :

$$L_{r_i} = \frac{\omega r_i \Delta t}{\cos \beta_i}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения материала, рад/с.



Относительное смещение частиц соседних элементарных пластов при перемещении порции на $\Delta\varphi$ составит:

$$\Delta L_{r_i} = \omega \Delta t \left[(r_i + 0.5\bar{d}) \sqrt{1 - \left(\frac{t_w}{2\pi(r_i + 0.5\bar{d})} \right)^2} - (r_i - 0.5\bar{d}) \sqrt{1 - \left(\frac{t_w}{2\pi(r_i - 0.5\bar{d})} \right)^2} \right], \quad (2)$$

Взаимное пересечение пластов на длине L_i обеспечивает передачу усилия на перемещение соседнему пласту и, благодаря этому, осуществляется общее перемещение материала.

Из вышеизложенного вытекает, что для подачи материала по винтовой поверхности целесообразно организовать перемещение порции объемом V_n применением усилия на внешний элемент пласта, который находится в выгодном положении (наименьший угол наклона витка и самое большое расстояние перемещения). С уменьшением радиуса расположения частиц увеличивается угол β_i наклона плоскости шнека, что улучшает условия для перемещения материала.

За время Δt дозирующим устройством выдается порция объемом, который определяется известным выражением [4]:

$$V_n = \frac{t_u R^2}{\gamma} \omega \Delta t. \quad (3)$$

При перемещении между кожухом и кормом возникает сила трения F_K , которая является главной движущей силой для материала:

$$F_K = 0,5 \rho g t_u \Delta \varphi \sin 2\xi \left[\frac{R^2}{3} (2 \operatorname{ctg} \xi - \operatorname{ctg}^2 \xi) - r_0^2 \right] \times f_{tr}. \quad (4)$$

При этом порция материала преодолевает силы трения о виток винта, которые снижаются с увеличением его наклона, и усилие определяют по выражению:

$$P_{wn} = \Delta \varphi \bar{d} t_u \rho g f_{tr} \sum_{i=1}^N (r_0 + n_i \bar{d})^2 \frac{2\pi}{\sqrt{[2\pi(r_0 + n_i \bar{d})]^2 - t_u^2}}, \quad (5)$$

где $N_{cl} = \frac{R - r_0}{\bar{d}}$ – количество пластов; ρ – плотность корма; g – ускорение свободного падения.

Движению этой порции препятствует и сила трения о вал винта:

$$P_B = \left\{ \frac{1}{3} t_u \pi [(r_0 + t_u \operatorname{ctg} \xi)^2 - r_0^2] \frac{\rho g \Delta \varphi}{2\pi} \sin 2\xi \right\} (R^2 - r_0^2) \Delta \varphi \rho \omega R \frac{d\varphi}{dt_{tr}} \times f_{tr}. \quad (6)$$

Сила давления материала порции на вал определяется как горизонтальная составляющая веса порции, скользящей по плоскости обрушения.

Для движения корма по вертикальной винтовой поверхности достаточно выполнения условия:

$$F_K \geq P_{wn} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(2\pi \left[r_0 + \frac{2(R - r_0)}{3} \right] \right)^2}} + P_B. \quad (7)$$

Это условие реализуется за счет конструктивных параметров винтового конвейера, но они могут влиять на качество выдачи.

Отделение порций материала, находящегося на поверхности витка, происходит по плоскости, наклоненной к горизонту под углом ξ .

Однако при недостаточной величине суммы сил трения происходит самоистечение материала на участке, где угол обрушения меньше угла наклона витка. Ширина пласта материала $(R_i - r_0)$, спонтанно перемещающегося без применения движущей силы, определяется по условиям:

$$\begin{aligned} & \bar{d} \Delta \varphi t_u \rho g \sum_{i=1}^{N_1} (r_0 + n_i \bar{d}) \frac{t_u}{\sqrt{[2\pi(r_0 + n_i \bar{d})]^2 - t_u^2}} \geq \\ & d \Delta \varphi t_u \rho g f_{tr} \sum_{i=1}^{N_1} (r_0 + n_i \bar{d}) \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{t_u}{2\pi(r_0 + n_i \bar{d})} \right)^2}} + \\ & + (N_1 \bar{d} - r_0) t_u F_{cc} + F_{v.b.} f_{tr} \end{aligned} \quad (8)$$

где $N_1 = \frac{R_1 - r_0}{\bar{d}}$; $n_i = \frac{R_i - r_0}{\bar{d}}$.

При вращении кожуха материал, который находится в диапазоне радиусов $R_1 - r_0$, движется с определенной скоростью исходя из условия нормального истечения:

$$v_{бух} = k F_{R-r}^{0,25}, \quad (9)$$

где $k = (2,546 - 0,162) \bar{d}$; $\bar{d}$ – размер частиц дозируемого материала; F_{R-r} – площадь сечения потока, $F_{R-r} = (R_1 - r_0) t_{ин}$.

Если скорость элементарного пласта на радиусе R_1 больше скорости, определяемой по (9), то в расчетах принимается движение пластов со скоростями, которые соответствуют скорости перемещения точки радиуса их расположения. В противном случае движение материала рассматривается как движение, составленное из двух потоков. Причем пласт потока, расположенный возле вала винта, движется со скоростью, определяемой по (9), а другие – с меньшей скоростью.

В этом случае равномерность потока зависит от площади сечения порции F_{R_1} :

$$F_{R_1} = R_1 \Delta \varphi_{ин}. \quad (10)$$

При движении потоков с разными скоростями в зоне контакта элементарных пластов на радиусе R_1 контактирующие частицы могут отделяться с любым пластом, что влияет и на равномерность истечения материала.

В связи с изменением площади потока в процессе истечения меняется и скорость истечения, а следовательно, и объем порции. Тогда среднее квадратичное отклонение массы порции, выданной за Δt :

$$\sigma_{mv} = 0,25 \sigma_{y_3} t_{ин} \left\{ k [(R_1 - r_0) t_{ин}]^{0,25} \sin \beta_{R_1} + \omega R_1 \right\} \rho \Delta t, \quad (11)$$

где σ_{B3} – среднее квадратичное отклонение зоны распределения потоков.

Масса порции, выдаваемая за время Δt :

$$m_{\Pi} = \rho [0,5 t_{ин} (R - R_1) \omega \Delta t + (R_1 - r_0) t_{ин} v_{бух}] \Delta t. \quad (12)$$

Таким образом, равномерность течения материала по винтовой поверхности шнека определяется выражением:

$$\theta = \frac{t (\sigma_{R_w-R_1}^2 + \sigma_{R_1}^2 + \sigma_{R_1-r_0}^2 + \sigma_{mv}^2 + \sigma_{m\rho}^2 + \sigma_{mw}^2)^{0,5}}{m_n}, \quad (13)$$

где σ_R – среднее квадратичное отклонение составляющих равномерности определяется для соответствующих площадей сечения порций:

для $\sigma_{R_{ин}-R_1}$

$$F_{R_{ин}-R_1} = \frac{t_{ин} (R_{ин} - R_1)}{\sin \xi}, \quad (14)$$

а для $\sigma_{R_1-r_0}$

$$F_{R_1-r_0} = (R_1 - r_0) t_{ин}. \quad (15)$$

Для σ_{R_1} F_k определится по (10).

Заключение. На основании полученных данных обоснована схема работы и конструктивные параметры винтового дозатора, выполненного в соответствии с патентом РФ № 2631008.

Библиографический список

1. Глобин, А.Н. Дозирующие устройства [Текст]: монография / А.Н. Глобин. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 384 с.
2. Глобин, А.Н. Дозаторы [Текст]: монография / А.Н. Глобин, И.Н. Краснов. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2012. – 348 с.
3. Глобин, А.Н. Пути совершенствования дозирующих устройств [Текст] / А.Н. Глобин // Совершенствование технологических процессов и технических средств в АПК: сб. научн. тр. / АЧГАА. – Зерноград, 2009. – С. 5-6.
4. Глобин, А.Н. Машины для переработки сельскохозяйственной продукции (книга) [Текст] / А.Н. Глобин; под ред. И.Н. Краснова // Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, конструкция, использование / ФГОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2012. – Т. 6. – Кн. 2. – 530 с.
5. Глобин, А.Н. Анализ работы винтовых дозаторов в линиях приготовления кормов [Текст] / А.Н. Глобин, А.В. Куриленко // Сельский механизатор. – 2017. – № 9. – С. 24-25.
6. Дозатор-смеситель шнекового типа [Текст]: пат. 134634 Российская Федерация, МПК G01F 11/00 (2006.01). / Глобин А.Н., Краснов И.Н., Рясный А.В. заявитель ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия». – №2013131846/28, заявл. 09.07.2013, опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32.
7. Система ведения животноводства Ростовской области на 2014-2020 годы [Текст] / А.Н. Глобин, В.Н. Василенко, А.И. Клименко и др. – Ростов-на-Дону, 2013. – 504 с.
8. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна [Текст] / А. Я. Соколов, В. Ф. Журавлев, В. Н. Душин и др.; под ред. А. Я. Соколова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 445 с.
9. Шнековый дозатор-смеситель кормов [Текст]: пат. 2631008 МПК G01F 11/00 (2006.01), B01F 7/02 (2006.01), A23N 17/00 (2006.01) / Глобин А.Н., Краснов И.Н., Оганесян С.К. заявитель «Азово-Черноморский инженерный институт» ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» – №2016120816, заявл. 26.05.2016, опубл. 15.09.2017, Бюл. № 26.

Reference

1. Globin, A. N. Doziruyuschie ustrojstva [Tekst]: monografiya / A. N. Globin. - M. -- Berlin: Direkt-Media, 2016. - 384 p.
2. Globin, A. N. Dozatory [Tekst]: monografiya / A. N. Globin, I. N. Krasnov. - Zernograd: FGBOU VPO AChGAA, 2012. - 348 p.
3. Globin, A. N. Puti sovershenstvovaniya doziruyuschih ustrojstv [Tekst] / A. N. Globin // Sovershenstvovanie tehnologicheskikh processov i tehnicheskikh sredstv v APK: sb. nauchn. tr. / AChGAA. - Zernograd, 2009. - P. 5-6.
4. Globin, A. N. Mashiny dlya pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii (kniga) [Tekst] / A. N. Globin; pod red. I. N. Krasnova // Sel'skohozyajstvennye mashiny: teoriya, raschet, konstrukciya, ispol'zovanie / FGOU VPO AChGAA. - Zernograd, 2012. - T. 6. Kn. 2. - 530 p.
5. Globin, A. N. Analiz raboty vintovyh dozatorov v liniyah prigotovleniya kormov [Tekst] / A. N. Globin, A. V. Kurilenko // Sel'skij mehanizator. - 2017. - № 9. - P. 24-25.
6. Dozator-smesitel' shnekovogo tipa [Tekst]: pat. 134634 Rossijskaya Federaciya, MPK G01F 11/00 (2006.01). / Globin A. N., Krasnov I. N., Ryasnyj A. V. zayavitel' FGBOU VPO "Azovo-Chernomorskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya". - №2013131846/28, zayavl. 09.07.2013, opubl. 20.11.2013, Byul. № 32.
7. Sistema vedeniya zhivotnovodstva Rostovskoj oblasti na 2014-2020 gody [Tekst] / A. N. Globin, V. N. Vasilenko, A. I. Klimenko i dr. - Rostov-na-Donu, 2013. - 504 p.
8. Tehnologicheskoe oborudovanie predpriyatij po hraneniyu i pererabotke zerna [Tekst] / A. Ya. Sokolov, V. F. Zhuravlev, V. N. Dushin i dr.; pod red. A. Ya. Sokolova. - 5-e izd., pererab. i dop. - M.: Kolos, 1984. - 445 p.
9. Shnekovyy dozator-smesitel' kormov [Tekst]: pat. 2631008 MPK G01F 11/00 (2006.01), B01F 7/02 (2006.01), A23N 17/00 (2006.01) / Globin A. N., Krasnov I. N., Oganesyanyan S. K. zayavitel' "Azovo-Chernomorskiy inzhenernyy institut" FGBOU VO "Donskoj GAU" - №2016120816, zayavl. 26.05.2016, opubl. 15.09.2017, Byul. № 26.

E-mail: etsh1965@mail.ru

УДК: 631.674.5:504.064.36

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-51

**МОНИТОРИНГ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ
ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ****MONITORING IRRIGATION AND DRAINAGE SYSTEMS
FROM SATELLITE IMAGERY FROM PUBLIC SOURCES****Е.Э. Головинов**, кандидат технических наук**В.В. Бородычев**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук**М.Н. Лытов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**С.А. Киселев**, инженер-проектировщик**E.Je. Golovinov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov, S.A. Kiselev***ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский**институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова**FEDERAL state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of hydraulic engineering
and land reclamation them. A. N. Kostyakova*

Материалы исследований посвящены оценке перспектив и потенциала современных технологий мониторинга, осуществляемых с использованием спутниковых снимков из открытых источников применительно к гидромелиоративным системам. Объектом исследований является система спутникового мониторинга гидромелиоративных систем, являющаяся неотъемлемой частью технических решений нового поколения. В работе приведен анализ актуальных открытых баз данных спутниковых снимков на предмет их применимости к решению задач мониторинга гидромелиоративных систем. Обоснованы требования к спутниковым снимкам, используемым для мониторинга гидромелиоративных систем, к основным из которых относится спектральная съемка, разрешение не менее 30 м, актуальная периодичность съемки для фиксированной территории. С учетом этих требований выделены два спутниковых сенсора: Landsat-8 и Sentinel-2, данные съемки которых могут быть использованы для мониторинга гидромелиоративных систем и находятся в открытом доступе. Выполнен анализ технических характеристик указанных сенсоров на предмет соответствия решаемым задачам, установлено преимущество сенсора Sentinel-2 в плане пространственного решения мультиспектральных снимков. Показаны возможности использования снимков Landsat-8 с учетом современных технологий цифрового улучшения их качества. Обосновано применение алгоритма обработки спутниковых снимков для оперативного мониторинга элементов осушительно-увлажнительной системы, позволяющего оперативно выявлять отклонения от проектных параметров и анализировать динамику изменений состояния системы в процессе ее эксплуатации. Показан поэтапный пример анализа, который позволяет выявить максимальное число неисправностей по прямым и косвенным признакам.

The research materials are devoted to the assessment of the prospects and potential of modern monitoring technologies implemented using satellite images from open sources in relation to irrigation and drainage systems. The object of research is the system of satellite monitoring of irrigation and drainage systems, which is an integral part of the new generation of technical solutions. The paper presents an analysis of current open databases of satellite images for their applicability to solving problems of monitoring of irrigation and drainage systems. The requirements for satellite images used for monitoring irrigation systems, the main of which include spectral survey, a resolution of at least 30 m, the actual frequency of shooting for a fixed area. Taking into account these requirements, two satellite sensors, Landsat - 8 and Sentinel-2, are allocated, the survey data of which can be used to monitor irrigation and drainage systems and are in the public domain. The analysis of the technical characteristics of these sensors for compliance with the tasks, the advantage of the sensor Sentinel-2 in terms of spatial solutions of multispectral images. The possibilities of using Landsat-8 images taking into account modern technologies of digital improvement of their quality are shown. The application of the satellite image processing algorithm for operational monitoring of the elements of the dehumidifying and humidifying system, which allows to quickly identify deviations from the design parameters and

analyze the dynamics of changes in the state of the system during its operation, is justified. The step-by-step example of the analysis is shown, which allows to reveal the maximum number of malfunctions on direct and indirect signs.

Ключевые слова: мелиорация, мониторинг гидромелиоративных систем, спутниковые системы, вегетационные индексы, водные индексы, аэромониторинг земель.

Key words: reclamation, monitoring of hydro land reclaiming systems, satellite systems, vegetation indices, water indices, aeromonitoring of lands.

В XXI веке в Российской Федерации отношение к сельскохозяйственной деятельности претерпело серьезные изменения – с переходом хозяйств в частные руки на передний план стала выходить проблема рационального использования земель. Актуальным становится координатное (*точное*) земледелие, оно подразумевает под собой повышение эффективности использования ресурсов посредством передовых технологий [9, 1, 11, 12]. Одним из способов экономии является мониторинг состояния мелиорированных территорий с целью своевременного реагирования на различные негативные проявления [3, 2, 13]

По состоянию на 2018 год аэромониторинг земель в отечественном сельскохозяйственном секторе используется достаточно редко, что приводит к потере части урожая, в том числе из-за ошибочной оценки состояния мелиоративных систем, обусловленной неполнотой данных об их состоянии. Данные о посевах и техническом состоянии системы формируются по экспертным оценкам при визуальном обследовании. В большинстве хозяйств визуальные наблюдения проводятся по границам участков без площадной съёмки и глубокого анализа состояния мелиоративной системы. Качество сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях зависит от множества факторов: степени засоления почв, качества проведения поливных работ (переполив, недополив), работы дренажной системы и прочих отклонений от нормального состояния мелиоративных систем [4, 8, 7].

Материалы и методы. Целью исследований являлась оценка перспектив и потенциала метода мониторинга гидромелиоративных систем с использованием спутниковых снимков из открытых источников. Исследования предполагают создание обобщенного алгоритма обработки спутниковых снимков для оперативного мониторинга элементов осушительно-увлажнительной системы, позволяющего оперативно выявлять отклонения от проектных параметров и анализировать динамику изменений состояния системы в процессе ее эксплуатации. Объектом исследований является система спутникового мониторинга гидромелиоративных систем, являющаяся неотъемлемой частью технических решений нового поколения. Предмет исследований – методы мониторинга гидромелиоративных систем на основе использования спутниковых снимков из открытых источников.

В работе рассматривались только открытые источники спутниковых снимков, выполнен анализ всех способов, включая сервисы типа Яндекс карты и Google maps. Снимки, которыми располагают Яндекс и Google, сделаны космическими аппаратами IRS, WorldView 2 и Quickbird и имеют сверхвысокое разрешение, однако они исключают возможность проведения по ним спектрального анализа. Другим их недостатком является низкая степень актуальности – сельскохозяйственные территории не являются предметом большого интереса у разработчиков бесплатных онлайн-ресурсов, поэтому периодичность съёмки ниже чем, например, на городские территории; обновление базы может длиться месяцами, что критично при мониторинге элементов мелиоративной системы.

Качественные снимки, разбитые на спектральные каналы, можно скачать прямо с сайта спутниковой программы – владелицы спутника, как, например, снимки Sentinel можно загрузить с сайта Европейского космического агентства sentinel.esa.int. Но са-

мым распространенным ресурсом является сайт Геологической службы США USGS.GOV. На данном ресурсе можно скачать снимки с большого числа спутников, в числе которых Landsat 4-8, Sentinel-2 и много других спутниковых систем. Не все доступные снимки пригодны для мониторинга мелиоративных земель. Связано это в первую очередь с требованиями к разрешению сенсоров – для расчетов вегетационных индексов необходимы мультиспектральные снимки с разрешением 30 м и выше, для выстраивания системного мониторинга снимки должны иметь актуальность (частоту обновления в пределах 20 дней). С учетом этих ограничений пригодными из доступных систем остаются Landsat-8 и Sentinel-2.

Результаты и обсуждение. Программа Landsat является наиболее продолжительным проектом по получению спутниковых фотоснимков Земли. Установленное на спутниках Landsat оборудование сделало миллиарды снимков. Эти снимки являются уникальным ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, образования и национальной безопасности. Например, спутник Landsat-8 предоставляет снимки в 11 спектральных диапазонах с пространственным разрешением от 15 до 60 метров на точку, периодичность сбора данных для всей планеты изначально составляла 16-18 суток (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика спектральных диапазонов спутника Landsat-8

Спектральный канал	Длины волн	Разрешение (размер 1 пикселя)
Диапазоны OLI		
Канал 1 – Побережья и аэрозоли	0,433 – 0,453 мкм	30 м
Канал 2 – Синий	0,450 – 0,515 мкм	30 м
Канал 3 – Зеленый	0,525 – 0,600 мкм	30 м
Канал 4 – Красный	0,630 – 0,680 мкм	30 м
Канал 5 – Ближний ИК	0,845 – 0,885 мкм	30 м
Канал 6 – Ближний ИК	1,560 – 1,660 мкм	30 м
Канал 7 – Ближний ИКв	2,100 – 2,300 мкм	30 м
Канал 8 – Панхроматический	0,500 – 0,680 мкм	15 м
Канал 9 – Перистые облака	1,360 – 1,390 мкм	30 м
Диапазоны TIRS		
Канал 10 – Дальний ИК	10,30 – 11,30 мкм	100 м
Канал 11 – Дальний ИК	11,50 – 12,50 мкм	100 м

Sentinel-2 оснащен оптико-электронным мультиспектральным сенсором для съемок с разрешением от 10 до 60 м в видимой, ближней инфракрасной (VNIR) и коротковолновой инфракрасной (SWIR) зонах спектра, включающих в себя 13 спектральных каналов, что гарантирует отображение различий в состоянии растительности, в том числе и временные изменения, а также сводит к минимуму влияние на качество съемки атмосферы (таблица 2, рисунок 1). Орбита высотой в среднем 785 км, наличие в миссии двух спутников позволяет проводить повторные съемки каждые 5 дней на экваторе и каждые 2...3 дня – в средних широтах. Увеличение ширины полосы обзора, наряду с высокой повторяемостью съемок, позволяет отслеживать быстро изменяющиеся процессы, например, изменение характера растительности в течение вегетационного периода. Данные Sentinel-2 обеспечивают сервисы GMES, связанные, например, с управлением земельными ресурсами, сельскохозяйственным производством и лесным хозяйством, а также мониторингом стихийных бедствий и гуманитарных операций. Уникальность миссии Sentinel-2 связана с сочетанием большого территориального охвата, частых повторных съемок и, как следствие, систематическим получением полного покрытия всей Земли мультиспектральной съемкой высокого разрешения [6].

Таблица 2 – Характеристика аппарата Sentinel-2

Показатель	Значение
Периодичность съемки, сутки	от 5 на экваторе до 2-3 в средних широтах
Пространственное разрешение в надире, канал 1-4, метра	10
Канал 5-10, метра	20
Канал 11-13, метра	60
Режим съемки	гиперспектральный

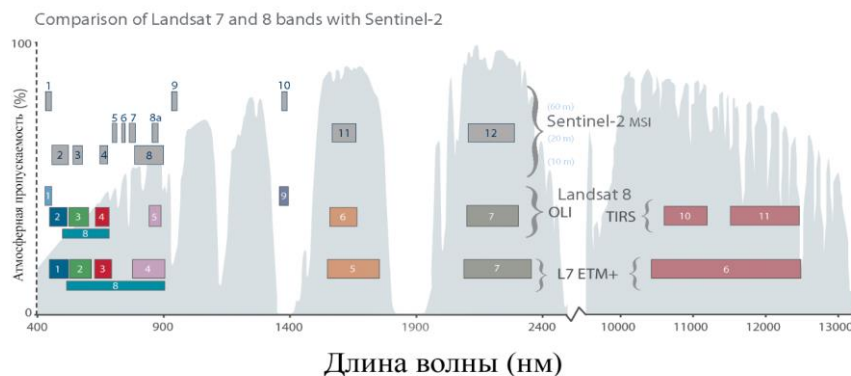


Рисунок 1 – Спектральные диапазоны спутников Landsat-7, Landsat-8 и Sentinel-2

Из приведенных характеристик видно значительное преимущество Sentinel-2 над Landsat-8 – пространственное разрешение синего зеленого и красного каналов в 3 раза выше. Разница отчетливо видна в сравнении на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2 – Синтез в естественных цветах снимка Sentinel-2

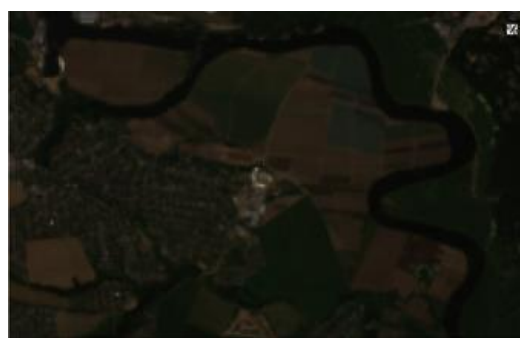


Рисунок 3 – Синтез в естественных цветах снимка Landsat-8

Однако наличие панхроматического канала с разрешением 15 м позволяет существенно увеличить качество на синтезированном снимке благодаря алгоритму панхроматического слияния (Pansharpening). Существует множество разновидностей панхроматического слияния, каждое из которых имеет свои особенности, однако суть их заключается в одном – повысить качество цветного изображения (рисунок 3) до уровня панхроматического (рисунок 4). Результат представляет собой цветное изображение с высокого разрешения (рисунок 5).

Итоговое максимальное разрешение снимков 10 м у Sentinel-2, 15 м у Landsat-8. На таких снимках уже отчетливо видны отводящие каналы и границы участков. По снимкам данного типа можно выявить переполив, локальные нарушения герметичности водоводов (по заболачиванию земли), эрозионные процессы (по результатам сравни-

тельного анализа снимков, взятых с большим временным интервалом). Для более детального анализа необходимо работать не только с каналами видимого диапазона. Наиболее распространенным методом в мониторинге сельского хозяйства и растительности в целом является расчет индексов. В число индексов входят вегетационные и водные индексы.



Рисунок 4 – Панхроматический канал Landsat-8



Рисунок 5 – Результат работы панхроматического слияния, снимок Landsat 8, обработанный по алгоритму панхроматического слияния

Вегетационный индекс (ВИ) – это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными каналами и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения листьями растений. Наиболее распространенный из вегетативных индексов – NDVI (рисунок 6, 7) – характеризует относительное количество фотосинтетически активной биомассы. Расчет индекса ведется по известной формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

где NIR – отражение в зоне ближнего ИК; RED – отражение в красной области спектра.

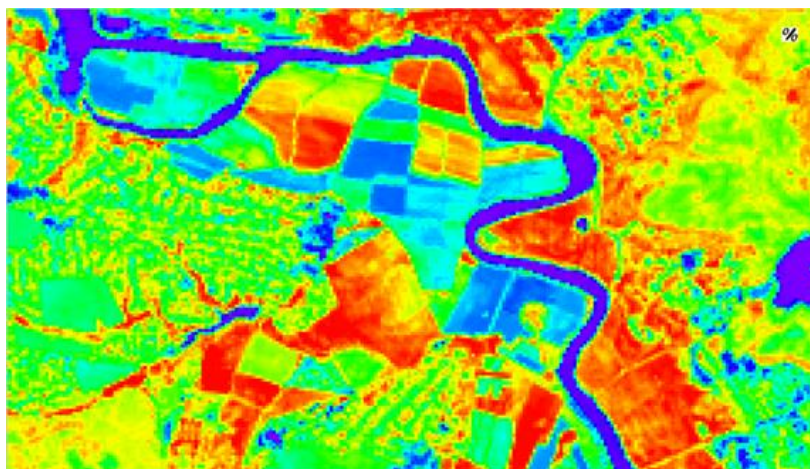


Рисунок 6 – Рассчитанный NDVI с применением цветовой схемы Rainbow на участке совхоза им. Ленина по весеннему снимку

В основе данной формулы лежит тот факт, что высокая фотосинтетическая активность, как правило связанная с густой растительностью, приводит к уменьшению отражательной способности объекта в красной зоне спектра и к увеличению в зоне ближнего ИК. Благодаря этому появляется возможность на основе воздушных съемок проводить картирование растительного покрова, выявлять площади, покрытые и не покрытые растительностью, оценивать плотность, всхожесть, состояние растений, а с помощью регулярного мониторинга наблюдать развитие процессов в динамике [10].

Яркостная неоднородность в пределах одного сектора может говорить о проблемах мелиоративной системы. Большим преимуществом работы с ВИ является то, что они позволяют выявить неблагоприятные процессы на ранних этапах, чего при работе в видимом диапазоне сделать нельзя.

Другой тип индексов, применимых в вопросах мелиорации, – водные индексы. Они отражают содержание влаги в фитомассе растений или на поверхности земли.



Рисунок 7 – Рассчитанный вегетационный индекс NDVI
а) Landsat-8 (17 августа 2016), б) Sentinel-2 (28 августа 2016)

Самым распространенным из них является индекс NDWI (рисунок 8) – Normalized Difference Water Index (нормализованный разностный водный индекс) – отображает содержание воды в зеленой биомассе и рассчитывается по формуле:

$$NDWI = \frac{(X_{nir} - X_{swir})}{(X_{nir} + X_{swir})}$$



Рисунок 8 – Рассчитанный вегетационный индекс NDWI снимок Landsat-8 (17 августа 2016)



Рисунок 9 – Рассчитанный вегетационный индекс LMI Landsat-8 (17 августа 2016)

Аналогичный индекс LMI (рисунок 9) рассчитывается по формуле $B5/B4$ для Landsat-7 и $B6/B5$ для Landsat-8.

Индекс, отображающий содержание влаги на поверхности земли, называется NDB4B6 (рисунок 10) и рассчитывается по формуле – $(B4-B6)/(B4+B6)$ для Landsat-7 $(B5-B10)/(B5+B10)$ для Landsat-8 [5].

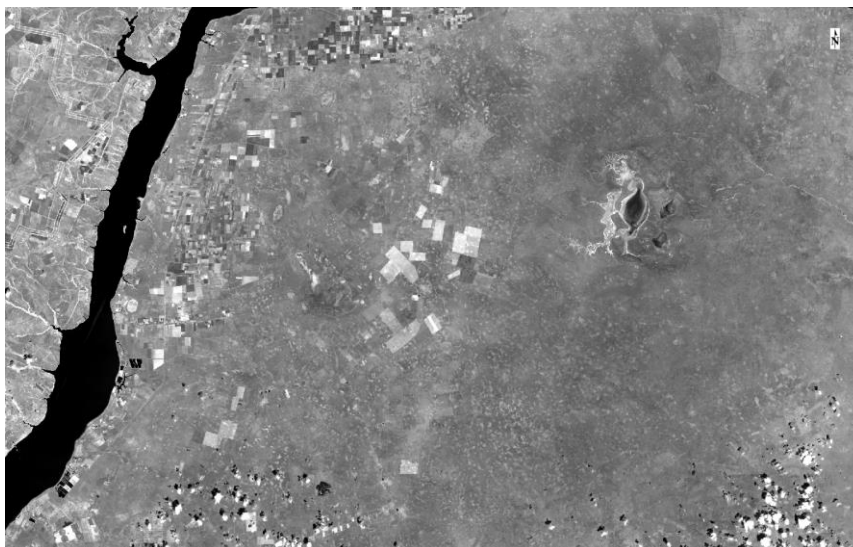


Рисунок 10 – Рассчитанный вегетационный индекс NDB4B6 Landsat-8 (17 августа 2016)

Заключение. Теоретически обосновано применение алгоритма (синтезированный снимок и расчёт индексов) обработки спутниковых снимков для оперативного мониторинга элементов осушительно-увлажнительной системы, позволяющего оперативно выявлять отклонения от проектных параметров и анализировать динамику изменений состояния системы в процессе ее эксплуатации. Двухэтапный анализ позволяет выявить максимальное число неисправностей по прямым и косвенным признакам. Синтезированный снимок высокого разрешения обеспечивает регистрацию процесса эрозии почвенного покрова на ранних стадиях, а анализ рассчитанных индексов по косвенным признакам – проблемные участки системы, что невозможно сделать при анализе снимков в видимом диапазоне. Отмеченный способ регистрации изменений в системе можно рассматривать как вариант оперативного мониторинга при дистанционном зондировании Земли.

В результате анализа возможности спутниковых систем и требований к снимкам для мониторинга были выявлены две спутниковые системы, предоставляющие в открытом доступе космические снимки высокого разрешения, которые могут быть использованы в мониторинге мелиорированных земель. Это снимки со спутников Landsat-8 и Sentinel-2. Источником снимков служит портал Геологической службы США USGS.GOV – Earthexplorer. Характеристики снимков и возможности их обработки очень близки, поэтому выбирать снимок можно по принципу наиболее актуальной даты.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Аппаратное обеспечение мониторинга работы дождевальной техники на основе технологий глобального спутникового позиционирования [Текст]/ В.В. Бородычев, Е.Э. Головинов, М.Н. Лытов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2 (62). – С. 48-52.
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. Головинов, Е.Э. Современные методики и средства дистанционного мониторинга мелиоративных систем [Текст]/ Е.Э. Головинов, С.А. Киселев // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции /ВолГАУ. – Волгоград, 2017. – С. 208-213.

4. Головинов, Е.Э. Обеспечение пожарной безопасности торфяников путём применения систем двойного регулирования уровня воды в водных объектах и в грунтовых массивах [Текст]/ Е.Э. Головинов, М.А. Воинов, В.Б. Жезмер // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России» (Костяковские чтения): материалы Международной научно-практической конференции / ВНИИГиМ. – М., 2013. – С. 173-177.

5. Головинов, Е. Э. Мониторинг водопроводящих сооружений мелиоративных систем методом дистанционного зондирования [Текст]/ Е. Э. Головинов, С. А. Киселев, К. С. Семенова // Сборник ВНИИГиМ. – М., 2018. – С. 101-109.

6. Дворкин Б.А. Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel [Электронный ресурс] // Геоматика [сайт]. – URL: <http://geomatika.ru/clauses/276/> (дата обращения 17.09.2018).

7. Лихацевич, А.П. Учет состояния мелиорированных земель при планировании ремонтно-эксплуатационных мероприятий [Текст]/ А.П. Лихацевич, С.Е. Страхов // Мелиорация. – 2009. – № 2 – (62). – С. 51-58.

8. Товкач, В.А. Перспективы и возможности дистанционного зондирования земли при организации мониторинга состояния мелиоративных систем Полесья [Текст]/ В.А. Товкач, Э.Н. Шкутов // Мелиорация. – 2008. – № 1 (59). – С. 14-25.

9. Якушев, В.П. Точное земледелие: опыт применения и потенциал развития [Текст]/ В.П. Якушев, П.В. Лекомцев, А.Ф. Петрушин // Информация и космос. – 2014. – № 3. – С. 50-56.

10. NDVI – теория и практика [Электронный ресурс] GISLAB [сайт]. – URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения 12.08.2018).

11. Robert P.C. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management / P.C. Robert // Plant and Soil. – 2002. – Т. 247. – № 1. – P. 143-149.

12. Schellberg, J. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints / J. Schellberg, M.J. Hill, R. Gerhards, M. Rothmund, M. Braun // European Journal of Agronomy. – 2008. – Т. 29. – № 2-3. – P. 59-71.

13. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green lai of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture / D. Haboudane, J.R. Miller, E. Pattey, P.J. Zarco-Tejada, I.B. Strachan // Remote Sensing of Environment. – 2004. – Т. 90. – № 3. – P. 337-352.

Reference

1. Borodychev, V. V. Apparatnoe obespechenie monitoringa raboty dozhdaval'noj tehniki na osnove tehnologij global'nogo sputnikovogo pozicionirovaniya [Tekst]/ V. V. Borodychev, E. Je. Golovinov, M. N. Lytov // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2016. - № 2 (62). - P. 48-52.

2. Borodychev, V. V. Monitoring i upravlenie orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Le. Golovinov. - M.: Redakciya zhurnala “Mehanizaciya i jelektrifikaciya sel'skogo hozyajstva”, 2017. - 154 p.

3. Golovinov, E. Je. Sovremennye metodiki i sredstva distancionnogo monitoringa meliorativnyh sistem [Tekst]/ E. Je. Golovinov, S. A. Kiselev // Jekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodnopol'zovaniya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii /VolGAU. - Volgograd, 2017. - P. 208-213.

4. Golovinov, E. Je. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti torfyanikov putjom primeneniya sistem dvojnogo regulirovaniya urovnya vody v vodnyh ob'ektah i v gruntovyh massivah [Tekst]/ E. Je. Golovinov, M. A. Volynov, V. B. Zhezmer // Melioraciya i problemy vosstanovleniya sel'skogo hozyajstva Rossii” (Kostyakovskie chteniya): materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / VNIIGiM. - M., 2013. - P. 173-177.

5. Golovinov, E. Je. Monitoring vodoprovodyaschih sooruzhenij meliorativnyh sistem metodom distancionnogo zondirovaniya [Tekst]/ E. Je. Golovinov, S. A. Kisilev, K. S. Semenova // Sbornik VNIIGiM. - M., 2018. - P. 101-109.

6. Dvorkin B. A. Evropejskaya programma GMES i perspektivnaya gruppirovka sputnikov DZZ Sentinel [Elektronnyj resurs] // Geomatika [sajt]. - URL: <http://geomatika.ru/clauses/276/> (data obrascheniya 17.09.2018).

7. Lihacevich, A. P. Uchet sostoyaniya meliorirovannyh zemel' pri planirovanii re-montno-jekspluatatsionnyh meropriyatij [Tekst]/ A. P. Lihacevich, S. E. Strahov // Melioraciya. - 2009. - № 2 - (62). - P. 51-58.

8. Tovkach, V. A. Perspektivy i vozmozhnosti distancionnogo zondirovaniya zemli pri organizatsii monitoringa sostoyaniya meliorativnyh sistem Poles'ya [Tekst]/ V. A. Tovkach, Ye. N. Shkutov // Melioraciya. - 2008. - № 1 (59). - P. 14-25.

9. Yakushev, V. P. Tochnoe zemledelie: opyt primeneniya i potencial razvitiya [Tekst]/ V. P. Yakushev, P. V. Lekomcev, A. F. Petrushin // Informaciya i kosmos. - 2014. - № 3. - P. 50-56.

10. NDVI - teoriya i praktika [Elektronnyj resurs] GISLAB [sajt]. - URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (data obrascheniya 12.08.2018).

11. Robert P.C. Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management / P.C. Robert // Plant and Soil. - 2002. - T. 247. - № 1. - P. 143-149.

12. Schellberg, J. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints / J. Schellberg, M.J. Hill, R. Gerhards, M. Rothmund, M. Braun // European Journal of Agronomy. - 2008. - T. 29. - № 2-3. - P. 59-71.

13. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green lai of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture / D. Haboudane, J.R. Miller, E. Pattey, P.J. Zarco-Tejada, I.B. Strachan // Remote Sensing of Environment. - 2004. - T. 90. - № 3. - P. 337-352.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

УДК 621.785.5

DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-52

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЗОНАЛЬНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СТРУКТУР ДЕТАЛЕЙ ОРУДИЙ ДЛЯ ПОЧВООБРАБОТКИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

FORMATION OF WEAR-RESISTANT ZONALLY-DISTRIBUTED STRUCTURES OF DETAILS OF ARMANTS FOR SOIL PROCESSING FROM HIGH-STRENGTHEN IRON

В.А. Моторин^{1,2}, кандидат технических наук

Д.С. Гапич¹, доктор технических наук, доцент

Л.В. Костылева¹, доктор технических наук, профессор

А.Е. Новиков^{2,3}, доктор технических наук, доцент

V. A. Motorin^{1,2}, D.S. Gapich¹, L.V. Kostyleva¹, A.E. Novikov^{2,3}

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

³Волгоградский государственный технический университет

¹Volgograd State Agrarian University

²All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture

³Volgograd State Technical University

В мировой практике наблюдается повышенный интерес к щелеванию. Этот прием рассматривается как универсальный способ устранения уплотненных слоев почвы, образующихся при использовании дисковых, плоскорезных орудий, а также для разрушения плужной подошвы. Обеспечение высоких почвозащитных показателей при щелевании осуществляется за счет сохранения на поверхности основной массы послеуборочных остатков и резкого ослабления поверхностного стока. Повышение износостойкости и долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин является актуальной задачей. В качестве перспективной альтернативы

наиболее эффективным наплавочным технологиям предложено изготовление долот чизельного плуга литьём из нелегированного высокопрочного чугуна с отбеленной рабочей поверхностью. Преимущества литейной технологии состоят в достижении высокой твердости и износостойкости рабочей поверхности за счет высокого содержания в структуре отбеленного слоя эвтектических карбидов с твердостью ≥ 800 HB и получении практически готовой детали с упрочненной поверхностью в состоянии после литья. Исключается необходимость в проведении упрочняющей обработки закалки или наплавки, а также сварки. Сопротивление ударным нагрузкам и скалыванию отбеленного слоя обеспечивается при широкой зоне перехода от структуры чисто белого чугуна упрочненного слоя к структуре графитизированного чугуна основного тела отливки. Разработана технология изготовления долот рабочих органов почвообрабатывающих орудий, обладающих высокой износостойкостью локальным отбелом режущей части и оптимальным распределением структур и твердости по функциональным зонам отливки. Даны рекомендации по оптимальному составу чугуна для изготовления литого долота чизельного плуга с отбеленной поверхностью.

In the world practice there is an increased interest in splitting. This technique is considered as a universal way of eliminating compacted soil layers formed by the use of disc, flat cutting tools, as well as for the destruction of the plow soles. The provision of high soil protection indicators during the crevice is achieved due to the conservation of the post-harvest residues on the surface of the main mass and a sharp weakening of the surface runoff. Increasing the wear resistance and durability of the working organs of tillage machines is an urgent task. As a promising alternative to the most effective surfacing technologies, it is proposed to make chisel bit chisels from unalloyed high-strength cast iron with a bleached working surface. The advantages of foundry technology consist in the achievement of high hardness and wear resistance of the working surface due to the high content of the bleached layer of eutectic carbides with a hardness of ≥ 800 HB in the structure and the production of a practically finished part with a hardened surface in a state after casting. There is no need to perform hardening treatment of hardening or surfacing, as well as welding. Resistance to impact loads and chipping of the bleached layer is ensured with a wide transition zone from the structure of pure white cast iron to the structure of graphitized cast iron of the casting base body. The technology of manufacturing the working organs of soil-cultivating tools with high wear resistance by local bleaching of the cutting part and optimal distribution of structures and hardness by functional casting zones has been developed. Recommendations are given on the optimal composition of cast iron for the production of a cast chisel with a bleached surface.

Ключевые слова: долото чизельного плуга, абразивная износостойкость, высокопрочный чугун, отбеленный слой, технологии обработки почвы.

Key words: chisel plough chisel, abrasive wear resistance, high-strength cast iron, chilled layer, soil technology.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований совместно с администрацией Волгоградской области
(код научного проекта РФФИ № 18-48-342004)*

Введение. Выбор оптимальной технологии обработки почвы определяется несколькими группами производственных и природных факторов, которые оказывают весомое влияние на конечный результат. Однако на почвах, подверженных дефляции и водной эрозии, он лимитируется необходимостью сохранения на поверхности почвы пожнивных остатков. При этом в засушливых условиях Юга России с преобладанием степных зон почвозащитная обработка должна иметь выраженную направленность в сторону минимизации вплоть до нулевой, а в сложных эрозионных ландшафтах лесостепной зоны противоэрозионная обработка должна включать глубокое рыхление, щелевание и другие способы, обеспечивающие аккумуляцию влаги и сокращение стока.

Для безотвальной обработки почвы характерно применение семейства рыхлящих рабочих органов: плоскорезов, стоек СибИМЭ, чизелей, параплау, щелевателей, комбинированных почвообрабатывающих и посевных агрегатов. Применение параплау особенно эффективно на плотных, пересохших почвах, чизелей – на чистых от корнеотпрысковых сорняков, стоек СибИМЭ – на влажных. Эти рабочие органы можно использовать в качестве сменных на одной универсальной раме. В мировой практике все большее внимание уделяется щелеванию. Его рассматривают как универсальный прием устранения уплотненных слоев почвы, образующихся при обработке дисковыми, плоскорезными орудиями, и разрушения плужной подошвы. Высокие почвозащитные показатели при щелевании обеспечиваются в результате сохранения на поверхности основной массы послеуборочных остатков и резкого ослабления поверхностного стока.

Щелевание эффективно и как прием влагонакопления, особенно при влажной осени. После чизельной обработки с осени не происходит сплошного замерзания почвы, что обеспечивает благоприятные условия для впитывания талых вод и уменьшения их стока, если она проводится в возможно более поздние предзимние сроки. Все большее распространение получает сочетание в одном агрегате чизельных рабочих органов, обрабатывающих почву на глубину до 30 см с дисковыми, а также лап различных конструкций с дисками. При этом агрегаты ряда фирм оборудованы приспособлениями для внесения удобрений (Джон Дир, Вил-Риг и др.), выпускаются также и роторно-чизельные агрегаты («Лиллистон») [5, 9, 1].

Эксплуатационная надежность почвообрабатывающих машин во многом определяется интенсивностью износа их режущих лезвий, изнашивание которых представляет собой процесс разрушения поверхностных слоев незакрепленными минеральными зёрнами. Особенность такого типа абразивного изнашивания состоит в том, что минеральные зёрна почвообразующих пород и почвогрунтов связаны в сравнительно непрочную массу, а твердость этих зёрен превосходит твердость материалов, которые применяются для изготовления режущих лезвий. В почвогрунтах содержание твердых частиц SiO_2 (кварца) с микротвердостью HV 7,0 – 11,0 ГПа составляет от 35 до 85 % (в песках свыше 90 %) всех минеральных зёрен (агентов износа). Причем с увеличением глубины обработки почвогрунтов a от 0,28 до 0,40 м их содержание достигает наибольшего значения, что обусловлено процессами почвообразования. Затем по степени распространения идут алюмосиликаты (полевые шпаты 20 % и более, слюда – до 10 %) и силикаты (5 – 15 %) с микротвердостью HV 6,0 – 7,2 ГПа [10].

Твердость и сопротивление почвы движению рыхлителя с увеличением глубины рыхления прогрессивно возрастают, в нижних горизонтах обработки часто встречаются камни, что многократно повышает требования не только к абразивной износостойкости и прочности, но и к ударной вязкости материала рабочих органов почвообрабатывающих машин. Вследствие таких тяжелых условий эксплуатации многие из них имеют крайне малый ресурс.

В этой связи исследования, направленные на повышение эксплуатационных характеристик наиболее нагруженной детали чизельного плуга – долота, весьма актуальны и необходимы для развития высокоэффективных агротехнических технологий.

В отечественном и зарубежном сельхозмашиностроении для изготовления долота плуга-рыхлителя используют преимущественно сортовой прокат углеродистой или малолегированной стали. Износостойкость режущих элементов долота, как правило, обеспечивают объёмной или локальной закалкой (при достаточном содержании углерода в стали) или наплавкой различными износостойкими материалами.

В работах отечественных и зарубежных исследователей [3, 8, 2] на интенсивно изнашиваемую поверхность рабочих органов почвообрабатывающих машин рекомендовано нанесение наплавки керамики на основе оксида алюминия, нитрида или карбида

кремния; хромистого чугуна; твердых сплавов или сплавов типа Сормайт, которые действительно способны увеличить износостойкость. Но эти наплавки, как правило, очень дороги и многократно увеличивают себестоимость изготовления деталей [7].

Конструктивные особенности и условия эксплуатации долота чизельного плуга, предъявляющие повышенные требования преимущественно к абразивной износостойкости материала, позволяют рассматривать изготовление его из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и отбеленной рабочей поверхностью в качестве эффективной замены стальному долоту с наплавкой.

Целью данного исследования было повышение износостойкости долота плуга путем применения эффективной и экономически обоснованной литейной технологии изготовления его из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и рационального зонального структурирования.

Материалы и методы. Преимущества литейной технологии изготовления долота из высокопрочного чугуна с отбелом состоят в достижении высокой твердости и износостойкости рабочей поверхности за счет высокого содержания в структуре отбеленного слоя эвтектических карбидов с твердостью ≥ 800 НВ и получении практически готовой детали с упрочненной поверхностью в состоянии после литья. Исключается необходимость в проведении упрочняющей обработки закалки или наплавки, а также не требуется выполнения сварки для долот с боковым креплением.

При этом необходимый уровень общей прочности литого долота в целом сопротивление ударным нагрузкам и скалыванию отбеленного слоя, которые возникают при эксплуатации, могут быть обеспечены при широкой зоне перехода от структуры чисто белого чугуна упрочненного слоя к структуре графитизированного чугуна основного тела отливки.

Получение отбеленных отливок основано на возможности кристаллизации чугуна по стабильной или метастабильной системам в зависимости от состава металла, скорости охлаждения и других факторов, влияющих на состояние жидкого металла, в частности на наличие в нем зародышей графитовых кристаллов.

Формирование локального отбела в отливках из чугуна в литейных технологиях получают увеличением скорости охлаждения в заданных зонах с помощью окрашивания соответствующих поверхностей внутренней полости литейной формы специальными красками, содержащими теллур или висмут, или установки внутренних металлических холодильников в песчано-глинистую литейную форму. Если необходимо получить отбеленную зону большой протяженности соответствующую часть песчано-глинистой формы выполняют кокильными (металлическими) вставками [6].

Рациональное распределение структур и, соответственно, механических, технологических свойств по функциональным зонам отливки, обеспечивающих достаточную прочность, ударостойкость долота и высокую износостойкость его режущей части показано на рисунке 1.

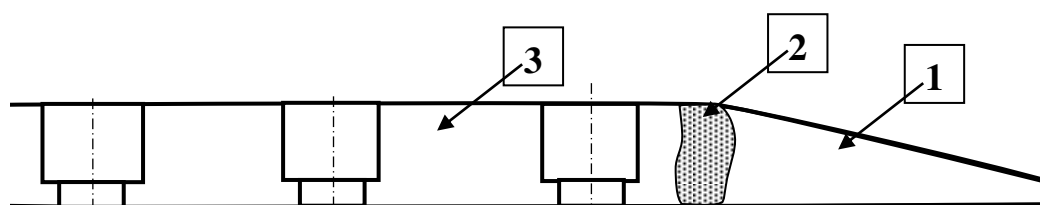


Рисунок 1 – Распределение структурных зон в долоте плуга из высокопрочного чугуна в соответствии с функциональным назначением: 1 – отбеленная зона, ледебурит; 2 – переходная зона, ледебурит, шаровидный графит, перлит; 3 – графитизированная зона, перлит, шаровидный графит

Отбеленная носовая часть обеспечивает высокую износостойкость. В основной части отливки долота, где необходимо сверлить отверстия для крепления, преимущественно перлитная металлическая основа и шаровидный графит гарантируют хорошую обрабатываемость резанием и высокую эксплуатационную надёжность в части прочности и ударостойкости. Достаточно широкая переходная зона, в которой постепенно уменьшается количество хрупких структурных составляющих, должна выполнять амортизирующую роль против ударных нагрузок.

Заданное зональное распределение структур в отливках долота было получено литьем в комбинированную литейную форму, часть нижней полуформы которой выполнена в виде стальной плиты с рельефной поверхностью (рисунок 2). Остальные части формы из песчано-глинистой смеси нормальной влажности и уплотнения.

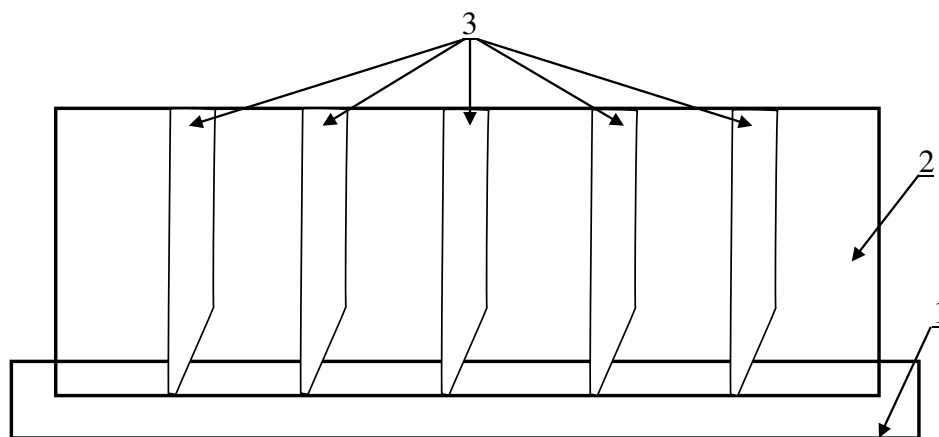


Рисунок 2 – Принципиальная схема нижней литейной полуформы для получения локального отбела режущей кромки:

1 – кокильная вставка (рельефная стальная плита); 2 – песчано-глинистая часть нижней полуформы; 3 – отливки

Поверхность полости формы, оформленной кокильной вставкой, окрашивали противопожарной краской.

Химический состав чугуна для отливок долота плуга с отбеленным рабочим слоем выбирался на основе ранее выполненных исследований комплексного влияния содержания основных его компонентов – кремния и марганца – на глубину и характер отбеленной зоны литых образцов клиновидной формы, залитых в сырую песчано-глинистую форму, острым краем, установленных на металлическую плиту [4]. Содержание регламентируемых компонентов в чугуне, которым заливали формы, составляло в % масс.:

C	Si	Mn	Mg	S	Cr
3,5	1,47	0,52	0,49	0,02	0,05

Заливку производили при температуре 1360...1430 °С. Выбивку отливок из формы производили при температуре ~ 720...750 °С.

Исследование микроструктуры по функциональным зонам производили металлографическим методом на шлифах, травленных нитратом с помощью оптического микроскопа «Neophot-21» при увеличениях от $\times 250$ до $\times 500$. Твердость, прочность и ударную вязкость по зонам определяли в соответствии с действующими стандартами ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) и ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86), ГОСТ 1497-84, ГОСТ 9454-78.

Результаты и обсуждение. Микроструктуры, полученные в разных зонах отливок долота представлены на рисунке 3.

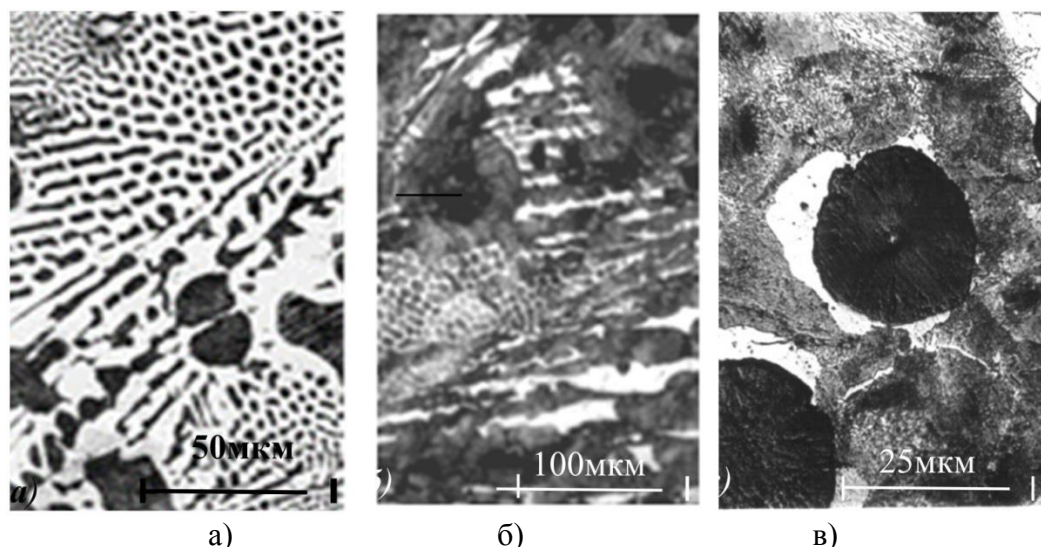


Рисунок 3 – Металлографические структуры различных локальных зон долота

В зоне режущей кромки (рисунок 3а) был получен полный отбел со структурой ледебурита и небольшим количеством перлита в ветвях первичных дендритов, объемная доля которых не превышала 8 %. Протяженность зоны полного отбела по длине отливки от её носовой части составила 48 мм и заняла почти всю клиновидную часть долота. Твердость в области полного отбела достигла 750 НВ.

В основном объеме долота (рисунок 3в) – перлитная структура металлической основы с минимальным количеством феррита, расположенного вокруг графитовых включений и шаровидная форма последних, обеспечила прочность и ударную вязкость на уровне марки ВЧ 60, которые позволяют выдерживать статические и динамические нагрузки с запасом, превышающим реальные при эксплуатации долот. Полученные в этой зоне структура и твердость 260 НВ определили хорошую обрабатываемость резанием при выполнении отверстий для крепления долота к плугу.

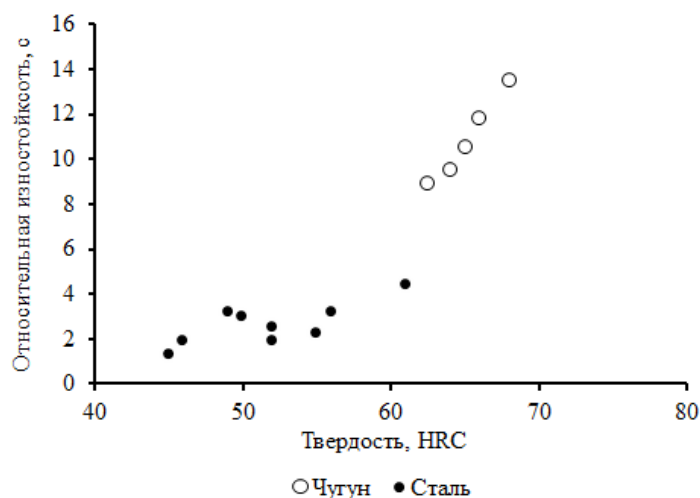


Рисунок 4 – График зависимости относительной износостойкости стали и белого чугуна от твердости

В переходной зоне структура постепенно изменялась: уменьшалось количество эвтектического цементита, появились шаровидные включения графита, а затем увеличивалось их количество. По мере возрастания графитизации твердость постепенно уменьшалась от 720 НВ до 260 НВ. Такая структура, твердость и ширина переходной зоны, которая составила 30 мм, уменьшает опасность скалывания отбеленной зоны.

Анализ результатов сравнительных испытаний белого чугуна и закаленной стали [5], графическая интерпретация которых отражена на рисунке 4 позволяет сделать вывод, что достигнутые результаты позволят повысить износостойкость долот из высокопрочного чугуна с отбеленной режущей частью не менее, чем в 3,5 раза по сравнению со стальными долотами, закаленными на самую высокую твердость.

Заключение. Разработанная технология позволяеткратно увеличить ресурс рабочих органов почвообрабатывающих орудий по сравнению с применением стального проката. Кроме того, переход на литейную технологию позволит снизить трудоёмкость, энергетические и финансовые затраты в сфере производства и эксплуатации изделия за счет использования более дешевых материалов и исключения из технологической цепочки ряда операций: сварки,ковки, термической обработки, наплавки.

Библиографический список

1. Адаптивно-ландшафтная система земледелия Иркутской области [Текст]/ В.И. Солодун, В.Т. Мальцев, Н.Н. Дмитриев и др. – Изд.-е 2-е, перераб. и доп. – Иркутск, 2001. – 191 с.
2. Иголкин, А.И. Абразивостойкие наплавленные плиты и трубы для горной техники [Текст]/ А.И. Иголкин, Ю.В.Зеленин // Горный журнал. – 2011. – №2. – С. 57-59.
3. Кожухова, Н. Ю. Наплавочное армирование рабочих органов почвообрабатывающих машин, эксплуатирующихся на тяжелых почвах [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук/Н.Ю. Кожухова. – М., 2011. – 21 с.
4. Комплексное влияние химического состава чугуна на структуру отбеленного слоя долота чизельного плуга [Текст] / Л.В. Костылева, Д.С. Гапич, В.А. Моторин и др.// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №2. – С. 221.
5. Новиков, В. С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст]: автореф. докт. техн. наук / В.С. Новиков. – М., 2008. – 38 с
6. Справочник по чугунному литью [Текст]/ Под ред. д-ра техн. наук Н.Г. Гиршовича. – 3-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – 758 с.
7. Плуги тракторные лемешные общего назначения. Общие технические условия [Текст]: СТБ 1388-2003. – Минск: Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации (БелГИСС), 2003. – 12 с.
8. Хасуи, А. Наплавка и напыление [Текст]/ А.Хасуи, О. Моригаки; пер. с яп. В.Н. Попова. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
9. Dallaire, S. Development of Cored Wires for Improving the Abrasion Wear Resistance of Austenitic Stainless Steel / S. Dallaire and H. Levert // Journal of Thermal Spray Technology. – 1997. – № 6(4). – P. 456-462.
10. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration /A.E. Novikov, V.A. Motorin, M.I. Lamskova и др.// Journal of Friction and Wear. – 2018. – Vol. 39, No. 2. – P. 158-163.

Reference

1. Adaptivno-landshaftnaya sistema zemledeliya Irkutskoj oblasti [Текст]/ V. I. Solodun, V. T. Mal'cev, N. N. Dmitriev i dr. – Izd.-e 2-е, pererab. i dop. - Irkutsk, 2001. - 191 p.
2. Igolkin, A. I. Abrazivostojkie naplavlennye plity i truby dlya gornoj tehniki [Текст]/ A. I. Igolkin, Yu. V. Zelenin // Gornyj zhurnal. - 2011. - №2. - P. 57-59.

3. Kozhuhova, N. Yu. Naplavochnoe armirovanie rabochih organov pochvoobrabatyvayuschih mashin, jekspluatiruyuschihysya na tyazhelyh pochvah [Tekst]: avtoref. dis. kand. tehn. nauk/N. Yu. Kozhuhova. - M., 2011. - 21 p.

4. Kompleksnoe vliyanie himicheskogo sostava chuguna na strukturu otbelennogo sloya dolo-ta chizel'nogo pluga [Tekst] / L. V. Kostyleva, D. S. Gapich, V. A. Motorin i dr.// Izvestiya Nizhne-volzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - №2. - P. 221.

5. Novikov, V. S. Obespechenie dolgovechnosti rabochih organov pochvoobrabatyvayuschih mashin [Tekst]: avtoref. dokt. tehn. nauk / V. S. Novikov. - M., 2008. - 38 p

6. Spravochnik po chugunnomu lit'yu [Tekst]/ Pod red. d-ra tehn. nauk N. G. Girshovicha. - 3-e izd. pererab. i dop. - L.: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1978. - 758 p.

7. Plugi traktornye lemeshnye obshchego naznacheniya. Obschie tehicheskie usloviya [Tekst]: STB 1388-2003. - Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj institut standartizacii i sertifikacii (BelGISS), 2003. - 12 p.

8. Hasui, A. Naplavka i napylenie [Tekst] / A. Hasui, O. Morigaki; per. s yap. V. N. Popova. - M.: Mashinostroenie, 1988. - 240 p.

9. Dallaire, S. Development of Cored Wires for Improving the Abrasion Wear Resistance of Austenitic Stainless Steel / S. Dallaire and H. Levert // Journal of Thermal Spray Technology. - 1997. - № 6(4). - P. 456-462.

10. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Ma-chines under Abrasive Deterioration /A.E. Novikov, V.A. Motorin, M.I. Lamskova i dr.// Journal of Friction and Wear. - 2018. - Vol. 39, No. 2. - P. 158-163.

E-mail: vmotorin001@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

- Овчинников А.С., Бочарников В.С., Мещеряков М.П., Бочарникова О.В., Мещерякова Е.Г.** Технологические приемы управления водным режимом почвы на лиманах Нижнего Поволжья
Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Bocharnikova O.V., Meshcheryakova E.G. Technological methods of management of the water regime of the soil at the estuaries of the Lower Volga region 15
- Дубенок Н.Н., Болотин Д.А., Фомин С.Д., Болотин А.Г.** Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья
Dubenok N.N., Bolotin D.A., Fomin S.D., Bolotin A.G. The responsiveness of different potato varieties on the water regime of light chestnut soils of the Lower Volga region 22
- Мелихов В.В., Зибаров А.А., Мелихова Н.П., Тегесов Д.С.** Экологическое состояние орошаемых агроландшафтов локального мониторинга на Волго-Донском междуречье
Melikhov V.V., Zibarov A.A., Melikhova N.P., Tegesov D.S. Environmental condition of irrigated agrolandscapes of local monitoring at the Volga-Don interfluvium 29
- Ахмедов А.Д.** Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья
A.D. Akhmedov Drip irrigation of vegetable crops in conditions of Volga-Don interfluvium 36
- Барабанов А.Т., Петелько А.И.** Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги
Barabanov A.T., Petelko A.I. Forecasting of surface run-off of melt-water of agricultural land in the forest-steppe zone of the Volga basin 43
- Боровой Е.П., Ходяков Е.А., Кременской В.И., Джапарова А.М.** Экологическая оценка полива очищенной сточной водой корнеплодов в Крыму
Borovoy E.P., Khodyakov E.A., Kremenskoy V.I., Dzhaparova A.M. Ecological estimation of irrigation by treated wastewater of roots in Crimea 49
- Воронина В.П., Рулева О.В.** Фитоценотическая структура и продуктивность злаковых ассоциаций в агроландшафтах
Voronina V.P., Ruleva O.V. Fitocenotic structure and productivity of grass associations in agrolandscapes 57
- Овчинников А.С., Бубер А.А., Добрачев Ю.П., Бородычев В.В.** Динамическая модель раннеспелого картофеля для регулирования гидротермического режима агроценоза в условиях Волгоградской области
Ovchinnikov A.S., Buber A.A., Dobrachev Yu.P., Borodychev V.V. Dynamic model of early ripe potatoes for regulation of the hydrothermal regime of agrocenosis in Volgograd region 65

Гурина И.В., Мельник Т.В., Калечак И.М. Эффективность орошения картофеля весенней посадки современной дождевальной техникой в условиях юга России Gurina I.V., Melnik T.V., Kalechak I.M. Efficiency of irrigation of spring planted potatoes by the modern sprinkler in the south of Russia	77
Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Кулик Д.К., Земцова И.П. Основные приемы формирования высокопродуктивных травостоев овсяницы тростниковой при орошении в Нижнем Поволжье Dronova T.N., Burtseva N.I., Kulik D.K., Zemtsova I. P. The basic methods of formation of highly productive herbage of tall fescue in under irrigation the Lower Volga region	84
Лобойко В. Ф., Овчарова А. Ю., Никитина Н.С. Особенности водного режима Нижней Волги и его влияние на состояние северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы Loboyko V.F., Ovcharova A. Yu., Nikitina N.S. Features of the water regime of the lower volga and its impact on the condition of the north-western part of the Volga-Akhtuba floodplain	89
Мелихов В.В., Зибаров А.А., Мелихова Н.П., Вронская Л.В. Факторы управления плодородием почвы в системе орошаемых севооборотов Нижнего Поволжья Melikhov V.V., Zibarov A.A., Melikhova N.P., Vronskaya L.V. Factors of soil fertility management in the system of irrigated crop rotations of the Lower Volga regi.....	96
Мушинский А.А., Аминова Е.В., Дергилева Т.Т. Устойчивость гибридов картофеля к патогенам в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Dergileva T. T. Sustainability of hybrids of potato to pathogens in irrigated conditions in the steppe zone of Orenburg Urals	103
Овчинников А.С., Киселёв А.П., Киселёва Р.З. Усовершенствованный метод расчета элементов инженерно-мелиоративных систем Ovchinnikov A.S., Kiselev A.P., Kiseleva R.S. Improved method of calculation of elements of engineering-reclamation systems	108
Рулев А.С., Шинкаренко С.С., Бодрова В.Н., Сидорова Н.В. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия Rulev A. S., Shinkarenko S. S., Bodrova V. N., Sidorova N. V. Geoinformation provision of precision agriculture	115
Толоконников В.В., Канцер Г.П., Кошкарлова Т.С., Иленева С.В. Сохранение генетической идентичности сортов сои и совершенствование технологии семеноводства в условиях орошения Tolokonnikov V. V., Kancer G.P., Koshkarova T.S., Peneva S.V. Preservation of genetic identity of soybean varieties and improvement of seed-growing technology in irrigation conditions	123

- Чурзин В.Н., Кубраков Е.В.** Роль способов основной обработки почвы в накоплении почвенной влаги и использования атмосферных осадков при выращивании озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области
Churzin V.N., Kubrakov E.V. The role of methods of the main soil treatment in accumulation of the soil moisture and the use of atmospheric drains under cultivation winter wheat on light chestnut soils of the Volgograd region 128
- Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г., Пчихачев Э.К.** Полиморфизм количественных хозяйственно-ценных признаков плодов лещины в популяции на Северо-Западном Кавказе
Sukhorukih Yu.I., Biganova S.G., Pchikhachev E.K. Polymorphism of quantitative economic and valuable signs of hazelnut fruit in the population in the Northwest Caucasus 133
- Тютюма Н.В., Кудряшов А.В., Баканева А.А., Хюпинина Е.В.** Влияние весеннего половодья р. Волги на миграцию тяжелых металлов в почвах Волго-Ахтубинской поймы
Tyutyuma N.V., Kudryashov A.V., Bakaneva A.A., Hupinina E.V. Influence of spring flood of the volga river on the migration of heavy metals in the soils of the Volga-Akhtuba floodplain 140
- Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Карпов М.И., Головатюк О.В.** Сочетание основных регулируемых факторов для формирования высокопродуктивных травостоев *Galega orientalis lam.*
Dronova T.N., Burtseva N.I., Karpov M.I., Golovatyuk O.V. Combination of major adjustable factors for theformation of high-productive grasses *Galega orientalis lam* 146
- Карпова Т.Л., Комаров Е.В., Комарова О.П., Попов А.В.** Экологическая защита семенных посевов многолетних бобовых трав в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья
Karпова T.L., Komarov E.V., Komarova O.P., Popov A.V. Ecological protection of seed crops perennial grasses in irrigated agrolandscapes of the Lower Volga region ... 152
- Кошелев А.В.** Цифровое картографирование почв с использованием данных SRTM
Koshelev A.V. Digital mapping of soils with the use of srtm data 159
- Толоконников В.В., Канцер Г.П., Кошкарлова Т.С., Кожухов И.В.** Адаптивные высокобелковые сорта сои для возделывания в мелиорированных агроландшафтах Южной и Центральной России
Tolokonnikov V. V., Kancer G.P., Koshkarova T.S., Kozuhov I.V. Adaptive, high-white soybean grades for cultivation in meliorized agrolandscapes in South and Central Russia 166
- Ткаченко Н.А.** Засухи и урожайность зерновых культур в Волгоградской области
Tkachenko N.A. Droughts and yield of cereal crops in Volgograd region 171
- Фролова М.В., Московец М.В., Птицына Л.А., Торопов А.Ю.** Хлорелла в рационах перепелов эстонской породы
Frolova M.V., Moskovets M.V., Ptitsyna L.A., Toropov A.Y. Chlorella in diets of quails the estonian breed 178

Полухина Е.В., Иваненко Е.Н., Морозов Д.Е., Власенко М.В. Влияние удобрений некорневого действия на хозяйственно-ценные показатели столовых сортов винограда Poluhina E.V., Ivanenko E.N., Morozov D.E., Vlasenko M.V. Effect of non-function fertilizers on economic-value indicators table grape varieties.....	185
Болотин Д.А., Дубенок Н.Н., Болотин А.Г., Фомин С.Д., Тихонова М.К. Водные ресурсы Волгоградской области и проблемы их использования Bolotin D.A., Dubenok N.N., Bolotin A.G., Fomin S.D., Tihonova M.K. Water resources of the volgograd region and the problems of their use	191
Бондаренко А.Н., Тютюма Н.В. Результаты интенсивной технологии возделывания озимой тритикале в условиях светло-каштановой солонцовой почвы Астраханской области Bondarenko A.N., Tyutyuma N.V. Results of intensive technology of cultivation of winter tritical in the conditions of light chestnut saltal soil of Astrakhan region	197
Хныкин А.С., Вдовенко А.В. Динамика формирования запасов почвенной влаги в имитационных моделях лесных агроценозов Khnyckin A.S., Vdovenko A.V. Soilmoisture reserves dynamics in simulation models of forest agriculture	205
Фролова М.В., Комарова О.П., Московец М.В. Современная биотехнология в улучшении качества воды открытых водоемов многоцелевого назначения Frolova M.V., Komarova O.P., Moskovets M.V. Modern biotechnology in improving the water quality of open multi-purpose reservoirs	213
Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Данилов Ю.Д., Семенова И.А., Мирошник А.С. Использование нового пищевого ингредиента в производстве мясных продуктов функционального назначения Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Danilov Yu.D., Semenova I.A., Miroshnik A.S. Use of a new food ingredient in the production of meat products of functional purposes	219
Злепкин В.А., Эзергайл К.В., Авоян И.А. Мясная продуктивность и качество мяса свиней при введении в рационы ферментно-пробиотического препарата «Бацелл» отдельно и совместно с природным бишофитом Zlepkina A.F., Ezergail K.V., Avoyan I.A. Meat productivity and quality of pig meat when introducing an enzyme probiotic preparation «Batzell» in separation and individually with natural bishophytic	229
Кочеткова О. В. Формализация и анализ процессов холодильного цеха типового мясоперерабатывающего предприятия с целью соответствия требованиям пищевой безопасности и улучшения управленческого учета Kochetkova O. V. Formalization and analysis of the processes of cooling plant of a typical meat processing company for the purpose of the food security system requirement and improvement of management accounting	234
Николаев С.И., Карапетян А.К., Струк М.В., Корнеева О.В. Эффективность использования отходов маслоэкстракционного производства в кормлении цыплят-бройлеров и кур-несушек Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Struk M.V., Korneeva O.V. Efficiency of waste use of oil extraction production in feeding broiler chickens and laying hens	240

- Ранделин А.В., Кайдулина А.А., Ранделина В.В., Гришин В.С.**
Хозяйственно-биологические особенности коров казахской белоголовой, герефордской пород и их помесей
Randelin A.V., Kaidulina A.A., Randelina V.V., Grishin V.S. Economic and biological features of the cows of the kazakh protective, hereford breeds and their pooms 247
- Ранделин Д.А., Новокщёнова А.И., Кравченко Ю.В.** Изучение аномалий в строении тела и наружных органов ценных пород осетровых в условиях искусственного разведения
Randelin D.A., Novokschenova A.I., Kravchenko Y.V. The study of anomalies in the structure of the body and external organs of valuable breeds in conditions artificial breeding 251
- Чамурлиев Н.Г., Приступа В.Н., Колосов Ю.А., Торосян Д.С., Дороженко С.А.**
Эффективность выращивания бычков разных пород при производстве тяжеловесных туш
Chamurliev N. G., Pristupa V. N., Kolosov Y. A., Torosyan D.S., Dorozhenko S.A. The effectiveness of cultivation of steers of different breeds at production of heavy carcasses 256
- Шкаленко В.В., Зотеев В.С., Тюбина А.Г., Рябова М.А.** Эффективность использования БАД «Эльтон» в рационах племенной птицы кросса Хайсекс коричневый
Shkalenko V.V., Zoteev V.S., Ryabova M.A., Tubina A.G. The effectiveness of the use of BAD «Elton» in the diets of breeding birds cross Hajseks brown 264
- Николаев С.И., Карапетян А.К., Струк М.В., Плешакова И.Г., Баймишев Х.Б.**
Эффективность использования нетрадиционного корма в кормлении сельскохозяйственной птицы
Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Struk M.V., Pleshakova I.G., Baimishev H.B. Efficiency of the use of non-traditional fodder in feeding of agricultural poultry 272
- Ранделин А.В., Гаряева Х.Б., Ранделина В.В., Натыров А.К., Кониева О.Н.**
Влияние новых кормовых добавок с антистрессовыми свойствами на интенсивность роста, этологические показатели и биоконверсию питательных веществ кормов в мясную продукцию бычков
Randelin A.V., Garyaeva Kh.B., Randelina V.V., Natyrov A.K., Kaniev O.N. Influence of new feed additives with antistress properties on the intensity of growth, ethological indicators and bio-conversion of nutritional features of fodder in meat production of bulls 279
- Болдарев А.А., Болдарева Н.С.** Динамика показателей результатов колпоцитологических исследований у сук с учетом гормонального статуса
Boldarev A.A., Boldareva N.S. The dynamics of indicators of results of colpocytological studies in dogs (females) taking into account the hormonal status 284
- Мишина О. Ю., Иващенко И.С., Воронцова Е.С.** Исследование потребительских свойств кондитерских изделий функционального назначения
Mishina O. Y., Ivashchenko I.S., Vorontsova E.S. Research of consumer properties of confectionery of functional purpose 293

- Чехранова С.В., Дюжева Н.А., Пономарченко И.А., Корнилова В.А.**
Повышение продуктивности племенной птицы кросса Хайсекс коричневый
при использовании в кормлении премиксов
Chekhranova S.V., Dyuzheva N.A., Ponomarchenko I.A., Kornilova V.A.
Improving the productivity of breeding birds of cross hayseks brown when used
in the feeding of premixes 302

- Шкаленко В.В., Рябова М.А., Карнаухова О.Е., Тюбина А.Г.** Влияние БАД
«Эльтон» на гематологические показатели племенной птицы кросса Хайсекс
коричневый
Shkalenko V.V., Ryabova M.A., Tubina A.G., Karnauhova O.E. The influence
of the BAD «Elton» on the hematological parameters of breeding birds cross
Hajseks brown 309

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES

- Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С.** Определение влажностных
параметров внутриконтурного капельно увлажняемого почвенного пространства
Vasil'ev S. M., Shkura V. N., Shtanko A. S. Determination of moisture parameters
of incontour drip moistured soil space 316

- Новиков А.Е., Дугин Е.А., Филимонов М.И.** Адаптация биоценоза активного
ила к токсиканту сульфид-иону в модельных сточных водах
Novikov A.E., Dugin E.A., Filimonov M.I. Adaptation of biocenose of active
sludge to sulphide ion toxicant in modelar sewage water 324

- Рогачев А.Ф.** Методические подходы к получению и обработке данных дистан-
ционного зондирования для обоснования мелиоративных мероприятий
Rogachev A.F. Methodological approaches to obtaining and processing of remote
sensing data for justification of reclamation activities 332

- Салугин А.Н.** Математические модели динамической устойчивости аридных
экосистем
Salugin A.N. Mathematical models of dynamic sustainability arid ecosystems 339

- Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И.** Общая и хозяйствен-
ная биопродуктивность томатов при капельном орошении водой с
электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом
Semenenko S.Y., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. General and economic
efficiency of tomato under drip irrigation with water with modified electrochemical
redox potential 346

- Юдаев И.В., Глобин А.Н., Плотникова Н.В.** Моделирование процессов в
шнековом дозаторе
Yudaev I.V., Globin A.N., Plotnikova N.W. Modeling of processes in a screw dispenser... 353

- Головинов Е.Э., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Киселев С.А.** Мониторинг
гидромелиоративных систем по спутниковым снимкам из открытых источников
Golovinov E.Je., Borodychev V.V., Lytov M.N., Kiselev S.A. Monitoring irrigation
and drainage systems from satellite imagery from public sources 361

Моторин В.А., Гапич Д.С., Костылева Л.В., Новиков А.Е. Формирование износостойких зонально-распределенных структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна	
Motorin V. A., Gapich D.S., Kostyleva L.V., Novikov A.E. Formation of wear-resistant zonally-distributed structures of details of armants for soil processing from high-strengthen iron	369
СОДЕРЖАНИЕ/ABSTRACTS	377

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

- 05.18.00 Technology of food products

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.