

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки

- технические науки

Группы специальностей:

05.18.00 Технология продовольственных продуктов

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

06.01.00 Агрономия

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

06.03.00 Лесное хозяйство

№ 2 (50), 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:

05.18.00 Technology of food products

05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

06.01.00 Agronomy

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

06.03.00 Forestry

№ 2 (50), 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 № 2 (50), 2018

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки
- технические науки

Группы специальностей:

05.18.00 Технология продоволь-
ственных продуктов
05.20.00 Процессы и машины
агроинженерных систем
06.01.00 Агрономия
06.02.00 Ветеринария и Зоотехния
06.03.00 Лесное хозяйство

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

ISSN 2071-9485

Issue № 2 (50), 2018

Branches of science:

- agricultural sciences
- technical sciences

Groups of specialties:

05.18.00 Technology of food prod-
ucts
05.20.00 Processes and machines of
agroengineering systems
06.01.00 Agronomy
06.02.00 Veterinary and Zootechnics
06.03.00 Forestry

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

Выпуск № 2 (50), 2018

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестацион-
ной 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 уче-
ных степеней кандидата и доктора наук.

Журнал индексируется в международной информационной
системе **Agricultural Research Information System (AGRIS)**

Главный редактор – *Овчинников А.С.*, доктор сельско-
хозяйственных наук, профессор, **член-корреспондент**
РАН, председатель редакционного совета, председатель
правления регионального фонда «Аграрный универси-
тетский 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 № 2 (50), 2018

According to the decision of Presidium of Higher certifying com-
mission of Ministry of Education and science of Russia in
19.02.2010 № 686 the magazine was included into the list of lead-
ing 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)

Chief editor – *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural
sciences, Professor, **correspondent member of Russian**
Academy of Agricultural Sciences, the Chairman of edi-
torial board, the Chairman of regional fund «Agrarian uni-
versity complex», the Rector of the Volgograd state agrar-
ian 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

Заместитель главного редактора – *Бочарников В.С.*, д.т.н., проректор по научно-исследовательской работе Волгоградского ГАУ

Заместитель главного редактора – *Фомин С.Д.*, к.т.н., доцент, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, научный редактор, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

Зволинский В.П., **академик РАН**, научный руководитель Прикаспийского НИИ аридного земледелия

Кулик К.Н., **академик РАН**, директор Федерального научного центра агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения **РАН** (ФНИЦ Агроэкологии **РАН**)

Лихацевич А.Л., **член-корр. Национальной академии Беларуси**, доктор технических наук (Беларусь)

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor-in-Chief - *A.S. Ovchinnikov*, 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 - *V.S. Bocharnikov*, Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Scientific Research of Volgograd State Agrarian University

Deputy editor-in-chief - *S.D. Fomin*, Candidate of Technical Sciences, associate professor, head of Center for Science and Analytical Analysis and International Indexing Systems, Scientific Editor, Volgograd State Agrarian University

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

V.V. Borodychev, **academician of the Russian Academy of Sciences**, director of the branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Reclamation named after A.N. Kostyakov

I.F. Gorlov, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, scientific director of the Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

N.N. Dubenok, **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

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

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

A.L. Likhatchevich, **Corresponding Member, National Academy of Belarus**, Doctor of Technical Sciences (Belarus)

Мелихов В.В., **член-корреспондент РАН**, директор Всероссийского НИИ орошаемого земледелия

Рулев А.С., **академик РАН**, зам. директора по научной работе ФНЦ Агроэкологии РАН

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

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Капошварского Университета (Венгрия)

Шаговнович Драган А., директор Института экономики, Белград (Сербия)

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор экономики сельского хозяйства и кооперативов, заведующий кафедрой экономики сельского хозяйства и рынка Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)

Шилерова Эдита, Ph.D., член Академического сената Чешского земледельческого университета в Праге (Чехия)

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

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

A.S. Rulev, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Deputy Director for Scientific Work of the Federal Scientific Center of Agroecology (RAS)

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия научного журнала**Агрономия**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ветеринария и Зоотехния

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

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

Editorial Board of the Scientific Journal**Agronomy**

V.V. Borodychev, 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

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

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

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

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

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

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

S.Ya. Semenenko, 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)

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

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

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

Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

Злепкин А.Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

A.F. Zlepkina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

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

Сивков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

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

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

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

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

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

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

Лесное хозяйство

Forestry

Кулик К.Н., академик РАН, директор ФНИЦ Агроэкологии РАН

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

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

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

Рулев А.С., академик РАН, зам. директора по научной работе ФНИЦ Агроэкологии РАН

A.S. Rulev, **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Deputy. Director for Scientific Work of the Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Барабанов А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, ФНИЦ Агроэкологии РАН

A.T. Barabanov, Doctor of Agricultural Sciences

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

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

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

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

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

Процессы и машины агроинженерных систем

Лихацевич А.Л., **член-корр. Национальной академии Беларуси**, доктор технических наук (Беларусь)

Бочарников В.С., доктор технических наук, проректор по научно-исследовательской работе Волгоградского ГАУ

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

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

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

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

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

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

Пахомов А.А., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

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

A.K. Kulik, Candidate of Agricultural Sciences, the Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

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

Processes and machines of agro-engineering systems

A.L. Likhatchevich, **Corresponding Member**, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences (Belarus)

V.S. Bocharnikov, Doctor of Technical Sciences, Vice-Rector for Research and Development, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

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

A.A. Pakhomov, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Volgograd State Agrarian University

S.D. Fomin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

***** **ИЗВЕСТИЯ** *****

№ 2 (50), 2018

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

**Известия
Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (50), 2018**

Ответственный редактор *Т.В. Черкашина*

Технический редактор *Т.А. Ситникова*

Компьютерная верстка *А.В. Харлашина*

Перевод *А.В. Олянича*

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 21.06.2018. Формат 60x84^{1/8}

Усл. печ. л. 46,5. Тираж 1000 (первый завод 200). Заказ 175.

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

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 2 (50), 2018**

Executive editor *T.V. Tcherkashina*

Technical editor *T.A. Sitnikova*

Desktop publishing *A.V. Kharlashin*

Translation *A.V. Olyanich*

Certificate 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 21.06.2018. Printing format 60x84^{1/8}

Conventional printed sheets 46,5. Circulation 1000 (initial print run 200). Order 175.

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 631.67

**ПРИЧИНЫ ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ
НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛАГОПЕРЕНОСА
CAUSES OF SECONDARY SALINIZATION OF IRRIGATED SOILS
OF THE LOWER POVOLGHEE REGION AND ITS FORECASTING BASED
ON MATHEMATICAL MODELING OF MOISTURE TRANSPORT****А.С. Овчинников¹**, *член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор***Н.А. Пронько²**, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор***А.С. Фалькович³**, *доктор технических наук***В.В. Бородычев⁴**, *академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук***A.S. Ovchinnikov¹, N.A. Pron'ko², A.S. Fal'kovich³, V.V. Borodychev⁴**¹*Волгоградский государственный аграрный университет*²*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*³*Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского*⁴*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (Волгоградский филиал)*¹*Volgograd State Agrarian University*²*Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*³*Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky*⁴*All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named
after A. N. Kostyakova*

Статья посвящена изучению характера и закономерностей деградационных процессов – подъема грунтовых вод и вторичного засоления, происходивших в почвах Нижнего Поволжья при водных мелиорациях, а также установлению вызывающих их причин и прогнозированию данных процессов на основе математического моделирования влагопереноса. Показано, что подъем грунтовых вод со скоростью 0,2-0,8 м/год и засоление почв в Нижнем Поволжье в первые десятилетия развития водных мелиораций были обусловлены объективными причинами: очень плохой естественной дренированностью, слабой фильтрационной способностью водовмещающих пород и минерализацией грунтовых вод. Важнейшими субъективными причинами этих процессов стали неоправданно низкая доля поливных земель, оборудованных дренажными системами, доминирование в орошаемых севооборотах водоемких культур, применение необоснованно грузных поливных норм, широкое использование ранних весенних поливов многолетних трав и озимых культур. Описаны результаты математического моделирования с использованием модели SWAP водного и солевого режима мелиоративно деградированных в процессе орошения и выведенных из сельскохозяйственного оборота земель и проведено сравнение результатов моделирования с данными полевых обследований. Показана применимость модели SWAP для обоснования очередности ввода заброшенных ранее орошаемых участков в земледелие сухостепного Заволжья.

The following thesis presents the results of the study of the natural laws of degradation processes – groundwater rise and secondary salinity, occurring in soils of the Lower Povolghye by water melioration, the establishment of their causes and prediction of these processes on the basis of mathematical modeling of moisture transfer. It is shown that the rise of groundwater at a rate of 0.2-0.8 m/year and soil salinity in the Lower Povolghye in the first decades of water melioration were due to objective reasons: very poor natural drainability, weak filtration capacity of water-containing rocks and groundwater salinity. The most important subjective reasons of this process was unreasonably low

share of irrigated land equipped with a drainage system, dominance of water-intensive crops in irrigated crop rotations, the use of unnecessarily heavy irrigation rates, the widespread use of early spring irrigation of perennial grasses and winter crops. The paper describes the results of mathematical modeling using the SWAP model of water and salt regime of fields that was degraded during irrigation and withdrawn from agricultural use. The results of modeling was compared with the data of field surveys. The applicability of the SWAP model to substantiate the order of input of previously abandoned irrigated areas into the agriculture of the dry-steppe Zavolzhye is shown.

Ключевые слова: водный режим почв; солевой режим почв; математическое моделирование влагопереноса; мелиоративный прогноз.

Key words: water regime of soils, salt regime of soils; mathematical modeling of moisture transport; land reclamation forecast.

Введение. В настоящее время важнейшей проблемой человечества в мире является рост дефицита продовольствия. Для ее решения требуется значительное увеличение производства растениеводческой продукции. В аридных районах этого невозможно достичь без расширения площадей орошения, так как ирригация была и продолжает оставаться важным фактором, влияющим на продуктивность сельского хозяйства [2, 14, 12]. Однако ирригация способствовала широкому распространению деградации орошаемых земель. Согласно оценкам ФАО, около 25–30 млн га из 255 млн га орошаемых в мире земель серьезно деградировало из-за накопления солей; 80 млн га земель подверглись засолению и заболачиванию [11, 13]. При постоянном росте орошаемых земель в конце прошлого века ежегодно в мире забрасывалось около 10 млн га. Проблемы деградации земель, вызванные широкой ирригацией, развернутой в Поволжье во второй половине XX века, были аналогичны мировым. В орошаемых агроландшафтах региона стали развиваться многие негативные мелиоративные процессы, прежде всего, подъем грунтовых вод и засоление. В результате к середине 1980-х годов, в период максимального развития орошения, доля деградированных по этим причинам земель достигла 24 % от общей площади поливных угодий региона. Для уменьшения дефицита продовольствия настоятельной необходимостью стало предотвращение деградационных мелиоративных процессов и прекращение вывода орошаемых земель из сельскохозяйственного оборота. Учитывая ограниченность земельных ресурсов, не менее важным является использование заброшенных из-за засоления участков в земледелии. Для этих целей необходимо прогнозирование изменения мелиоративного состояния земель на основе математического моделирования влагосолепереноса.

Материалы и методы. Исследования проводились в 1973-2015 гг. в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. Климат зоны характеризуется континентальностью и засушливостью. Зима умеренно холодная (-10 – -15 °C), лето теплое ($21,6$ – $22,6$ °C). Гидротермический коэффициент $0,6$ – $0,7$. Годовая сумма осадков 350 – 450 , суммарный дефицит влаги 170 – 200 мм.

Почвенный покров орошаемых агроландшафтов региона представлен в основном террасовыми каштановыми почвами в комплексе с солонцами различной мощности и гранулометрического состава.

Геоморфологическая область проведения исследований – левобережная часть долины р. Волги, третья и четвертая надпойменные аккумулятивные террасы и долины малых рек. Рельеф слабоволнистый, покатый с малыми уклонами $0,001$ – $0,016$ в сторону р. Волги. Исследуемая территория относится к слабодренированным. В ее геологическом строении принимали участие среднечетвертичные хазарские аллювиальные и верхнечетвертичные раннехвалынские аллювиальные отложения, представленные песками, супесями и суглинками.

В работе использовались экспериментальные методы: полевые и лабораторные опыты по изучению водно-физических свойств и водно-солевого режима каштановых почв. Наряду с ними применены теоретические методы исследования – математическая статистика. Полевые эксперименты и обследования мелиорированных земель репрезентативных участков сухостепной зоны проводились согласно принятым методикам. Анализы водной вытяжки выполнялись согласно ГОСТ 26424-85, ГОСТ 26426-85, ГОСТ 26427-85, ГОСТ 26428-85, состав обменных оснований в почвенном поглощающем комплексе – ГОСТ 26487-85, ГОСТ 26950-86, ГОСТ 27821-88.

Результаты и обсуждение. 1. *Деградационные почвенно-мелиоративные процессы в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья при увеличении приходной части водного баланса и их причины.*

В Нижнем Поволжье с середины 1960-х годов была развернута широкая ирригация земель. В результате в Поволжском экономическом регионе площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий за 25 лет (1966-1990 гг.) увеличилась со 170,6 до 1 689 тыс. гектар. Наибольшая площадь инженерных оросительных систем была введена в Саратовской, Волгоградской и Астраханской областях, соответственно 466,0, 346,2 и 235 тыс.га.

В результате орошения приходная часть водного баланса мелиорированной территории увеличилась на 30-60 % от естественного поступления влаги. Это привело к повсеместному подъему грунтовых вод. В первые 15 лет орошения в 10-километровой зоне к Волгоградскому водохранилищу грунтовые воды поднимались со скоростью 0,2-0,4, а далее от реки Волги – 0,5-0,7 [3], на Прикаспийской низменности – 0,3 до 0,8 м в год. Одновременно возрастало и засоление почв. Эти процессы обусловили рост площадей мелиоративно неблагоприятных по УГВ и засолению земель. К периоду наибольшего развития ирригации в регионе (1990 г.) их площадь составила в Саратовской области 8,38, Волгоградской – 14,00, Астраханской – 19,23 % от общей площади орошаемых земель.

Подъем грунтовых вод и засоление почв в Нижнем Поволжье в первые 20-30 лет развития водных мелиораций, усиление выраженности мелиоративно неблагоприятных процессов с севера на юг были обусловлены как объективными, так и субъективными причинами.

Первопричиной повсеместного подъема грунтовых вод при развитии орошения в регионе был характер гидрогеолого-мелиоративных условий, вовлеченных в орошение территорий, и, прежде всего, их очень плохая дренированность. Геоморфологически в Заповжье выделяют долину реки Волги, Низкую Сыртовую равнину и Прикаспийскую низменность. По естественной дренированности долина Волги относится к категории слабодренированной, с оттоком грунтовых вод 150-300 м/год, Сыртовая равнина – к весьма слабодренированной (50-150 м/год), Прикаспийская низменность – к бессточной (менее 50 м/год). Это в значительной степени обусловлено свойствами водовмещающих пород, их слабой фильтрационной способностью и водопроницаемостью (таблица 1).

Таблица 1 – Свойства водовмещающих пород в Нижнем Поволжье

Геоморфологическая единица региона	Водовмещающие породы	Коэффициент фильтрации пород, м/сут.	Водопроницаемость пород, м ² /сут
Долина реки Волги	пески, супеси, суглинки	1,0-5,0 0,3-0,7 0,08-0,2	300 и более
Низкая Сыртовая равнина	подсыртовые пески	0,5-3,0 редко до 5-7	Не более 50, редко 75-100
Прикаспийская низменность	глины, суглинки	0,01-0,1	10-50

Объективной причиной развития вторичного засоления на орошаемых землях Нижнего Поволжья были также свойства грунтовых вод. Они в различной степени минерализованы (таблица 2). Это обусловлено тем, что при слабой дренированности местности и засушливости климата подземный сток грунтовых вод не развивается, в расходной части баланса преобладает испарение, что и приводит к их засолению.

Таблица 2. – Характеристика грунтовых вод в Нижнем Поволжье

Геоморфологическая единица региона	Свойства грунтовых вод		
	уровень, м	минерализация, г/л	химизм
Долина реки Волги: – пойма и первая надпойменная терраса;	10-1, уменьшается по направлению к Волге	0,2-1, в долинах притоков до 2	гидрокарбонатно-кальциевые
– вторая - четвертая надпойменные террасы;	10-30	1-10	гидрокарбонатно-кальциевые
– пятая надпойменная терраса	25-40	1	гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые
Низкая Сыртовая равнина	Грунтовые воды напорные, пьезометрический напор от 40-55 в северной части до 15-20 в южной	3-5, в южной части на некоторых участках до 20-25	хлоридные
Прикаспийская низменность	4-8, реже 10-15	> 10	хлоридно-натриевые

В долине реки Волги грунтовые воды преимущественно пресные гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,2-1 г/л, однако на небольших участках встречаются слабо-, средне- и сильносолоноватые воды с минерализацией от 1 до 10 г/л. Грунтовые воды Низкой Сыртовой равнины хлоридного состава на севере слабоминерализованы, с плотным остатком до 3-5 г/л. К югу минерализация увеличивается и на отдельных участках достигает 20-25 г/л и более. На Прикаспийской низменности грунтовые воды хлоридно-натриевого состава, соленые с минерализацией более 10 г/л.

Важнейшей субъективной причиной негативных почвенно-мелиоративных процессов в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья стала неоправданно низкая доля орошаемых земель, оборудованных дренажными системами. Особенно низкой она была в Саратовской области и составляла 0,1 %, в Волгоградской – 5,5 %. Это несмотря на то что прогнозы подъема грунтовых вод, выполненные учеными региона [4, 3, 8, 6], показали, что поддержание благоприятной мелиоративной обстановки без дренажа в экологических условиях Заволжья, особенно на Сыртах было невозможно или весьма проблематично.

Наряду с недостаточностью дренажа субъективными причинами подъема грунтовых вод стали: доминирование в орошаемых севооборотах водоемких культур, применение необоснованно грузных поливных норм, отсутствие их дифференциации в течение вегетации культур, широкое использование ранних весенних поливов многолетних трав и озимых культур. Так, основными кормовыми культурами были отличающиеся высокой водоемкостью многолетние травы, доля которых в структуре посевных площадей орошаемых земель за период 1991-1993 гг. составляла в Саратовской области 71,6 %, Волгоградской – 75,3 %. Применявшиеся поливные нормы на 50-100 % превышали нормативные зональные [9, 5]. Перечисленные причины обусловили большие потери оросительной воды с орошаемых полей на инфильтрацию за пределы корнеобитаемого слоя, которые составляли до 30-60 % от водоподачи и питали грунтовые воды. В

Астраханской области, помимо этих причин, значительные инфильтрационные потери были связаны с широким распространением поверхностного способа орошения на рисовых системах, доля которых в середине 1980-х годов доходила до 40 %.

2. Прогнозирование вторичного засоления на основе математического моделирования влагопереноса.

Учитывая ограниченность земельных ресурсов, важным является использование заброшенных из-за засоления участков в земледелии. Обоснованный выбор очередности ввода в сельскохозяйственный оборот деградированных засоленных земель можно сделать только на основе прогнозирования изменения их мелиоративного состояния с помощью математического моделирования влагосолепереноса.

Модель мелиоративного режима должна описывать передвижение влаги и солей в корнеобитаемом слое, поскольку именно водный и солевой режимы почв являются лимитирующими для развития сельскохозяйственных культур в Поволжье. В зоне неполного водонасыщения преобладают вертикальные – восходящие или нисходящие – потоки влаги и, соответственно, солей. Эта причина, а также необходимость детального описания взаимосвязанных процессов влаго- и солепереноса делает предпочтительным выбор одномерной модели с одной (вертикальной) координатой.

Наиболее полно приведенным выше требованиям отвечают модель и программа SWAP, разработанные учеными Вагенингенского университета под руководством профессора Р. Феддеса [10]. Для этой модели нами были определены параметры миграции влаги и солей [7].

Для прогноза изменения мелиоративного состояния земель были выбраны два участка № 2 и № 7, расположенные в Энгельсском районе Саратовской области. На этих участках в результате многолетнего орошения к началу 1980-х годов грунтовые воды поднялись до критического уровня 1,6-1,7 м, орошение было прекращено, и они были выведены из сельскохозяйственного оборота [1].

Исходными данными для солевого прогноза послужили результаты полевых обследований 1984 (участок 7) и 1991 (участок 2) годов. На основе данных о распределении токсичных солей в почвенном профиле было проведено моделирование движения воды и солей для метеоусловий каждого отдельного года за расчетный период.

Результаты моделирования показали, что на участке 2 наибольшая концентрация ионов переместилась из пахотного горизонта во второй полуметр. Было отмечено также общее уменьшение количества токсичных солей во всем метровом слое. На участке №7 с высоким уровнем грунтовых вод произошло усиление засоления (рисунок 1).

Результаты моделирования были сопоставлены с данными наших полевых обследований 2005 года. Они подтвердили правильность результатов моделирования.

Согласно обследованиям, на участке 2 в результате прекращения орошения и подачи воды в канал уровень грунтовых вод при наличии естественной дренированности понизился с глубины 1,6-1,7 м до нескольких метров. Вследствие этого начал восстанавливаться естественный автоморфный режим почв, грунтовые воды перестали участвовать в водопотреблении растений. Соли перестали подтягиваться к поверхности за счет испарения грунтовых вод и, наоборот, начали вымываться из пахотного горизонта нисходящим потоком воды в периоды весеннего снеготаяния. К 2005-му году почвенный слой 0-50 см стал незасоленным. Кроме того, произошло перераспределение ионов солей по почвенному профилю – токсичные соли переместились во второй полуметр, который, учитывая преобладание ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- по степени засоления, также можно отнести к незасоленному (рисунок 1). В слое 0-50 см почвы из категории слабозасоленных перешли в незасоленные.

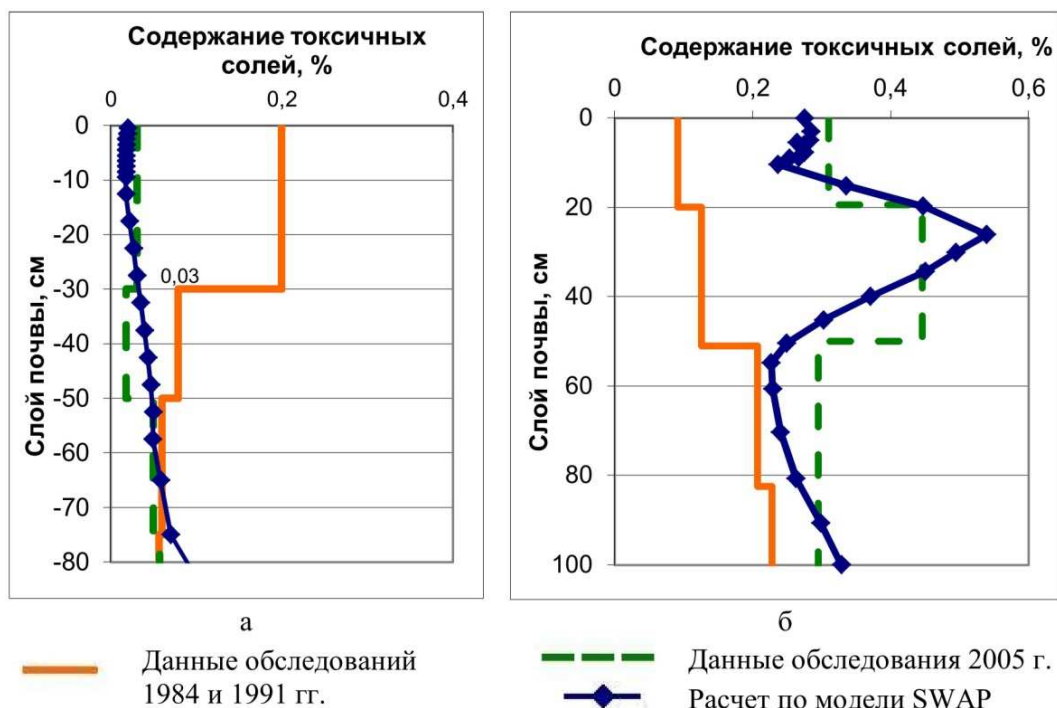


Рисунок 1 – Результаты натурных исследований и моделирования изменения солевого режима террасовых темно-каштановых почв после вывода их из орошения, выполненные с помощью программного комплекса SWAP: а – участок 2, б – участок 7

На участке № 7, расположенном в понижении к балке Сухая Саратовка и практически бессточном, грунтовые воды в 2005 г. не опустились ниже критической глубины и продолжали участвовать в почвенном влагообмене. Это привело к увеличению количества солей в пахотном и подпахотном горизонте за счет расхода грунтовых вод на испарение (рисунок 1). За 21 год (1984-2005) произошло перераспределение ионов солей по почвенному профилю, наибольшая концентрация переместилась из второго полуметра в верхний полуметр, и почвы из категории незасоленных перешли в среднезасоленные.

Оценка достоверности моделирования и качества адаптации модели SWAP к почвенно-климатическим условиям Саратовского Заволжья проводилась с использованием коэффициента Тейла (U):

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_{pi} - Y_{Mi})^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{pi}^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{Mi}^2}} \quad (1)$$

где Y_{pi} и Y_{Mi} – наши данные полевых обследований 2005 г. и результаты моделирования солевого режима за расчетный период, соответственно; N – количество опробований.

Коэффициент Тейла изменяется от нуля до единицы. Он равен нулю в случае полного совпадения реальных и модельных значений и равен единице при очень большом их расхождении. При моделировании процесса солепереноса с помощью модели SWAP он составил 0,26 для участка №2 и 0,07 для участка №7, что достаточно близко к нулю.

Заключение. Широкая ирригация земель Нижнего Поволжья, увеличившая приходную часть водного баланса территорий на 30-60 % и усилившая питание грунтовых вод, обусловила их подъем со скоростью 0,2-0,8 м/год и вторичное засоление почв. В результате этих процессов через 25 лет орошения доля деградированных по УГВ и засолению земель достигла 24 % от общей площади поливных угодий региона.

Объективными причинами неблагоприятных мелиоративных процессов стали: плохая естественная дренированность вовлеченных в орошение территорий – скорость оттока грунтовых вод в долине реки Волги 150-300, на Низкой Сыртовой равнине – 50-150, в Прикаспийской низменности – менее 50 м/год; слабая фильтрационная способность водовмещающих пород – коэффициент фильтрации пород от 1,0-0,2 в долине Волги до 0,01-0,1 м/сут в Прикаспийской низменности; минерализация грунтовых вод – от 0,2-10 в долине Волги, 3-25 на Низкой Сыртовой равнине и более 10 г/л в Прикаспийской низменности.

Важнейшими субъективными причинами негативных мелиоративных процессов были: неоправданно низкая доля орошаемых земель, оборудованных дренажными системами, – 0,1 % в Саратовской и 5,5 % в Волгоградской области; доминирование в орошаемых севооборотах водоемких культур, доля которых доходила до 70 %; применение необоснованно грузных поливных норм, превышающих на 50-100 % нормативные зональные и приводящих к выходу поливной воды за пределы корнеобитаемого слоя; широкое использование ранних весенних поливов многолетних трав и озимых культур.

Модель SWAP вполне применима в условиях сухостепного Заволжья и может быть использована для обоснования очередности ввода заброшенных ранее орошаемых участков в сельскохозяйственный оборот. По результатам выполненного прогноза участок 2 может быть введен в сельскохозяйственный оборот.

Библиографический список

1. Влияние ирригационного техногенеза на водно-солевой режим темно-каштановых почв и формирование растительных сообществ в Саратовском Заволжье [Текст] / Н.А. Пронько, А.С. Фалькович, Е.Н. Шевченко, В.С. Бурунова. – Саратов: Изд-во СГАУ, 2006. – 120 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения [Текст]. – М.: МСХ РФ, 2013. – 66 с.
3. Дубинский, А.А. Формирование минерализации грунтовых вод при орошении [Текст] / А.А. Дубинский, М.Я. Фишман // Эксплуатация оросительных систем Поволжья: сб. науч. тр. – М.: ВНИИГиМ, 1987. – С. 50-54.
4. Пронько, Н.А. Изменение плодородия орошаемых каштановых почв Поволжья в процессе длительного использования и научные основы его регулирования [Текст] / Н.А. Пронько, Л.Г. Романова, А.С. Фалькович / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – 220 с.
5. Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР [Текст] / ММВХ СССР. – М., 1984. – 346 с.
6. Фалькович, А.С. Прогноз водно-солевого режима почвогрунтов при разработке проекта реконструкции оросительной системы и определение параметров миграции влаги и солей [Текст] / А.С. Фалькович, Н.А. Пронько // Вопросы мелиорации и водного хозяйства Саратовской области : сб. научн. трудов. – Саратов: СГАУ, 2002. – С. 23-33.
7. Фалькович А.С. Значения гидрофизических параметров для моделирования влагопереноса в террасовых темно-каштановых почвах Нижнего Поволжья [Текст] // Научное обозрение. – 2011. – № 3. – С. 13-17.

8. Фишман, М.Я. Прогноз подъема грунтовых вод на Балаковской оросительной системе [Текст] / М.Я. Фишман // Мелиоративный прогноз и мероприятия по предупреждению засоления орошаемых земель в Поволжье. – М.: ВНИИГиМ, 1974. – С. 28-39.
9. Шувалов, А.Н. Современные системы орошаемого земледелия Поволжья и пути их реформирования [Текст] / А.Н. Шувалов, Г.И. Фомин, Н.А. Колчина. – Саратов, 1994. – 58 с.
10. Van Dam, J.C. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment. Technical Document 45. DLO Winand Staring Centre, Wageningen. Report 71, Department Water Resources/ J.C. van Dam, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk, C.A. van Diepen. - Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1997. – 167 p.
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.fao.org. Date Views 15.02.2018.
12. Ovchinnikov, A.S. The state and prospects of reclamation development in the Volgograd area [Текст] / A.S. Ovchinnikov, M.M. Bubenchikov, A.A. Pakhomov // Природообустройство. – 2011. – № 4. – С. 12-15.
13. Salt-Affected Soils and their Management // I.P. Abrol, J.S.P. Yadav, F.I. Massoud // FAO Soils Bulletin 39. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome, 1988.
14. Scherr, S.J. Soil Degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020? – Washington, U.S.A. : International Food Policy Research Institute, 1999. – 63 p.

Reference

1. Vliyanie irrigacionnogo tehnogeneza na vodno-solevoj rezhim temno-kashtanovykh pochv i formirovanie rastitel'nykh soobshchestv v Saratovskom Zavolzh'e [Текст] / N.A. Pron'ko, A.S. Fal'kovich, E.N. Shevchenko, V.S. Burunova. – Saratov: Izd-vo SGAU, 2006. – 120 s.
2. Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Текст]. – М.: MSX RF, 2013. – 66 s.
3. Dubinskij, A.A. Formirovanie mineralizacii gruntovykh vod pri oroshenii [Текст] / A.A. Dubinskij, M.Ya. Fishman // Jekspluatatsiya orositel'nykh sistem Povolzh'ya: sb. nauch. tr. – М.: VNIIGiM, 1987. – С. 50-54.
4. Pron'ko, N.A. Izmenenie plodorodiya oroshaemykh kashtanovykh pochv Povolzh'ya v processe dlitel'nogo ispol'zovaniya i nauchnye osnovy ego regulirovaniya [Текст] / N.A. Pron'ko, L.G. Romanova, A.S. Fal'kovich / FGOU VPO «Saratovskij GAU». – Saratov, 2005. – 220 s.
5. Ukrupnennye normy vodopotrebnosti dlya orosheniya po prirodno-klimaticheskim zonam SSSR [Текст] / MMiVH SSSR. – М., 1984. – 346 s.
6. Fal'kovich, A.S. Prognoz vodno-solevogo rezhima pochvogruntov pri razrabotke proekta rekonstrukcii orositel'noj sistemy i opredelenie parametrov migracii vlagi i solej [Текст] / A.S. Fal'kovich, N.A. Pron'ko // Voprosy melioracii i vodnogo hozyajstva Saratovskoj oblasti : sb. nauchn. trudov. – Saratov: SGAU, 2002. – С. 23-33.
7. Fal'kovich A.S. Znacheniya gidrofizicheskikh parametrov dlya modelirovaniya vlagoperenosa v terrasovykh temno-kashtanovykh pochvah Nizhnego Povolzh'ya [Текст] // Nauchnoe obozrenie. – 2011. – № 3. – С. 13-17.
8. Fishman, M.Ya. Prognoz pod'ema gruntovykh vod na Balakovskoj orositel'noj sisteme [Текст] / M. Ya. Fishman // Meliorativnyj prognos i meropriyatiya po preduprezhdeniyu zasoleniya oroshaemykh zemel' v Povolzh'e. – М.: VNIIGiM, 1974. – С. 28-39.
9. Shuvalov, A.N. Sovremennye sistemy oroshaемого zemledeliya Povolzh'ya i puti ih reformirovaniya [Текст] / A.N. Shuvalov, G.I. Fomin, N.A. Kolchina. – Saratov, 1994. – 58 s.
10. Van Dam, J.C. Theory of SWAP version 2.0. Simulation of water flow, solute transport and plant growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant environment. Technical Document 45. DLO Winand Staring Centre, Wageningen. Report 71, Department Water Resources/ J.C. van Dam, J. Huygen, J.G. Wesseling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. van Walsum, P. Groenendijk, C.A. van Diepen. – Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1997. – 167 p.

11. Food and Agriculture Organization of the United Nations [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: www.fao.org. Date Views 15.02.2018.

12. Ovchinnikov, A.S. The state and prospects of reclamation development in the Volgograd area [Tekst] / A.S. Ovchinnikov, M.M. Bubenchikov, A.A. Pakhomov // Prirodoobustrojstvo. – 2011. – № 4. – S. 12-15.

13. Salt-Affected Soils and their Management // I.P. Abrol, J.S.P. Yadav, F.I. Massoud. // FAO Soils Bulletin 39. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Rome, 1988.

14. Scherr, S.J. Soil Degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020? – Washington, U.S.A. : International Food Policy Research Institute, 1999. – 63 p.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

УДК 636.932.3

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЭЛЕМЕНТЫ
СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ И УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ НУТА
НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**
**INFLUENCE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON ELEMENTS
OF HARVEST STRUCTURES AND CROP PRODUCTIVITY
ON CHESTNUT SOILS OF VOLGOGRAD REGION**

В.В. Балашов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.В. Балашов, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А.А. Малахова, кандидат сельскохозяйственных наук

V.V. Balashov, A.V. Balashov, A.A. Malakhova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Приведены результаты анализа урожайности среднесемянных и крупнесемянных сортов нута волгоградской селекции на каштановых почвах в 2013 – 2017 гг. Установлены взаимосвязи гидро-термических условий с продолжительностью периода вегетации, количеством бобов и зерен на растении, крупности зерна, урожайности. Установлено, что в засушливые годы у среднесемянных сортов Приво 1, Волгоградский 10 сокращался период вегетации до 73 суток; крупнесемянных Волжанин, Волжанин 50 – до 74 суток. Одновременно уменьшалась крупность семян от 48 г у Приво 1 до 96 г у Волжанина 50. Во влажный и прохладный 2016 год вегетационный период удлинялся до 86 суток у всех сортов. От количества бобов и зерен на растении зависит урожайность (коэффициент корреляции $r + 0,935$) сортов нута. В среднем за 5 лет больше бобов и зерен на растении образовывали среднесемянные сорта Приво 1, Волгоградский 10 и меньше – крупнесемянные – Волжанин и Волжанин 50. Колебание урожайности по годам составили у Приво 1 – 0,83 т/га, Волгоградский 10 – 1,34 т/га, Волжанин – 0,85 т/га, Волжанин 50 – 1,19 т/га. В среднем за 5 лет по урожайности выделялся сорт Приво 1 – 1,60 т/га. Остальные сорта уступили ему по этому показателю [1, 7].

The results of the analysis of yields of medium-seed and large-seed varieties of chickpeas of Volgograd breeding on chestnut soils in 2013 - 2017 are presented. The interrelationships of hydrothermal conditions with the duration of the vegetation period, the number of beans and grains on the plant, the grain size, yields were established. It was established that in arid years the average vegetation varieties Privo 1 and Volgograd 10 reduced the vegetation period to 73 days; large-seeded Volzhanin, Volzhanin 50 - up to 74 days. At the same time, the size of seeds from 48 g in Privot 1 to 96 g in Volzhanin 50 decreased. During the humid and cool 2016, the vegetative period extended to 86 days in all varieties. The yield (correlation coefficient $r + 0.935$) of the chickpeas depends on the number of beans and grains on the plant. On average, over 5 years, more beans and grains on the plant formed medium-abundant varieties Privo 1, Volgograd 10 and less large-seeded - Volzhanin and Volzhanin 50. The fluctuation in the yield by years was as follows: Privor 1 - 0.83 t / ha, Volgograd 10-1, 34 t / ha, Volzhanin - 0.85 t / ha, Volzhanin 50 - 1,19 t / ha. On average, over 5 years, the Privo variety 1 - 1.60 t / ha was distinguished by yield. The remaining varieties lost to him in this indicator [1; 7].

Ключевые слова: нут, сорт, гидротермические условия, вегетационный период, бобы, зерно, масса 1000 зерен, урожайность.

Key words: chickpeas, variety, hydrothermal conditions, vegetation period, beans, grain, weight of 1000 grains, yield.

Введение. Социально-экономические преобразования в сельском хозяйстве привели к ряду нежелательных последствий, таких как снижение плодородия почв из-за недостаточного внесения органических и минеральных удобрений и нарушение севооборотов из-за преобладания посевов зерновых колосовых культур и подсолнечника. Предотвратить дальнейшее снижение плодородия почв возможно, если увеличить площади под зернобобовые культуры, которые обладают уникальной способностью вступать в симбиоз с клубеньковыми бактериями и усваивать за вегетацию до 60-150 кг/га и более азота из воздуха. С пожнивными и корневыми остатками в почве остаётся в среднем около 50 % фиксированного азота, который в дальнейшем сохраняет плодородие почвы и повышает урожайность последующих культур [6].

Одной из самых востребованных зернобобовых культур в мире в настоящее время является нут. Мировой спрос на него устойчиво растёт. По предварительным данным, мировой экспорт нута в 2016 году превысил 2,5 млн тонн. Для сравнения: 5 лет назад (в 2011 году) он составлял 1,3 млн тонн, 10 лет назад (в 2006 году) – всего 924,5 тыс. тонн [8].

Роль России в обеспечении мировых потребителей нута в последние годы значительно возросла, и наша страна стала вторым по объёму (после Австралии) экспортёром нута. Доля России в общем объёме экспорта по итогам 2016 года оценивается почти в 10,0 %. Для сравнения: в 2011 году она составляла 7,6 %, в 2006 – 1,3 %. Значительное повышение доли России в мировой торговле этой культурой свидетельствует о существенном росте конкурентноспособности российского нута на мировых рынках. Эксперты ожидают, что Россия будет оставаться одним из ключевых экспортёров нута и в дальнейшем. Цена нута в 2016 и 2017 годах превысила 50 тыс. рублей за тонну, поэтому аграрии проявляют к нему всё больший интерес: нут становится самой прибыльной культурой. Это вполне закономерно, так как он обладает такими биологическими особенностями и морфологическими свойствами, которые проявляются в меньшей степени у других зернобобовых культур [10].

Нут обладает высокой засухоустойчивостью, жаровыносливостью, не полегает, при созревании не осыпается. Зерно является ценным продуктом питания, которое обусловлено благоприятным сочетанием белков, жиров и углеводов, макро- и микроэлементов, витаминов и биологически активных веществ. С учетом широкого набора полезных веществ и высокой питательности его повсеместно используют в пищу во многих странах. Из него готовят множество различных блюд. Ещё великий врачеватель древности Абу Али Ибн Сина (Авиценна) в своем трактате «Канон врачебной науки» показал, что использование нута в пищу способствует излечению от многих болезней. В дальнейшем многие учёные и практики изучали его лечебные свойства и пришли к выводу о том, что он полезен для здоровья человека. Он ускоряет обновление крови в организме и, благодаря наличию в нем элемента селена, предупреждает возникновение ненужных форм новообразований (раковых клеток). Практикой многократно доказано, что нут помогает диабетикам, подвергшимся облучению радиацией и излечиванию от других болезней [3; 12].

Полезные свойства его наблюдаются и при использовании на корм животным: повышаются привесы на откорме, увеличиваются надои молока, яйценоскость кур, снижается заболеваемость. ЗЦМ из нута не уступает по качеству соевому молоку при выпойке телят и поросят. В проведенных опытах было установлено, что поросята и телята меньше болели при употреблении ЗЦМ из нута [9].

Расширение посевных площадей под этой ценной продовольственной культурой в значительной степени зависит от повышения урожайности, где сорту отводится ведущая роль. Подбор сортов, обладающих более высокой продуктивностью и стабильностью в зоне каштановых почв, имеет важное значение в увеличении валовых сборов зерна [6].

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились на опытном поле ООО АКХ «Кузнецовская» в зоне каштановых почв Нижнего Поволжья. Почвы имеют большие различия по гранулометрическому составу, содержанию гумуса и элементов питания. Содержание питательных элементов низкое: гумуса от 0,85 до 2,35 %, калия – от 170 до 460 мкг/кг, фосфора – от 10,5 до 55,0 мг на кг почвы. По гранулометрическому составу почва суглинистая, содержание гумуса – 2,0 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная с РН от 7,4 до 8,0. Емкость поглощения в верхнем горизонте варьирует в пределах от 200 до 300 мг-экв./кг почвы. Почвы содержат в пахотном слое (0...0,3 м) 1,6...1,7 % гумуса, содержание общего азота 0,11...0,13 %, валового фосфора – 0,10...0,12 %, повышенное валового калия – 1,53...1,67 %. Объектом исследований были сорта нута волгоградской селекции: среднесемянные (масса 1000 семян 250 г) Волгоградский 10, Приво 1 и крупнесемянные (масса 1000 семян 350 г) Волжанин, Волжанин 50. Предшественник – чёрный пар. Учётная площадь делянки – 56 кв. м, повторность – 4-х кратная. Способ посева широкорядный с междурядьями 0,7 м. Норма высева 150 тыс. шт./га. Наблюдения и анализы проводились по методике Государственного сортоиспытания [11].

Результаты и обсуждение. Погодные условия за годы исследований были различны. В 2013 году за период вегетации выпало 167,7 мм, что на 20 мм больше средне-многолетнего. Температура воздуха была благоприятной для роста и развития нута, что оказало положительное влияние на цветение и формирование бобов. В период налива зерна температура воздуха поднялась до 35° и выше. В условиях сильной засухи сократился вегетационный период, снизились урожайность и крупность зерна.

Таблица 1– Гидротермические условия в период вегетации сортов нута

Период вегетации	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	Ср. мн.
Температура, С°						
Май	20,7	19,9	16,6	16,3	15,2	16,4
Июнь	22,2	21,0	23,9	21,6	20,2	20,8
Июль	23,0	24,4	24,1	24,5	24,8	23,5
Август	22,8	25,2	23,0	26,1	26,0	21,7
Среднее	22,2	22,6	21,9	22,1	21,6	20,6
Осадки, мм						
Май	24,3	24,5	67,9	202,6	68,8	30
Июнь	113,2	20,7	32,1	42,0	108,7	40
Июль	28,2	2,4	33,6	54,8	40,9	42
Август	2,0	25,9	16,2	21,7	38,6	30
Сумма, мм	167,7	73,5	149,8	321,1	257,9	142
Влажность воздуха						
Май	45	53	60	71	62	56
Июнь	54	45	45	56	58	58
Июль	50	38	43	53	47	56
Август	64	44	36	47	40	56
Среднее	53	45	46	57	52	56

В 2014 году осадков за вегетацию выпало в два раза меньше среднемноголетнего, а температура воздуха была на 2⁰ выше. Налив зерна протекал в очень неблагоприятных климатических условиях, которые привели к сокращению вегетационного периода и значительно снизили урожайность.

2015 год по сложившимся погодно-климатическим условиям оказался относительно благоприятным для роста, развития и формирования продуктивности нута. Количество выпавших осадков за вегетационный период и температурный режим был на уровне среднемноголетнего. В июле, августе в период налива зерна высокая температура воздуха (37⁰ и выше) понизили крупность зерна.

2016 и 2017 годы были особенными. Холодный май и большое количество осадков в 2016 году отрицательно повлияли на рост, развитие растений, появились болезни. Повышение температуры в июле и августе благоприятно отразилось на цветении и формировании бобов. В период налива семян установилась засуха, которая значительно понизила урожайность. Более благоприятные условия сложились в 2017 году.

При возделывании нута на каштановых почвах важное значение имеет продолжительность вегетационного периода. Чем раньше созревает сорт, тем лучше он использует запасы осенне-зимне-весенней влаги и меньше подвержен влиянию различных видов засух, которые часто наблюдаются в этой зоне. На каждом этапе развития требования растений к условиям внешней среды изменяются и зависят от биологических особенностей сорта [2; 4].

Проведённые исследования показали, что продолжительность вегетационного периода у сортов нута изменялись в зависимости от сложившихся погодных условий. В среднем за 5 лет колебания продолжительности периода вегетации у Приво 1 и Волгоградский 10 составили 13 суток, у сорта Волжанин – 10, Волжанин 50 – 12 суток. По годам исследований различия в продолжительности периода вегетации не превышали 6 суток (таблица 2).

Таблица 2– Продолжительность периода вегетации у сортов нута, суток

Сорт	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Приво 1	79	83	73	86	78	79,8
Волгоградский 10	79	83	73	86	81	80,4
Волжанин	79	87	77	86	81	82,0
Волжанин 50	79	89	77	86	81	82,4

В засушливом 2015 году у среднеспелых сортов Приво 1 и Волгоградский 10 период вегетации составил 73 суток, крупносемянные сорта Волжанин и Волжанин 50 созрели на 4 суток позднее. В условиях влажного и прохладного 2016 года, когда нут посеяли только 4 июня, у всех сортов период вегетации увеличился и составил 86 суток. В среднем за 5 лет более скороспелыми сортами оказались Приво 1 и Волгоградский 10, у которых период вегетации составил 80 суток, на двое суток позже созревали Волжанин и Волжанин 50.

Число бобов и зерен на растении. Урожайность зерна в значительной степени зависит от условий внешней среды. Хотя нут и отличается высокой засухоустойчивостью, все же хорошая обеспеченность растений влагой способствует формированию более высокой урожайности. Так, во влажном 2017 году урожайность изучавшихся сортов была значительно выше, чем в засушливом 2013 году.

Большие колебания урожая по годам – результат значительной изменчивости компонентов, составляющих его. В связи с этим важной задачей является определение условий, влияющих на отдельные элементы структуры урожая и установление взаимосвязи между ними.

Наши исследования показали наличие высокой корреляционной зависимости между продуктивностью и числом бобов и зерен на растении как в засушливые, так и во влажные годы. Коэффициент корреляции составлял по бобам $r = +0,935$, по зерну – $0,954$.

Количество бобов на растении изменялось в зависимости от погодных условий и биологических особенностей сорта. У сорта Приво 1 количество бобов на растении колебалось от 33 шт. во влажном 2016 году, до 57 шт. в 2017 году, зерен соответственно 40 и 81 шт. У сорта Волгоградский 10 бобов соответственно 30 – 53, зерен – 35...76 (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние гидротермических условий на количество бобов и зерен на растении у сортов нута, шт.

Сорт	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Приво 1	37/49	39/49	48/66	33/40	57/81	43/57
Волгоградский 10	35/45	45/58	34/47	30/35	53/76	39/52
Волжанин	30/34	24/27	28/31	23/24	39/45	29/32
Волжанин 50	35/36	31/34	48/54	28/31	43/52	37/41

У крупносемянных сортов бобов и зерен на растении формировалось значительно меньше. Так, у сорта Волжанин в прохладном, дождливом 2016 году сформировалось 23 боба и 24 зерна, а в более благоприятном 2017 соответственно 39 и 45 шт. В среднем за 5 лет на растении формировалось 29 бобов и 32 зерна, значительно больше бобов и зерен имелось у сорта Волжанин 50.

Масса 1000 зерен. Крупносемянность сорта – очень важный биологический признак, который на современном этапе определяет стоимость зерна нута. На мировом рынке крупносемянные сорта пользуются повышенным спросом, по сравнению со среднесемянными, поэтому внедрение в производство новых крупносемянных сортов позволит значительно повысить экономическую эффективность производства нута.

У всех сортов масса 1000 зерен может изменяться под влиянием сложившихся гидротермических условий. При достаточном количестве осадков в период завязывания и налива зерна, при хорошей обеспеченности питательными веществами и качественном уходе за растениями масса 1000 зерен достигает максимальных значений для данного сорта и оказывает определенное влияние на величину урожая.

Таблица 4 – Влияние гидротермических условий на массу 1000 семян у сортов нута, г

Сорт	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Приво 1	212	260	212	260	219	232
Волгоградский 10	195	251	228	259	222	231
Волжанин	274	327	271	326	287	297
Волжанин 50	266	362	322	348	303	320

В засушливые годы масса 1000 зерен значительно снижалась (таблица 4). В 2013 и 2015 годах у всех изучаемых сортов она уменьшилась по сравнению с 2014 и 2016 годами у сорта Приво 1 на 48 г, Волгоградский 10 – на 64 г, Волжанин – на 56 г, Волжанин 50 – на 96 г. Снижение массы 1000 зерен в 2017 году произошло из-за осадков в фазу полной спелости.

Урожайность является не абсолютной и неизменной особенностью сорта, а лишь результатом реакции комплекса наследственных факторов растений на различные условия внешней среды. Способность сорта давать высокий урожай определяется, в основном, наличием у него устойчивости к неблагоприятным факторам. Хотя нут и отли-

чается высокой засухоустойчивостью, всё же обеспеченность растений влагой способствует формированию более высокого урожая. Проведённые исследования показали, что урожайность нута изменялась как по сортам, так и по годам (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние гидротермических условий на урожайность сортов нута, т/га

Сорт	Годы					
	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Приво 1	1,27	1,46	1,55	1,61	2,10	1,60
Волгоградский 10	0,96	1,35	1,33	1,29	2,30	1,45
Волжанин	1,03	0,96	1,09	1,02	1,81	1,18
Волжанин 50	1,01	1,29	1,43	1,48	2,20	1,48
НСР ₀₅	0,04	0,06	0,06	0,07	0,05	

Колебание урожайности по годам составили у сорта Приво 10,83 т/га, Волгоградского 10 – 1,34 т/га, Волжанина – 0,85 т/га, Волжанина 50 – 1,19 т/га. В среднем за 5 лет по урожайности выделился сорт Приво 1 – 1,60 т/га. Остальные сорта уступили ему по этому показателю.

Заключение. Основным показателем для рекомендации сорта в производство является урожайность. Проведённые исследования показали, что сорта по-разному реагировали на изменения гидротермических условий. Из среднесемянных сортов преимущество по урожайности в 2013-2016 гг. имел сорт Приво 1, а в 2017 году уступил Волгоградскому 10 и Волжанину 50. На каштановых почвах Волгоградской области перспективны Приво1 и Волжанин 50.

Библиографический список

1. Балашов, В.В. Нут в Нижнем Поволжье [Текст] / В.В. Балашов, А.В. Балашов. – Волгоград, 2009. – 192 с.
2. Балашов, В.В. Волгоградский нут [Текст] / В.В. Балашов, А.В. Балашов. – Волгоград, 2013. – 108 с.
3. Балашов, В.В. Нут – зерно здоровья [Текст] / В.В. Балашов, И.Т. Патрин, А.В. Балашов. – Волгоград, 2002. – 92 с.
4. Банькин, В. Система семеноводства и технология возделывания нута ответы на ключевые вопросы [Текст] / В. Банькин // Рынок АПК. – 2017. – №10. – С. 34-39.
5. Васильченко, С.А. Влияние метеоусловий на урожайность и содержание белка в зерне нута при возделывании в южной зоне Ростовской области [Текст] / С.А. Васильченко, Г.А. Метлина // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №3. – С. 59-63.
6. Васильченко, С.А. Влияние агроприёмов возделывания на урожайность нута в южной зоне Ростовской области [Текст] / С.А. Васильченко // Зерновое хозяйство России. – 2017. – №4. – С. 48-53.
7. Германцева, Н.И. Нут – культура засушливого земледелия [Текст] / Н.И. Германцева. – Саратов, 2011. – 200 с.
8. Германцева, Н.И. Культура нута в условиях меняющегося климата [Текст] / Н.И. Германцева // Аграрный Вестник Юго-Востока. – 2015. – №1. – С. 12-13.
9. Горлов, И.Ф. Нут – альтернативная культура многоцелевого назначения [Текст] / И.Ф. Горлов. – Волгоград, 2012. – 107 с.
10. Ельников, В. Внимание, нут! Анализ сельскохозяйственного рынка поможет сделать выбор в пользу наиболее рентабельных культур / В. Ельников // Фермер. Поволжье. – 2017. – №10 (64). – С. 30-33.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть [Текст]. – М., 1985. – 246 с.
12. Столяров, О.В. Нут (*Cicer arietinum* L.) [Текст] / О.В. Столяров, В.А. Федотов, Н.И. Демченко. – Воронеж, 2004. – 256 с.

Reference

1. Balashov, V. V. Nut v Nizhnem Povolzh'e [Tekst] / V. V. Balashov, A. V. Balashov. – Volgograd, 2009. – 192 s.
2. Balashov, V. V. Volgogradskij nut [Tekst] / V. V. Balashov, A. V. Balashov. – Volgograd, 2013. – 108 s.
3. Balashov, V. V. Nut – zerno zdorov'ya [Tekst] / V. V. Balashov, I. T. Patrin, A. V. Balashov. – Volgograd, 2002. – 92 s.
4. Ban'kin, V. Sistema semenovodstva i tehnologiya vozdel'yvaniya nuta otvety na klyuchevye voprosy [Tekst] / V. Ban'kin // Rynok APK. – 2017. – №10. – S. 34-39.
5. Vasil'chenko, S. A. Vliyanie meteouslovij na urozhajnost' i sodержание belka v zerne nuta pri vozdel'yvanii v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [Tekst] / S. A. Vasil'chenko, G. A. Metlina // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2017. – №3. – S. 59-63.
6. Vasil'chenko, S. A. Vliyanie agroprijomov vozdel'yvaniya na urozhajnost' nuta v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [Tekst] / S. A. Vasil'chenko // Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2017. – №4. – S. 48-53.
7. Germanceva, N. I. Nut – kul'tura zasushlivogo zemledeliya [Tekst] / N. I. Germanceva. – Saratov, 2011. – 200 s.
8. Germanceva, N. I. Kul'tura nuta v usloviyah menyayuschegosya klimata [Tekst] / N. I. Germanceva // Agrarnyj Vestnik Yugo-Vostoka. – 2015. – №1. – S. 12-13.
9. Gorlov, I. F. Nut - al'ternativaya kul'tura mnogoceleвого naznacheniya [Tekst] / I. F. Gorlov. – Volgograd, 2012. – 107 s.
10. El'nikov, V. Vnimanie, nut! Analiz sel'skohozyajstvennogo rynka pomozhet sdelat' vybor v pol'zu naibolee rentabel'nyh kul'tur / V. El'nikov // Fermer. Povolzh'e. – 2017. – №10 (64). – S. 30-33.
11. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Obschaya chast' [Tekst]. – M., 1985. – 246 s.
12. Stolyarov, O. V. Nut (Cicer arietinum L.) [Tekst] / O. V. Stolyarov, V. A. Fedotov, N. I. Demchenko. – Voronezh, 2004. – 256 s.

E-mail: agro@volgau.com

УДК 634.0.6:634.0.266

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ МЕЛИОРАЦИИ

SCIENTIFIC BASIS OF ANTI-ERYROSIVE MELIORATION

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

A.T. Barabanov

*Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград**Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS, Volgograd*

Излагаются теоретические основы и принципы разработки системы агролесомелиоративных почвозащитных мероприятий в адаптивно-ландшафтном земледелии, даётся анализ теории рельефообразования, приводятся модели стока талых вод, которые применяются при планировании адаптивно-ландшафтного обустройства водосборов с использованием знания закономерностей эрозионно-гидрологического и эрозионно-аккумулятивного процессов. Осуществлены анализ и обобщение экспериментальных данных, на основе которых открыт закон лимитирующих факторов стока талых вод. Он позволил разработать методику высокоточного и долгосрочного его прогноза. Открытый нами закон позволил выявить ведущие природные факторы, на которые нужно влиять, чтобы управлять эрозионно-гидрологическим процессом и по-новому подойти к выбору направления совершенствования имеющихся и разработки новых мероприятий и приемов защиты почв от эрозии. Приводятся научные основы регулирования поверхностного стока талых вод с учетом выявленных закономерностей формирования стока талых вод и роли почвозащитных приемов и комплексов. Выдвинутые и обоснованные новые

теоретические положения существенно уточняют представления о физической природе гидрологических процессов, в связи с чем по-новому трактуются условия просачивания дождевых и талых вод в почву, что позволяет усовершенствовать существующие и разработать новые математические модели. Таким образом, применение закона лимитирующих факторов гидрологического процесса, количественная оценка влияния на сток природных и антропогенных факторов и оценка почвозащитной роли стокорегулирующих мероприятий позволяет создавать эффективную систему управления эрозионно-гидрологическим процессом.

The theoretical foundations and principles of developing a system of agroforestry soil conservation measures in adaptive landscape farming are given, the theory of relief formation is analyzed, the models of sink-water flow are given, which are used in planning adaptive landscape arrangement of watersheds using knowledge of the laws of erosion-hydrological and erosion-accumulative processes. The analysis and generalization of experimental data on the basis of which the law of limiting factors of runoff of melt-water is discovered is analyzed. It allowed to develop a methodology for high-precision and long-term forecasting. The law that we discovered allowed us to identify the leading natural factors that need to be influenced to manage the erosion-hydrological process and to take a new approach to choosing the direction of improving existing and developing new measures and methods for protecting the soil from erosion. The scientific basis for regulating the surface runoff of thawed waters is given, taking into account the revealed regularities in the formation of the melt-water runoff and the role of soil protection techniques and complexes. The advanced and substantiated new theoretical propositions essentially clarify the notion of the physical nature of hydrological processes. In this connection, the conditions for the infiltration of rain and melt-water into the soil are interpreted in a new way, which makes it possible to improve existing and develop new mathematical models. Thus, the application of the law of the limiting factors of the hydrological process, the quantitative assessment of the impact on the runoff of natural and anthropogenic factors, and the assessment of the soil-protective role of the control measures allow creating an effective management system for the erosion-hydrological process.

Ключевые слова: рельеф, поверхностный сток, деградация почв, противоэрозионное обустройство территории, агролесомелиорация, почвозащитные мероприятия.

Key words: relief, surface runoff, soil degradation, erosion control of the territory, agroforestry, soil protection measures.

Введение. Эрозия почв является одной из причин ее деградации. Теоретической основой противоэрозионной мелиорации является учение об эрозионно-гидрологическом процессе. Гидрологический процесс как фактор эрозионно-аккумулятивного процесса (ЭАП) является результатом взаимодействия стекающей воды с почвой. Он зависит от противоэрозионной устойчивости почвы, которая определяется наличием на поверхности растительного покрова и его остатков (стерня).

Материалы и методы. Важный вклад в разработку научных основ борьбы с засухой и эрозией почв внесла экспедиция под руководством В. В. Докучаева [5] 1892 года на юге России и особенно в Каменной Степи. Разработкой теоретических и прикладных аспектов противоэрозионной мелиорации с 20-х годов XX столетия занимается ВНИАЛМИ (ныне ФНИЦ агроэкологии РАН) и его опытная сеть. Выдающийся вклад в разработку теории рельефообразования внес А. С. Козменко [6]. Он обосновал необходимость выделения древней и современной эрозии и связал древнюю эрозию с эпохами оледенения и др. Взгляды А. С. Козменко получили развитие в работах Г. П. Сурмача [10]. Он создал стройную схему рельефообразования в ходе четвертичных эрозионно-аккумулятивных циклов, обусловленных наступлением – таянием ледников на Русской равнине; описал ход эрозионно-гидрологического процесса; по-новому изложил условия формирования лёссов; увязал распространение лесной и травянистой растительности с почвообразованием в лесостепи и литологией толщи покровных отложений. Е. А. Гаршинев [4], развивая теорию

А. С. Козменко и Г. П. Сурмача, разработал логико-графическую схему эволюции склонов в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса (ЭАП). Он доказал, что форма склонов является адекватным выражением ЭАП, и предложил описать ее универсальным логистическим уравнением. На его основе разработано и проверено уравнение для расчёта смыва, по которому рассчитывается местоположение лесных полос и других рубежей при проектировании систем адаптивно-ландшафтного земледелия. Выполненные в ФНЦ агроэкологии РАН разработки по аспектам теории рельефообразования составляют единое целое с разработками в области гидрологических процессов. Особенно важны в этом отношении экспериментальные и теоретические исследования факторов просачивания воды в почву. Они позволили по-новому трактовать закономерности формирования стока талых вод, выдвинуть и обосновать новые концептуальные положения, существенно уточняющие представления о физической природе гидрологических процессов.

Результаты и обсуждение. В ФНЦ агроэкологии РАН имеются результаты исследований этих вопросов в лесостепной, степной и полупустынной зонах на серых лесных, черноземных и светло-каштановых почвах за период, превышающий 60 лет. Автором [1-3] проанализирован и обобщён большой собственный и литературный экспериментальный материал, который характеризует факторы влияния на сток в зональном разрезе от серых лесных до светло-каштановых почв и который позволил из их многообразия выявить важнейшие. Ими являются снегозапасы, влажность мёрзлой почвы и глубина её промерзания. Анализ имеющихся материалов показал, что прямой связи стока со снегозапасами нет. Например, на светло-каштановых почвах Волгоградской области сток на зяби (таблица 1) чаще не формируется или он бывает незначительный (1-4 мм).

Таблица 1 – Снегозапасы и поверхностный сток талых вод
на светло-каштановых почвах Волгоградской области

Год	Снегозапасы, мм	Сток, мм	Год	Снегозапасы, мм	Сток, мм
Рыхлая пашня			Уплотненная пашня		
1	2	3	4	5	6
Многоснежные зимы					
1952	101	4	1959	92	51
1954	55	0	1962	77	34
1956	55	26	1963	137	76
1959	93	0	1964	74	27
1962	74	1	1967	189	0
1963	92	36	1968	150	30
1964	61	2	1970	136	36
1967	143	0	1971	85	33
1970	129	7	1973	96	2
1971	75	1	1977	154	43
1973	89	0	1978	73	35
1979	147	45	1979	164	58
1987	99	0	1980	63	10
1994	55	13	1987	98	0
1995	52	0	1994	64	58
1996	79	0	1995	58	0
1997	60	0	1996	70	0
2003	50	3	1997	60	0
2006	78	0	2010	58	2
2010	89	0	2011	70	23
2012	70	0	2012	108	0

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2014	88	0	2013	69	0
			2014	101	0
Среднее	83	6	Среднее	98	23
Малоснежные зимы					
1950	35	0	1950	45	12
1951	31	22	1958	40	25
1953	28	0	1960	16	10
1955	22	0	1961	18	13
1957	26	4	1965	41	25
1958	47	8	1966	15	7
1960	15	0	1969	17	3
1961	21	0	1972	23	0
1965	31	4	1974	49	5
1966	15	0	1975	27	7
1968	44	16	1976	36	7
1969	11	0	1981	0	0
1972	22	0	1983	0	0
1974	41	0	1984	0	0
1975	20	1	1986	32	7
1976	26	0	1988	27	21
1977	54	5	1989	45	39
1978	17	13	1990	47	5
1980	41	0	1991	17	0
1981	0	0	1992	42	1
1982	17	0	1993	14	1
1983	0	0	1998	37	0
1984	0	0	1999	27	10
1985	39	0	2000	24	0
1986	30	6	2003	35	11
1988	44	5	2004	32	12
1989	25	3	2005	19	0
1990	38	0	2009	31	0
1991	22	0	-	-	-
1992	39	0	-	-	-
1993	17	0	-	-	-
1998	10	0	-	-	-
2000	21	0	-	-	-
2001	14	0	-	-	-
2002	0	0	-	-	-
2004	26	1	-	-	-
2005	18	0	-	-	-
2007	5	0	-	-	-
2008	31	0	-	-	-
2009	44	0	-	-	-
2011	15	0	-	-	-
2013	41	0	-	-	-
2015	43	0	-	-	-
Среднее	25	2	Среднее	27	8

Таблица 2 – Показатели стока талых вод и факторов, обуславливающих его формирование на светло-каштановых почвах Волгоградской области

Годы	Сток, мм	Запасы воды, мм		Глубина промерзания поч-вы, см	Сток, мм	Запасы воды мм		Глубина промерза-ния почвы, см
		в почве	в снеге			в почве	в снеге	
Рыхлая пашня					Уплотненная пашня			
Годы без стока								
1966	0	57	7	0	-	-	-	-
1967	0	119	155	0	0	98	189	15
1969	0	99	15	189	-	-	-	-
1971	0	71	76	100	-	-	-	-
1972	0	94	28	160	0	83	23	160
1973	0	66	45	0	0	74	90	0
1974	0	70	48	0	-	-	-	-
1981	0	-	0	20	-	-	-	-
1982	0	90	17	0	-	-	-	-
1983	0	87	0	30	-	-	-	-
1984	0	64	0	40	-	-	-	-
1985	0	205	39	20	0	-	39	17
1986	0	223	31	30	0	-	32	30
1987	0	73	99	10	0	87	96	20
1988	0	115	44	40	-	-	-	-
1989	0	213	25	40	-	-	-	-
1990	0	64	31	35	-	-	-	-
1991	0	105	22	42	-	-	-	-
1992	0	73	39	10	0	104	41	20
1993	0	120	17	80	0	73	14	80
1995	0	120	70	10	0	91	75	10
1996	0	131	54	20	0	86	59	20
1997	0	111	90	0	-	-	-	-
1998	0	140	10	55	-	-	-	-
2000	0	78	21	0	0	75	24	0
2001	0	86	14	0	-	-	-	-
2002	0	59	0	0	-	-	-	-
2005	0	81	18	12	0	85	19	12
2006	0	78	78	100	-	-	-	-
2007	0	98	5	35	-	-	-	-
2008	0	127	31	15	-	-	-	-
2009	0	124	44	10	0	104	31	15
2010	0	150	89	20	0	245	72	20
2012	0	91	70	12	0	105	108	5
2013	0	114	41	20	0	112	69	10
2014	0	168	88	25	0	127	101	20
Годы со стоком								
1964	1	52	32	70	-	-	-	-
1965	4	46	31	52	-	-	-	-
1968	16	122	60	100	35	124	151	100
1969	-	-	-	-	3	72	19	150
1971	-	-	-	-	33	120	85	115
1991	-	-	-	-	4	89	17	61
1994	13	159	55	60	58	159	64	70
1999					10	115	25	55
2003	3	145	50	90	11	148	35	95
2004	1	160	26	60	12	131	32	60
2011	15	112	42	112	23	77	70	75

В многоснежные зимы (снегозапасы свыше 50 см) из 21 года 10 лет сток совсем не формировался, 5 лет его величина была всего 1-4 мм, и только 6 лет слой стока колебался от 8 до 45 мм. При снегозапасах 143 мм в 1967 году сток отсутствовал, а в 1979 году при снегозапасах 147 мм его величина была 45 мм. В 1963 году при снегозапасах 92 мм сформировался сток 36 мм, а в 1973 и 1987 годах при снегозапасах 89 и 99 мм соответственно сток совсем не сформировался. Так же и по другим годам. В малоснежные зимы стока совсем не было 17 лет из 27-ми, 7 лет сток был, но очень небольшой (3-6 мм), и только 2 года величина стока была 13 и 16 мм. На уплотненной пашне сток формируется чаще и больше, чем на рыхлой. В многоснежные зимы сток не формировался 5 лет из 19-ти при снегозапасах 58-189 мм, два года он был незначительный (2 мм при снегозапасах 58 и 96 мм), а в остальные годы величина его колебалась от 10 до 76 мм вне зависимости от запасов воды в снеге.

Связь стока с другими природными факторами показана в таблице 2. В годы, когда почва перед снеготаянием бывает талая или она промерзает не глубже 50 см, сток не формируется. При ее промерзании свыше 50 см формируется сток разной величины, он не зависит от дальнейшего увеличения глубины промерзания.

В годы (1964, 1971, 1972, 2006), когда почва промерзала глубже 50 см, но запасы влаги в слое 0-50 см небольшие (52-94 мм), сток также не формировался, то есть факторами, лимитирующими его, были снегозапасы и влажность почвы. На уплотненной пашне такие условия формирования стока были только в 1972 и 1993 годах.

Обобщение и анализ материалов по этому вопросу на светло-каштановых почвах Волгоградской области, а также на черноземах Самарской области и серых лесных почвах Орловской области показали, что основными факторами являются промерзание почвы, ее увлажнение и снегозапасы перед снеготаянием. Другие факторы, в том числе продолжительность (интенсивность) снеготаяния, не влияют на величину стока, они могут повлиять на интенсивность паводка, но не на объем поверхностного стока.

Экспериментальные и теоретические исследования и обобщение литературных данных позволили открыть закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод [2, 3], на основе которого создана методика высокоточного его прогноза [8].

Эти и другие теоретические и эмпирические исследования служат основой для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Их создание сводится к решению общей задачи оптимального управления ландшафтом и реализуется путём последовательного решения частных задач. Адаптивно-ландшафтный принцип природопользования предполагает неистощительный характер землепользования. Им предусматривается построение системы земледелия, направленной на поддержание баланса между расходом ресурсов и их восстановлением. Они должны основываться на адаптивно-ландшафтном подходе, максимально учитывающем особенности природно-ресурсного потенциала агроландшафтов [7, 9]. Такое обустройство территории балочных водосборов обеспечивает рациональное использование земли с учетом природно-ресурсного потенциала и агроэкологических условий, разделяет склоны на более короткие отрезки, обуславливает регулирование стока и сокращение смыва и размыва почвы, способствует повышению урожая.

Заключение. Стратегия противоэрозионной мелиорации предусматривает, что возрождения деградированных агроландшафтов до состояния практически естественного гидрологического режима можно добиться созданием системы адаптивно-ландшафтного земледелия, основой которого является каркас, созданный на территории из стокорегулирующих лесных полос и других противоэрозионных рубежей. Наиболее эффективными в регулировании поверхностного стока являются агролесомелиоративные мероприятия.

Таким образом, применение закона лимитирующих факторов стока талых вод, количественная оценка влияния на него природных и антропогенных факторов и объективная оценка почвозащитной роли стокорегулирующих мероприятий послужили основой для разработки технологии управления эрозионно-гидрологическим процессом и создания эффективных систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

Библиографический список

1. Барабанов, А.Т. Прогнозирование поверхностного стока талых вод [Текст] / А.Т. Барабанов, И.П. Свинцов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 15-19.
2. Барабанов, А.Т. Закономерности формирования поверхностного стока талых вод, его прогноз и регулирование [Текст] / А. Т. Барабанов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(33). – С. 65-68.
3. Барабанов, А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. – 188 с.
4. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация. Экспериментальная оценка, расчет, проектирование [Текст] / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. – 220 с.
5. Докучаев, В.В. Наши степи прежде и теперь [Текст] / В.В. Докучаев // Избранные сочинения. – М.: Сельхозгиз, 1954. – С. 449-512.
6. Козменко, А.С. Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР [Текст] / А.С. Козменко // Борьба с эрозией в СССР. – М.–Л: Издательство АН СССР, 1938. – С. 33-55.
7. Кулик, К.Н. Принципы и приемы адаптивно-ландшафтной системы земледелия [Текст] / К.Н. Кулик, А. Т. Барабанов, Е. С. Павловский // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2012. – № 1(10). – С. 14-19.
8. Способ прогнозирования поверхностного стока талых вод [Текст] : пат. № 2347222 Российская Федерация, № 2347222 A01B13/16, G01N33/24. / Барабанов А. Т. (РФ), Гаршинев Е. А. (РФ), Кулик К. Н. (РФ); заявитель ГНУ ВНИАЛМИ. – № 2009126879/12; заявл. 24.07.2006; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5. – 3 с.
9. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 года / А. Л. Иванов [и др.]. – Волгоград: Волгоградской ГСХА, 2009. – 304 с.
10. Сурмач, Г.П. Рельефообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия [Текст] / Г.П. Сурмач. – Волгоград, 1992. – 175 с.

Reference

1. Barabanov, A. T. Prognozirovanie poverhnostnogo stoka talyh vod [Tekst] / A. T. Barabanov, I. P. Svincov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2006. – № 6. – S. 15-19.
2. Barabanov, A. T. Zakonomernosti formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod, ego prognoz i regulirovanie [Tekst] / A. T. Barabanov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 1(33). – S. 65-68.
3. Barabanov, A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledele. – Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. – 188 s.
4. Garshinev, E. A. Jerozionno-gidrologicheskij process i lesomelioraciya. jeksperimental'naya ocenka, raschet, proektirovanie [Tekst] / E. A. Garshinev. – Volgograd: VNIALMI, 2002. – 220 s.
5. Dokuchaev, V. V. Nashi stepi prezhde i teper' [Tekst] / V. V. Dokuchaev // Izbrannye sochineniya. – M.: Sel'hozgis, 1954. – S. 449-512.
6. Kozmenko, A. S. Bor'ba s jeroziej v zemledel'cheskih rajonah SSSR [Tekst] / A. S. Kozmenko // Bor'ba s jeroziej v SSSR. – M. – L: Izdatel'stvo AN SSSR, 1938. – S. 33-55.
7. Kulik, K. N. Principy i priemy adaptivno-landshaftnoj sistemy zemledeliya [Tekst] / K. N. Kulik, A. T. Barabanov, E. S. Pavlovskij // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. – 2012. – № 1(10). – S. 14-19.

8. Sposob prognozirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod [Tekst] : pat. № 2347222 Rossijskaya Federaciya, № 2347222 A01V13/16, G01N33/24. / Barabanov A. T. (RF), Garshinev E. A. (RF), Kulik K. N. (RF); zayavitel' GNU VNIALMI. - № 2009126879/12; zayavl. 24.07.2006; opubl. 20.02.2009, Byul. № 5. – 3 s.

9. Sistema adaptivno-landshaftnogo zemledeliya Volgogradskoj oblasti na period do 2015 goda / A. L. Ivanov [i dr.]. – Volgograd: Volgogradskoj GSXA, 2009. – 304 s.

10. Surmach, G. P. Rel'efoobrazovanie, formirovanie lesostepi, sovremennaya jeroziya i protivojerozionnye meropriyatiya [Tekst] / G. P. Surmach. – Volgograd, 1992. – 175 s.

E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

УДК 631У1 : 634.93

**СОСТОЯНИЕ И МЕРЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПЛОДОРОДИЯ
СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТАХ
STATUS AND MEASURES FOR IMPROVING THE FERTILITY
OF LIGHT CHESTNUT SOIL AGROECOLOGIST LAND**

А.М. Беляков, доктор сельскохозяйственных наук
А.А. Тубалов, кандидат сельскохозяйственных наук
А.В. Кошелев, кандидат сельскохозяйственных наук

A.M. Beleycov, A.A. Tubalov, 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 исследований плодородия почв землепользования СПК «Колос» Октябрьского района Волгоградской области. Данное хозяйство расположено на левом берегу Цимлянского водохранилища в водосборе р. Мышкова. Агроландшафт хозяйства является типичным для светло-каштановой подзоны почв юга Волгоградской области. Результаты исследований анализа состояния и изменения почвенного плодородия, а также предложения по его повышению могут быть использованы в практике и экстраполированы на агроландшафты всего региона. Отбор и анализ почвенных проб осуществлены в соответствии с методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Почвенный образец отбирался от 40 гектаров и представлял собой смешанную пробу, составленную из 20 индивидуальных проб, взятых с глубины пахотного слоя (0-0,30 м). Общая площадь пашни, с территории которой были отобраны образцы, составляет 13,3 тыс. га. В лабораторных условиях осуществлены химические анализы и определены следующие параметры почвенного плодородия: гранулометрический состав почв, содержание гумуса, содержание макроэлементов (NPK), содержание водорастворимых солей, показатель pH. Полученные материалы сведены в таблицы. Анализ экспериментальных данных позволил выявить диапазоны исследуемых показателей во времени и по полям, провести оценку параметров с точки зрения их влияния на формирование урожая и разработать предложения по повышению почвенного плодородия.

The article presents the materials of research of soil fertility of land use of SEC "Kolos" of Otyabrsky district of Volgograd region. This farm is located on the left Bank of the Tsimlyansk reservoir in the catchment of the river Myshkova. The agricultural landscape of the farm is typical of light-chestnut soils subzone of the southern Volgograd region. The results of studies of the analysis of the state and changes in soil fertility, as well as proposals for its improvement can be used in practice and extrapolated to agrolandscapes of the entire region. Soil sampling and analysis was carried out in accordance with the guidelines for the comprehensive monitoring of soil fertility in agricultural lands. The soil sample was collected from 40 hectares and is a mixed sample composed of 20 individual samples taken from the depth of the arable layer (0 - 0.30 m). The total area of arable land from the territory of which samples were selected is 13.3 thousand hectares. In the laboratory chemical analyses were carried out and the following parameters of soil fertility were determined: soil granulometric composition, humus content, content of macrole-

ments (NPK), content of water-soluble salts, pH value. The received materials are summarized in tables. The analysis of experimental data allowed to reveal ranges of the investigated indicators in time and on fields, to carry out an assessment of parameters from the point of view of their influence on formation of a crop and to develop offers on increase of soil fertility.

Ключевые слова: агроландшафты, плодородие почв, гранулометрический состав почв, содержание гумуса, содержание макроэлементов (NPK), общее содержание водорастворимых солей, система мер по повышению плодородия почв.

Key words: agrolandscapes, soil fertility, soil granulometric composition, humus content, content of macroelements (NPK), the total content of water-soluble salts, the system of measures to improve soil fertility.

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2016-0508 «Разработать концептуально-методологические и информационно-технологические основы формирования экологически сбалансированных агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия с применением химических средств нового поколения для прецизионного производства растениеводческой продукции при сохранении и воспроизводстве почвенного плодородия и эффективного использования природно-ресурсного потенциала» ФНЦ агроэкологии РАН

Введение. Материалы агрохимического обследования дают объективную картину состояния плодородия земель, на основе которой разрабатываются технологии возделывания сельскохозяйственных культур и мероприятия по сохранению и повышению плодородия почв. Это позволяет обеспечить земледельцев оперативной информацией для более эффективного использования земельных ресурсов, применения минеральных удобрений с сохранением баланса питательных элементов в почве и поддержанием экологического равновесия в агроландшафтах.

Целью проводимых исследований являлось изучение почвенного плодородия в агроландшафтах земледелия СПК «Колос» Октябрьского района Волгоградской области и разработка рекомендаций по его повышению, которые позволят обеспечить наилучший производственно-экономический эффект при условии сохранения окружающей среды.

Материалы и методы. Объект исследований – территория СПК «Колос», которая расположена южнее п. Шебалино Октябрьского района Волгоградской области. Площадь обследованной пашни хозяйства составляет 13,3 тыс. га.

Территория хозяйства представлена крупными водоразделами. Вершины их платообразные, плоские, иногда слабоволнистые. Отметки поверхности здесь не превышают 150-180 м. На них сформировались светло-каштановые средне- и маломощные, в основном среднесолонцеватые в комплексе с разными видами солонцов почвы.

Подзона светло-каштановых почв занимает 3541 тыс. га, или 31,69 % от всей площади Волгоградской области. Светло-каштановые почвы характеризуются небольшим гумусовым горизонтом и низким содержанием гумуса (1,4-2,1 %) в пахотном слое. Для них характерна бесструктурность верхнего и уплотненность подпахотного горизонтов, что затрудняет доступ влаги и воздуха в нижележащие слои, замедляет развитие корневой системы растений. Почвы очень бедны валовым азотом, в верхних горизонтах его содержание колеблется от 0,126 до 0,163 %. Содержание гидролизующего азота довольно высокое (4,7-16,0 мг/кг почвы). Обеспеченность фосфором низкая и средняя, обменным калием – высокая [4].

Емкость поглощения в пахотном слое зональных светло-каштановых почв составляет 26-30 мг/экв. на 100 г почвы. В составе обменных катионов 70-80 % приходится на кальций. Процент натрия от суммы поглощенных оснований колеблется от 2,5-3,2 % у несолонцеватых и до 5-10 % у солонцеватых почв [4].

Работы по почвенно-агрохимическому обследованию почв были выполнены в соответствии с «Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [6].

Почвенный образец отбирался с 40 гектаров и представлял собой смешанную пробу, составленную из 20 индивидуальных проб, взятых тростевым буром на глубину пахотного (0-0,30 м) слоя.

Методы лабораторного анализа почвенных образцов: определение гранулометрического состава почв было произведено по методу Качинского [5]; определение содержания гумуса в почвенных образцах осуществлялось по методу Тюрина [1]; определения гидролизующего азота основывалось на методе Корнфилда [7]; определение подвижных форм фосфора и калия по Мачигину в модификации ЦИНАО [2]; pH водной вытяжки методом ЦИНАО [3].

Результаты и обсуждение. В проводимых исследованиях важным моментом, позволяющим сопоставлять данные агрохимического анализа с исследуемой территорией в натуре, являются схема расположения и нумерация полей (рисунок 1).

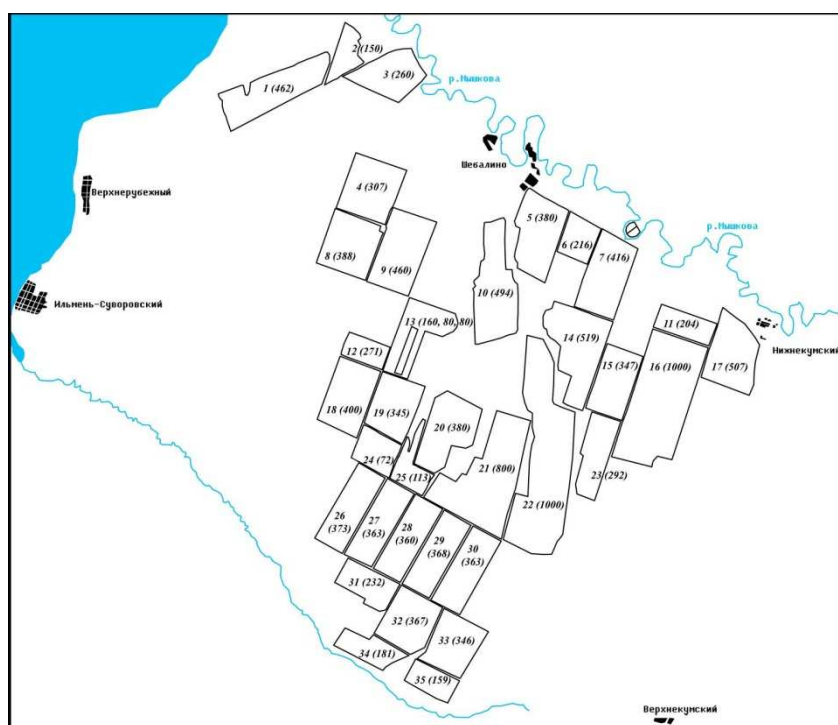


Рисунок 1 – Схема расположения полей СПК «Колос»

В таблице 1 приведены данные лабораторного анализа отобранных почвенных образцов по полям СПК «Колос», которые характеризуют гранулометрический состав исследуемых почв, содержание гумуса и др.

Анализ таблицы позволяет сделать вывод о том, что почвенный покров исследуемой территории с точки зрения показателя гранулометрического состава почв однороден и в основном представлен тяжелосуглинистыми почвами. Среднесуглинистые почвы встречаются на четырех полях: №: 10, 11, 23, 25. Легкосуглинистые почвы распространены на поле, расположенном в пойме р. Мышкова, которое используется для выращивания бахчевых культур.

Установлено, что уровень плодородия почвы зависит не столько от содержания общего гумуса, сколько от содержания его лабильной (подвижной) части, или трансформируемого, активного углерода, содержащегося в нём [8, 9, 10].

Анализ материалов таблицы свидетельствует о том, что параметры показателя содержания гумуса находятся в диапазоне от 1,5 до 3 %, т.е. все исследуемые образцы почв являются малогумусированными.

Важно отметить, что в системе защитных лесных полос по сравнению с необлесенной территорией значение показателя содержания гумуса больше на 0,5 - 0,7 %. На схеме расположения полей СПК «Колос» к данным полям можно отнести поля под № 18, 19, 26 – 30.

Наличие азота в почвах тесно связано с его расходом культурами и степенью промывания вниз по профилю почвы, а также сильно варьируется в течение года по сезонам. Поэтому дозы азотных удобрений ежегодно необходимо корректировать с помощью листовой и почвенной диагностики.

Таблица 1 – Показатели плодородия почвы по полям ООО «Колос» (глубина 0-0,3 м)

№ n/n	Площадь, га	Физическая глина, %	Содержание гумуса, %	N _{общ.} , %	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	K ₂ O, мг/кг	Плотный остаток, %	pH
1	462	49,73	1,79	0,041	11,2	377	0,112	6
2	150	40,71	2,38	0,056	13,1	620	0,117	6
3	260	45,44	2,03	0,042	11,9	490	0,100	6
4	367	46,91	2,04	0,059	12,3	460	0,073	6
5	380	47,67	1,96	0,060	12,7	448	0,082	6
6	216	49,21	1,96	0,041	12,0	484	0,091	6
7	416	48,17	1,86	0,057	10,1	446	0,093	6
8	388	45,18	2,08	0,059	11,6	436	0,079	7
9	460	49,48	1,92	0,052	12,8	466	0,068	7
10	494	44,06	1,91	0,041	12,0	526	0,093	6
11	204	43,63	2,15	0,042	12,6	369	0,106	6
12	271	49,00	1,79	0,041	12,1	418	0,110	6
13	320	46,2	1,97	0,044	12,6	409	0,118	6
14	519	46,58	1,85	0,062	12,1	426	0,076	6
15	347	47,92	2,15	0,040	12,8	481	0,104	6
16	1000	47,47	2,15	0,041	13,0	436	0,106	6
17	507	48,49	1,43	0,043	12,9	392	0,092	6
18	400	50,50	2,11	0,040	13,2	463	0,097	6
19	345	49,40	2,11	0,040	13,3	454	0,114	5
20	380	49,17	1,64	0,052	13,8	428	0,075	6
21	800	48,13	2,26	0,067	10,2	430	0,075	6
22	1000	47,42	1,73	0,050	14,7	418	0,102	6
23	292	44,33	2,0	0,048	10,4	400	0,102	6
24	72	51,09	1,73	0,058	9,8	424	0,114	6
25	113	44,97	1,86	0,056	10,6	440	0,096	6
26	373	48,25	2,43	0,056	10,8	535	0,099	6
27	363	49,17	2,33	0,051	11,4	454	0,091	6
28	360	47,88	2,11	0,054	11,6	346	0,110	6
29	368	49,99	2,03	0,044	11,0	369	0,102	6
30	363	46,79	2,04	0,041	10,5	382	0,072	6
31	232	46,09	2,20	0,052	10,1	412	0,088	7
32	367	47,76	1,64	0,053	9,5	404	0,090	6
33	346	48,88	2,41	0,060	13,1	416	0,084	6
34	181	46,30	1,89	0,052	10,4	427	0,076	7
35	159	47,04	1,97	0,045	10,9	440	0,068	6
36	30	25,79	2,37	0,078	11,8	320	0,143	6

Анализ материалов лабораторных исследований позволил выявить диапазон значений: для показателя суммы нитратной и аммонийной формы азота он составляет от 16,7 до 26,8 мг на кг. Минимальное значение соответствует полю № 35 (159 га), а максимальное – полю № 2 (150 га).

Абсолютные значения показателя содержания азота в усредненных образцах по полям позволяют классифицировать образцы по группам обеспеченности азотом. Все поля можно отнести к одной из двух групп: средней и хорошей обеспеченности.

Анализ данных лабораторных исследований позволил выявить диапазон значений показателя содержания фосфора в усредненных образцах, он имеет интервал от 9,5 до 14,7 мг/кг. Все анализируемые образцы, за исключением двух полей, можно отнести к низкой обеспеченности. Поля № 24 и 32 относятся к группе обеспеченности – очень низкая.

Содержание фосфора в почве является основным фактором при определении планируемой урожайности с.-х. культур. Он участвует в реакциях фотосинтеза, в дыхании и делении клеток, в переносе энергии, входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Фосфор необходим растениям на всех стадиях развития, но наиболее интенсивно используется с начала вегетации в период от кущения до цветения у зерновых. Поэтому рекомендуем вносить часть фосфорсодержащих удобрений вместе с посевом семян [3].

При фосфорном голодании в окраске листьев появляются красно-фиолетовые оттенки. Для формирования 1 тонны продукции зерновых требуется 12-14 кг фосфора, а технических – от 30 кг у подсолнечника и до 50 кг у горчицы.

При планировании с.-х. работ приоритет в размещении наиболее ценных культур, оптимальным срокам обработки паров и т.д. необходимо отдать полям с высоким содержанием фосфора, способным дать наибольший экономический эффект.

Анализ материалов лабораторных исследований позволяет отнести все исследуемые образцы к образцам с высоким и повышенным содержанием калия (диапазон значений 380-520 мг/кг).

Калий поступает в растения с большой интенсивностью с начала вегетации до цветения. Он способствует нормальному ходу фотосинтеза, накоплению жиров и углеводов, стимулирует налив зерна, повышает устойчивость растений к полеганию, грибковым заболеваниям, засухе и низким температурам. Особенно требовательны к калийному питанию подсолнечник.

Для формирования 1 тонны продукции зерновых требуется 25-30 кг калия, 15 кг у подсолнечника, 32 кг у горчицы [8, 9, 10].

В таблице 1 представлены данные, характеризующие содержание водорастворимых солей (и показателя рН) в усредненных образцах, отобранных по полям на исследуемой территории.

Анализ таблицы показывает, что значения показателя плотного остатка находятся в диапазоне от 0,068 до 0,143 %. Данный диапазон говорит о том, что исследуемый показатель существенно варьирует по полям (более чем в 2 раза), но вместе с тем его абсолютные значения не превышают порога токсичности, и все почвы можно отнести к незасоленным.

Вариативность показателя содержания водорастворимых солей в усредненных образцах можно объяснить высокой комплексностью почвенного покрова – наличием солонцов. Солонцы не занимают высокую долю от площади в почвенном покрове и вместе с тем резко отличаются высоким содержанием солей (в десятки раз) в сравнении с фоновыми почвами.

В целом при сложившейся структуре посева и системе земледелия плодородие почвы в хозяйстве сохранилось на прежнем уровне в сравнении с 2014-2015 гг.

Заключение. Почвы СПК «Колос» Октябрьского района Волгоградской области являются типичными для светло-каштановых почв: малогумусными, солонцеватыми и низкоплодородными для зерновых и других сельскохозяйственных культур. Для обеспечения роста урожайности сельскохозяйственных культур и сохранения плодородия почвы в хозяйстве необходимо разработать систему внесения органических и минеральных удобрений.

Для повышения имеющегося плодородия необходим комплекс агрохимических и агротехнических мер. Мероприятия должны носить не разовый, а системный характер. Система удобрений должна включать набор как минеральных, так и органических удобрений с обязательным применением микроудобрений на фоне приемлемой для зоны сухого земледелия агротехники.

Применение азотно-фосфорных и серосодержащих удобрений – обязательное условие сельскохозяйственного производства.

На фоне низкого применения минеральных и органических удобрений важную роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур и его качества играют микроэлементы, которые в обследованных почвах находятся в дефиците.

Перспективными для почв нашей зоны являются водорастворимые препараты групп акваринов, мастер, комплексное органо-минеральное удобрение в виде гуматов.

Обследованные богарные земли представлены в основном слабогумусированными почвами, с содержанием гумуса 1,4-2,4 % от массы почвы.

Следует помнить, что процессы минерализации гумуса на фоне повышенных доз минеральных удобрений протекают интенсивно. Также нужно учитывать потери гумуса в результате водной и ветровой эрозии.

Основными путями компенсации минерализованного гумуса в почве являются заделка измельчённой соломы и растительных остатков предшественника; запашка сидератов, почвенных корневых остатков, введение в оборот многолетних трав, преимущественно бобовых.

Солома – активный энергетический материал для образования гумуса почвы и усиления микробиологической деятельности в ней. При средних урожаях зерновых (2-3 т/га) в почву с соломой будет возвращено 10-15 кг азота, 5-8 кг фосфора, а также соответствующее количество микроэлементов. Солому рекомендуется запахивать под посевы культур, если её заделывают под посев злаковых культур, то добавляют 10-12 кг азота на одну тонну соломы, а лучше азотно-фосфорно-калийные удобрения. Ещё более эффективно сочетание солома + NPK + сидераты.

В хозяйстве необходимо шире вводить сидеральные пары, каждые три года заделывать 8-10 тонн растительных остатков горчицы, сорго, эспарцета, донника, люцерны и других, вполне пригодных в качестве сидеральных культур и создания кулис. Если в качестве пожнивного зелёного удобрения используется не бобовая культура, то на слабокультуренных почвах добавляют 15-20 кг азота на 1 тонну соломы.

В результате гумификации растительных остатков в почву поступает от зернобобовых – 140-200, многолетних трав – 180-250 кг/т растительных остатков.

Однако одни растительные остатки не могут восполнить убыль гумуса в процессе возделывания сельскохозяйственных культур. Значительную роль в создании бездефицитного баланса гумуса играет навоз – коэффициент гумификации подстилочного навоза в 2-2,5 раза выше запахиваемой зелёной массы. Бездефицитного баланса гумуса в почве можно добиться только комплексным использованием всех источников органического

вещества совместно с минеральными удобрениями. Положительный баланс гумуса в севооборотах без пропашных культур обеспечивается ежегодным внесением на гектар пашни – 8-10 тонн навоза. Совместное применение органических и минеральных удобрений в севообороте улучшает качественный состав гумуса, а также азотный, фосфорный и калийный режимы почв.

Библиографический список:

1. ГОСТ 26213 – 91. Почвы. Методы определения органического вещества [Текст]. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 8 с.
2. ГОСТ 26205 – 84. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1992.
3. ГОСТ 26423 – 85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1986.
4. Дегтярева, Е.Т. Почвы Волгоградской области [Текст]/ Е.Т. Дегтярева, А.Н. Жулидова. – Волгоград: Нижне-Волжское кн. изд-во, 1970. – 320 с.
5. Качинский, Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения [Текст]/ Н. А. Качинский. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. – 191 с.
6. Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [Текст]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 304 с.
7. Методические указания по определению щелочногидролизующего азота в почве по методу Корнфилда [Текст]. – М.: Союзсельхозхимия, 1985. – 6 с.
8. Программирование урожая (разработка и внедрение программируемых технологий в производстве) [Текст]/ А.А. Климов, А.Ф. Иванов, В.И. Филин, Г.В. Листопад // Сборник научных тр. Волгоградского СХИ. – Волгоград, 1978. – Т. 67. – 303 с.
9. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая [Текст]/ В.И. Филин. – Волгоград: ВГСХА, 1994 – 274 с.
10. Шульмейстер, К.Г. Избранные труды [Текст]/ К.Г. Шульмейстер. – Волгоград, 1995. – Т. 2. – 480 с.

Reference

1. GOST 26213 - 91. Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veschestva [Tekst]. – M.: Komitet standartizacii i metrologii SSSR, 1992. – 8 s.
2. GOST 26205 – 84. Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenij fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikacii CINAО [Tekst]. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1992.
3. GOST 26423 - 85. Pochvy. Metody opredeleniya udel'noj jelektricheskoy provodimosti, rN i plotnogo ostatka vodnoj vytyazhki [Tekst]. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1986.
4. Degtyareva, E.T. Pochvy Volgogradskoj oblasti [Tekst]/ E.T. Degtyareva, A.N. Zhulidova. – Volgograd.: Nizhne-Volzhscoe kn. izd-vo, 1970. – 320 s.
5. Kachinskij, N.A. Mehanicheskij i mikroagregatnyj sostav pochvy, metody ego izucheniya [Tekst]/ N.A. Kachinskij. – M.: Izd-vo Akademii nauk SSSR, 1958. – 191 s.
6. Metodicheskimi ukazaniyami po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Tekst]. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2003. – 304 s.
7. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu shelohnogidrolizuemogo azota v pochve po metodu Kornfilda [Tekst]. – M.: Soyuzsel'hozhimiya, 1985. – 6 s.
8. Programmirovaniye urozhaya (razrabotka i vnedrenie programmiroemykh tehnologij v proizvodstve) [Tekst]/ A. A. Klimov, A. F. Ivanov, V. I. Filin, G. V. Listopad // Sbornik nauchnyh tr. Volgogradskogo SXI. – Volgograd, 1978. – T. 67. – 303 s.
9. Filin, V.I. Spravochnaya kniga po rastenievodstvu s osnovami programmirovaniya urozhaya [Tekst]/ V. I. Filin. – Volgograd: VGSXA, 1994 – 274 s.
10. Shul'mejster, K.G. Izbrannye trudy [Tekst]/ K. G. Shul'mejster. – Volgograd, 1995. – T. 2. – 480 s.

E-mail: vnialmi-nir@mail.ru

УДК: 631.674.5:504.064.36

**СИСТЕМА «АНАЛИЗ – ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ – ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ»
В СОСТАВЕ ГИС УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ****SYSTEM «ANALYSIS – DATA VISUALIZATION – DECISION-MAKING»
CONSISTING OF IRRIGATION MANAGEMENT
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM****В.В. Бородычев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук****М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****V.V. Borodychev, M.N. Lytov***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (Волгоградский филиал)**FSBSI «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation them. A. N.
Kostyakova»*

Исследования, результаты которых положены в основу настоящей публикации, посвящены концептуальному обоснованию сегментов интерактивного взаимодействия, полнофункциональных комплексов анализа и обработки данных, выработки управленческих решений в рамках модели геоинформационной системы управления орошением. Предмет исследований – геоинформационные системы и технологии в части организации прецизионного управления водным режимом почвы на основе мониторинга работы оросительной техники в режиме реального времени. Приводится концептуальное описание основных блоков рассматриваемой системы, включая функциональный модуль анализа данных, функциональный модуль визуализации данных и интерактивного взаимодействия, функциональный модуль выработки и принятия управленческих решений. Раскрыты внутренние связи рассматриваемой системы, показано, что функциональный модуль анализа данных в минимальной компетенции должен обеспечивать расчет карты полива, анализ технического состояния задействованных элементов ГМС, анализ режимов работы ГМС, решение оптимизационных задач. Концептуальной основой модуля визуализации данных является электронная карта. Результаты анализа данных представляют новые, продуцированные слои данных, которые отображаются вкупе с электронной основой в выбранных настройках сочетаниях. Блок визуализации данных обеспечивает интерактивное взаимодействие с оператором технической системы. Интерактивность подразумевает обратную связь, воздействие на вывод групп данных, активизацию различных модулей анализа, выбор управленческих решений. Методологической основой генерации управляющих решений является сопоставление количественных, либо качественных оценок критериев, реализованных в блоке анализа данных с фиксированными областями значений, соответствующих принятию того или иного решения.

Research, the results of which form the basis of this publication dedicated to conceptual study of the segments of the interactive experience, full of complexes, analyzing and processing data, making management decisions in the framework of the geographic information system irrigation management. The subject of research-geographic information systems and technologies in the organization of precision management of water regime of the soil based on monitoring of irrigation equipment in real time. The conceptual description of the main blocks of the considered system is given, including the functional module of data analysis, the functional module of data visualization and interactive interaction, the functional module of development and decision-making. The internal connections of the considered system are revealed, it is shown that the functional module of data analysis in the minimum competence should provide the calculation of the irrigation map, analysis of the technical condition of the involved elements of irrigation systems, analysis of the modes of operation of irrigation systems, solution of optimization problems. The conceptual basis of the data visualization module is the electronic map. The results of the data analysis present new, produced data layers, which are displayed together with the electronic basis in the selected settings combination. The data visualization unit provides interactive interaction with the operator of the technical system. Interactivity implies feedback, impact on the output of data groups, activation of various analysis modules, the choice of management decisions. The methodological basis for the generation of control decisions is the comparison of quantitative or qualitative assessments of the criteria implemented in the data analysis unit with fixed areas of values corresponding to the adoption of a decision.

Ключевые слова: орошение, управление, геоинформационная система, анализ данных, интерактивное взаимодействие.

Key words: irrigation, management, geoinformation system, data analysis, interactive interaction.

Введение. В мировой практике уже сегодня применяются технологии, использующие преимущества геопозиционного отслеживания и мониторинга различных параметров и режимов функционирования объекта управления для решения задач оптимального управления орошением [13, 9, 1, 2]. Следует признать, что, во-первых, это преимущественно зарубежные технологии, поставляемые с производимой оросительной техникой, а во-вторых, это, преимущественно, разомкнутые системы управления, в которых решения принимаются оператором, изменяющим установки регуляторов для получения требуемых характеристик. И если первое определяет современные реалии конкурентного преимущества зарубежных мелиоративных технологий, то второе оставляет нишу для опережающего развития отечественного высокотехнологического мелиоративного оборудования. Аналитический модуль, интерактивное взаимодействие с пользователем и возможность интеграции полнофункциональной системы поддержки принятия решения являются характерными особенностями современных геоинформационных систем, а использование этих преимуществ позволяет на новом уровне решать проблему оптимального управления орошением [11, 3, 10]. Современная постановка проблемы подразумевает принятие и реализацию управленческих решений в автоматизированном режиме с использованием интеллектуальных алгоритмов. При этом решение задачи оптимального управления орошением на основе современных геоинформационных технологий подразумевает формирование специализированного перечня сегментов интерактивного взаимодействия, а также полнофункциональных комплексов анализа и обработки данных, выработки и реализации управленческих решений.

Материалы и методы. Целью исследований является концептуальное обоснование системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением. В задачи исследований входит формирование специализированного перечня сегментов интерактивного взаимодействия геоинформационной системы управления орошением, а также концептуальное моделирование комплекса анализа и обработки данных, комплекса выработки управленческих решений.

Объект исследований – конструкции элементов гидромелиоративных систем нового поколения, обеспечивающих непрерывный оперативный контроль работы дождевальной техники с расширенным функционалом для реализации принципов координатного земледелия. Предмет исследований – геоинформационные системы и технологии в части организации прецизионного управления водным режимом почвы на основе мониторинга работы оросительной техники в режиме реального времени. Следует учитывать, что система «анализ – визуализация данных – принятие решений» рассматривается в составе концептуальной модели геоинформационной системы управления орошением. Однако общность исследуемых вопросов, сложность и высокая информационная емкость решаемых задач делает целесообразным рассмотрение системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» в рамках самостоятельной проблемы.

Методологической основой исследований являются основные положения теории объектно-ориентированных информационных систем и геоинформационных технологий, теории пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике, теории оптимального управления, основы теории систем и системного анализа, основные положения методики функционального анализа, теория и практика эксплуатации мелиоративных систем, включая оросительные системы нового поколения [9, 1, 5, 4, 6, 8].

Результаты и обсуждение. Общие алгоритмические решения в области взаимодействия основных функциональных блоков системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» для предложенной модели ГИС представлены на рисунке 1.

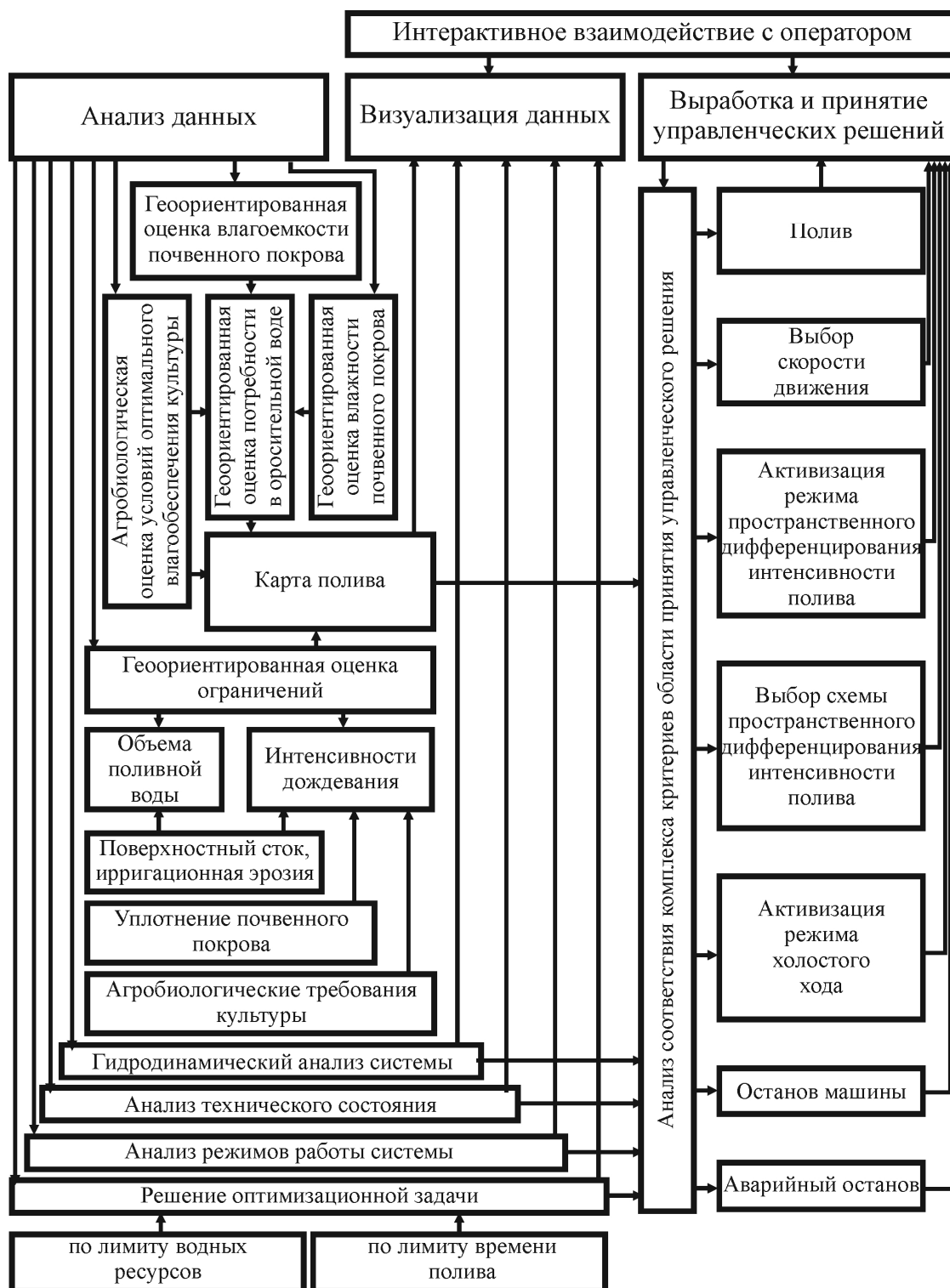


Рисунок 1 – Модель системы «анализ – визуализация данных – принятие решений» на геоинформационной основе управления орошением

Основными блоками системы являются:

– блок анализа данных. Настоящий блок представлен целым комплексом количественных и качественных оценок, обеспечивающих выработку совокупности критериев и показателей, используемых в последующем для выработки управленческих решений либо для представления ясной картины выполнения технологического процесса оператору. В большинстве случаев указанные совокупности количественных или качественных оценок критерия используются в обоих направлениях;

– блок визуализации данных. Обеспечивает интерактивное взаимодействие с оператором. Интерактивность является отличительной чертой современных технологий в области визуализации данных. Возможность обратной связи позволяет визуализировать группы данных, наиболее критичных в плане мониторинга выполнения технологического процесса, выработки и принятия управленческих решений;

– блок выработки и принятия управленческих решений. Обеспечивает сопоставление количественных либо качественных оценок критериев, реализованных в блоке анализа данных с фиксированными областями значений, соответствующих принятию того или иного решения. Входит в состав системы интерактивного взаимодействия с оператором.

Концептуальная основа каждого из указанных блоков зависит от области применения геоинформационных технологий. Предложенная модель геоинформационной системы управления орошением предполагает следующие принципиальные решения по структуре блока анализа данных. Главным продуктом блока анализа данных на геоинформационной основе управления орошением является карта полива. В общем случае карта полива составляется на основе геоориентированной оценки потребности в оросительной воде и геоориентированной оценки ограничений преимущественно экологического характера. Учитывая перспективы развития технологий в области координатного орошения, оценка потребности в оросительной воде должна проводиться дифференцированно, с учетом пространственной вариации почвенных условий, содержания влаги, состояния растительного покрова и комплекса других немаловажных факторов.

Кроме основной функции – составления карты полива – модуль анализа данных геоинформационной системы управления орошением должен обеспечивать выполнение:

– гидродинамического анализа технической системы. Выполнение анализа по этому пункту подразумевает оценку гидравлических параметров непосредственно оросительной техники и ее технического окружения с учетом всех доступных (контролируемых ГИС) показателей. Анализ выполняется непрерывно с учетом поступающих в режиме реального времени мониторинговых данных. Отслеживание динамики всей совокупности показателей позволяет оценить соответствие реального исполнения технологического процесса номинальным параметрам задания;

– анализ технического состояния. Подразумевается техническое состояние систем, обеспечивающих подвод и распределение оросительной воды по орошаемому участку. Использование научно-обоснованных комплексов показателей и современных алгоритмов их сопоставления позволяет контролировать техническое состояние оросительной техники и водоподводящих систем в режиме реального времени [8-13]. При этом есть возможность количественной оценки ситуации, прогнозирования ее развития в динамике. Непосредственным результатом анализа технического состояния системы является и оценка его влияния на изменение номинальных режимов работы оросительной техники. Последнее необходимо для внесения необходимых корректирующих поправок при выполнении технологического процесса;

– анализ режимов работы системы. Кроме указанной выше количественной оценки изменения номинальных режимов работы оросительной техники необходимо отслеживать изменение режимов в результате вариации внешних (по отношению к системе в установленных геоинформационной системой границах) факторов. Примером таких факторов может быть изменение напора в участковом водозаборе закрытой оросительной системы из-за включения/отключения дождевальной техники на других участках (групповая работа дождевальных систем). Непосредственным результатом анализа текущих режимов работы системы является вывод о необходимости и исходные данные для выработки и принятия корректирующих поправок в выполнение технологического процесса;

– решение оптимизационной задачи. Решение оптимизационных задач является неотъемлемой частью современных алгоритмов управления орошением. Интегрирование этой функции в систему позволяет адаптировать ее к реальным условиям работы на производстве. Известной проблемой является поиск оптимальных решений при лимите водных ресурсов. Решение этой задачи включает комплекс наукоемких методов, основанных на многокритериальном моделировании развития ситуации и классических алгоритмах оптимального распределения ресурсов. Другой проблемой, часто не учитываемой в рамках современных моделей управления орошением, является решение оптимизационной задачи по лимиту времени полива. Оросительная техника, как правило, имеет вполне определенную проектную нагрузку. На практике условия, принятые в проектных расчетах, нередко нарушаются. Это приводит к тому, что при заданной производительности в срок завершить технологический процесс не представляется возможным. В таком случае необходимо выбирать наиболее выгодный выход из создавшейся ситуации: увеличить производительность оросительной техники по выливу, увеличить производительность оросительной техники по скорости движения, оставить часть территории неполивной либо выбрать комбинацию указанных действий. Решение оптимизационной задачи по лимиту времени на полив позволяет обосновать этот выбор.

Результаты анализа данных передаются в функциональный модуль визуализации данных и одновременно в модуль выработки и принятия управленческих решений. Основой модуля визуализации данных является электронная карта. Результаты анализа данных представляют новые, продуцированные слои данных, которые отображаются вкупе с электронной основой в выбранных настройках сочетаниях. Блок визуализации данных обеспечивает интерактивное взаимодействие с оператором технической системы. Интерактивность подразумевает обратную связь, воздействие на вывод групп данных, активизацию различных модулей анализа, выбор управленческих решений.

Одновременная передача результатов анализа в модуль выработки и принятия управленческих решений обеспечивает готовность функциональных систем в процессе интерактивного взаимодействия с оператором. Количественный и качественный анализ поступивших данных ведется на основе сравнения вычисленного комплекса критериев с областями значений критериев, соответствующих принятию того или иного управленческого решения. Минимальный набор управляющих действий современной, базирующейся на ГИС технологиях системы управления орошением должен предусматривать включение технологического процесса «полив», выбор скорости движения, активизацию режима пространственной дифференциации интенсивности полива, выбор схемы пространственного дифференцирования интенсивности полива, активизацию режима холостого хода, останов машины, аварийный останов.

Предложенная схема организации комплекса «анализ – визуализация данных – принятие решений» на геоинформационной основе управления орошением обеспечивает возможность полной автоматизации технологического процесса при исчерпывающем визуальном контроле оператора орошения.

Заключение. Совокупность компонентов «анализ-визуализация данных-принятие решений» ГИС управления орошением является обособленной логистически-процессуальной системой, реализуемой на стороне оператора орошения. Концептуальная модель этой системы основана на соответствии требованиям масштабируемости и предполагает аддитивное наращивание функциональных возможностей пропорционально росту физических возможностей вычислительного оборудования. Ограничения по информационно-вычислительным мощностям мобильного оборудования оператора орошения сегодня обуславливают необходимость формулирования минимального набора операций по каждому из блоков рассматриваемой системы. Функциональный модуль анализа данных в минимальной компетенции должен обеспечивать расчет карты полива, анализ технического состояния задействованных элементов ГМС, анализ режимов работы ГМС, решение оптимизационных задач. Функциональный модуль управления орошением в минимальной компетенции должен обеспечивать выработку управляющих решений по включению технологического процесса «полив», выбору скорости движения, активизации режима пространственной дифференциации интенсивности полива, выбору схемы пространственного дифференцирования интенсивности полива, активизации режима холостого хода, останову машины и аварийному останову.

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. Бородычев, В.В. Обобщенная модель автоматизированной информационной системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №1 (45). – С. 161-170.
4. Бородычев, В.В. Геопозиционный синтез мониторинговых данных и возможности их использования в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1 (41). – С. 168-177.
5. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве [Текст] / Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов, А.Н. Бачурин, Д.О. Олейник, Ю.В. Якунин. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2013 – 169 с.
6. Гитис, В.Г. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике [Текст]/ В.Г. Гитис, Б.В. Ермаков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.
7. Курбанов, С.А. Подходы к организации информационно-технических комплексов мониторинга и управления орошением в режиме реального времени [Текст]/ С.А. Курбанов, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Проблемы развития АПК региона. – 2017. – №3 (31). – С. 131-136.
8. Марданов, М.Д. К теории особых оптимальных управлений в динамических системах с запаздыванием в управлении [Текст]/ М.Д. Марданов, Т.К. Меликов // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2017. – Т. 57. – № 5. – С. 747-767.
9. Мельник, М.А. ГИС-технологии как эффективный инструмент для оценки негативных природно-климатических факторов, лимитирующих развитие аграрного природопользования [Текст]/ М.А. Мельник, Е.С. Волкова, Т.Ш. Фузелла // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 650-661.
10. Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения [Текст]/ В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 26-33.

11. Применение ГИС-технологий для создания системы поддержки принятия решений [Текст]/ М.К. Мукушева, С.И. Спиридонов, М.Б. Тлебаев, С.А. Баранов, С.А. Березин, М.О. Садвакасов // Гидрометеорология и экология. – 2006. – № 2 (41). – С. 126-138.

12. Пронько, Н.А. Управление орошаемым земледелием на основе использования информационных технологий [Текст]/ Н.А. Пронько, В.В. Корсак // Научная жизнь. – 2012. – № 2. – С. 80.

13. Технический уровень отечественного и зарубежного оборудования, применяемого в мелиорации [Текст] : информационный сборник. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2011. – 215 с.

Reference

1. Borodychev, V.V. Apparathoe obespachenie monitoringa raboty dozhdeval'noj tehniky 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). – S. 48-52.

2. Borodychev, V.V. Monitoring i upravlenie orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V.V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Je. Golovinov. – М.: Redakciya zhurnala «Mehanizaciya i jelektrifikaciya sel'skogo hozyajstva», 2017. – 154 s.

3. Borodychev, V. V. Obobschennaya model' avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy monitoringa i upravleniya orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. – №1 (45). – S. 161-170.

4. Borodychev, V. V. Geopozicionnyj sintez monitoringovyh dannyh i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 1 (41). – S. 168-177.

5. Geoinformacionnye sistemy v sel'skom hozyajstve [Tekst] / N. V. Byshov, D. N. Byshov, A. N. Bachurin, D. O. Olejnik, Yu. V. Yakunin. – Ryazan': FGBOU VPO RGATU, 2013 – 169 s.

6. Gitis, V.G. Osnovy prostranstvenno-vremennogo prognozirovaniya v geoinformatike [Tekst]/ V. G. Gitis, B. V. Ermakov. – М.: FIZMATLIT, 2004. – 256 s.

7. Kurbanov, S.A. Podhody k organizacii informacionno-tehnicheskikh kompleksov monitoringa i upravleniya orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ S.A. Kurbanov, V.V. Borodychev, M.N. Lytov // Problemy razvitiya APK regiona. – 2017. – №3 (31). – S. 131-136.

8. Mardanov, M. D. K teorii osobyh optimal'nyh upravlenij v dinamicheskikh sistemah s zapazdyvaniem v upravlenii [Tekst]/ M. D. Mardanov, T. K. Melikov // Zhurnal vychislitel'noj matematiki i matematicheskoy fiziki. - 2017. - T. 57. - № 5. - S. 747-767.

9. Mel'nik, M. A. GIS-tehnologii kak jeffektivnyj instrument dlya ocenki negativnyh prirodno-klimaticheskikh faktorov, limitiruyuschih razvitie agrarnogo prirodopol'zovaniya [Tekst]/ M.A. Mel'nik, E.S. Volkova, T.Sh. Fuzella // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 124. – S. 650-661.

10. Modelirovanie processa upravleniya vodno-solevym rezhimom pochv v usloviyah orosheniya [Tekst]/ V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, M. A. Sazanov, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2 (42). – S. 26-33.

11. Primenenie GIS-tehnologij dlya sozdaniya sistemy podderzhki prinyatiya reshenij [Tekst]/ M. K. Mukusheva, S. I. Spiridonov, M. B. Tlebaev, S. A. Baranov, S. A. Berезin, M. O. Sadvakasov // Gidrometeorologiya i jekologiya. – 2006. – № 2 (41). – S. 126-138.

12. Pron'ko, N. A. Upravlenie oroshaemym zemledeliem na osnove ispol'zovaniya informacionnyh tehnologij [Tekst]/ N. A. Pron'ko, V. V. Korsak // Nauchnaya zhizn'. – 2012. – № 2. – S. 80.

13. Tehnicheskij uroven' otechestvennogo i zarubezhnogo oborudovaniya, primenyaemogo v melioracii [Tekst] : informacionnyj sbornik. – М.: FGNU CNTI «Meliovodinform», 2011. – 215 s.

УДК 633.31/.37:579.64

**ВЛИЯНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
НА СИМБИОТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ****INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL MEDICINES ON SYMBIOTIC ACTIVITY
AND EFFICIENCY OF LONG-TERM BEAN HERBS****Т.Н. Дронова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Н.И. Бурцева**, кандидат сельскохозяйственных наук**T.N. Dronova, N.I. Burtseva***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград**All-Russian research Institute of irrigated agriculture*

Представлены результаты исследований по испытанию микробиологических препаратов на орошаемых землях Нижнего Поволжья. Показано их влияние на развитие симбиотического аппарата люцерны синегибридной, клевера лугового, козлятника восточного. Общее число клубеньков в ризосфере растений при применении ризоторфина, гумариза, агрики возрастало в первом укосе до 73,0-92,2 шт., 57,0-58,0 % из них имели розовую окраску. Определено действие препаратов на продуктивность посевов трав, обеспечивающих получение 30-40 т/га зеленой массы, установлено положительное влияние на содержание основных питательных веществ в биомассе, протеиновую и энергетическую ценность корма. Количество переваримого протеина изменялось от 140 до 150 г, кормовых единиц – 0,64-0,66, обменной энергии – 10,2-10,3 МДж, что характеризует биомассу люцерны, клевера и козлятника, выращенную при применении микробиологических препаратов, как ценный высокобелковый, энергетически насыщенный корм.

The results of studies on the testing of microbiological preparations on irrigated lands of the Lower Volga region are presented. Their influence on the development of the symbiotic apparatus of alfalfa, meadow clover, and eastern goatskin is shown. The total number of nodules in the rhizosphere of plants with the use of rhizotrophin, humanization, and agrarians increased in the first cut to 73.0-92.2 pieces, 57.0-58.0% of them had a pink color. The effect of the preparations on the productivity of grass crops providing 30-40 t/ha of green mass is determined, the positive influence on the content of the main nutrients in biomass, the protein and energy value of the feed is established. The amount of digestible protein varied from 140 to 150 g, fodder units 0.64-0.66, exchange energy 10.2-10.3 MJ, which characterizes the biomass of alfalfa, clover and goat, grown with the use of microbiological preparations, as a valuable high-protein, energetically saturated feed.

Ключевые слова: люцерна, клевер, козлятник, клубеньковые бактерии, микробиологические препараты, симбиоз, продуктивность, качество биомассы.

Key words: alfalfa, clover, goat, nodule bacteria, microbiological preparations, symbiosis, productivity, quality of biomass.

Введение. Многолетние бобовые травы независимо от почвенно-климатических условий зон, размеров и специализации хозяйств, типа и назначения севооборотов играют главную роль в получении высокобелковых, энергетически насыщенных кормов, сохраняют и преумножают плодородие почвы [2, 3, 6, 11].

Выявление способности бобовых растений в симбиозе с клубеньковыми бактериями фиксировать атмосферный азот было поистине великим открытием XIX века. Академик К.А. Тимирязев писал по этому поводу: «Едва ли в истории найдется много таких открытий, которые были бы таким благодеянием для человечества, как включение клевера и вообще бобовых растений в севооборот, так поразительно увеличивающих производительность труда земледельца».

Исследованиями, проведенными в различных регионах России, установлено, что люцерна, клевер, эспарцет, козлятник и др. способны фиксировать от 200 до 500 кг, оставлять с корневыми и пожнивными остатками от 100 до 250 кг биологического азота, который идет на пополнение запасов элементов питания для последующих культур севооборота [1, 4, 5, 10].

В связи с этим актуальным направлением исследований ученых и практиков является разработка и усовершенствование приемов повышения азотфиксирующей способности многолетних бобовых трав, обеспечивающих более полную реализацию потенциала их продуктивности и позитивное влияние на плодородие почвы.

Наиболее значимым приемом повышения эффективности симбиотической азотфиксации является внесение в почву препаратов, основой которых является чистая культура клубеньковых бактерий. В связи с этим целью исследований, проводимых в последние годы в ФГБНУ ВНИИОЗ, является испытание микробиологических препаратов, их влияние на симбиотический потенциал растений бобовых трав, продуктивность и качество корма.

Материалы и методы. Полевые мелкоделяночные опыты проводили на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ (ОПХ «Орошаемое»). Почвы светло-каштановые, содержание гумуса 1,52-1,70 %, подвижного фосфора – 21-26 мг, обменного калия – 220-290 мг/кг почвы. Плотность почвы в слое 0,7 м – 1,34 т/м³, наименьшая влагоемкость – 22,2 %, порозность – 48,4 %.

Закладывались двухфакторные опыты, где по фактору А – обработка семян микробиологическими препаратами – изучались варианты:

1. Посев семян без обработки (контроль).
2. Обработка семян специфичными штаммами ризоторфина Б.
3. Обработка семян гумаризом.
4. Обработка семян трав водным раствором агрики.
5. Обработка семян трав водным раствором агрики + азотобактерин.

Фактор В включал 3 вида многолетних бобовых трав:

1. Люцерна синегибридная Надежда.
2. Клевер луговой ВИК 84.
3. Козлятник восточный Магистр.

В опытах использовались препараты, разработанные во Всероссийском НИИ микробиологии и изготовленные на Кузнецкой биофабрике.

Предполивной порог влажности почвы 70-75 % НВ поддерживали вегетационными поливами дождевальной машиной Bauer Rainstar с консолью. За вегетацию проводили в среднем 5-7 поливов, оросительная норма 1500-2000 м³/га.

Наблюдения и исследования в опытах проводили по общепринятым методикам [7, 8].

Результаты и обсуждение. Главным показателем при определении эффективности микробиологических препаратов на посевах многолетних бобовых трав является развитие симбиотического аппарата. В наших опытах наивысшая симбиотическая активность трав в год посева отмечена в фазу полной бутонизации – начала цветения. Общее количество клубеньков в среднем по годам исследований в ризосфере люцерны изменялось от 30,0 до 47,0, клевера – 37,5-41,0, козлятника – 38,0-45,0 шт./раст.

Анализируя влияние препаратов на развитие симбиотического аппарата в фазу максимального развития трав, следует отметить интересную закономерность: на посевах люцерны без применения микробиологических препаратов насчитывалось в среднем 30,0 спонтанных клубеньковых бактерий, 30 % из которых имели розовый цвет. На делянках с посевами, не обработанными семенами клевера и козлятника, клубеньков не было, так как культуры эти ранее на опытном поле не возделывались.

Сравнительная оценка влияния микробиологических препаратов на развитие симбиотического аппарата свидетельствует об их высокой эффективности по всем культурам. Например, на контроле без обработки семян люцерны в фазе бутонизации-цветения, общее число клубеньков составило в среднем 30,0, а с обработкой препаратами – 39,0-47,0 шт. По клеверу и козлятнику получены даже более рельефные данные на контрольных вариантах клубеньков вообще не было, а при применении препаратов их число изменялось от 37,5-41,0 до 38,0-47,5 шт./растений.

Общеизвестно, что только розовые клубеньки с леггемоглобином способны фиксировать атмосферный азот. В наших опытах к фазе цветения люцерны число розовых клубеньков составило 40,4-50,0, клевера – 43,2-54,8 и козлятника – 46,7-51,3 % от общего их числа.

Как указывалось выше, все изучаемые препараты оказывали положительное влияние на рост и развитие симбиотического аппарата бобовых трав. При этом как на люцерне, так и на клевере и козлятнике прослежена тенденция к некоторому преимуществу препаратов ризоторфина Б, гумариза, агрики + азотобактерин. Растения на этих вариантах имели большее как общее число клубеньков на корнях, так и розовых. Например, обработка семян люцерны ризоторфином Б и гумаризом способствовала образованию 44,5-47,0 клубеньков, клевера – 41,0-42,0, козлятника 45,0-47,5 шт., около 50 % которых отличались розовой окраской.

Таблица 1 – Симбиотический аппарат многолетних бобовых трав второго года жизни по укосам, 2016-2017 гг.

Препарат	Первый укос		Второй укос		Третий укос		В среднем за 3 укоса	
	Число клубеньков, шт./раст.							
	всего	в т. ч. розовых	всего	в т. ч. розовых	всего	в т. ч. розовых	всего	в т. ч. розовых
Люцерна синегибридная								
Контроль (без обработки)	15,0	5,2	12,4	3,5	7,0	-	13,6	3,6
Ризоторфин Б	73,0	42,0	54,0	28,2	32,3	16,0	53,1	28,4
Гумариз	74,0	40,0	53,5	28,5	32,0	15,5	53,2	27,3
Агрика	74,2	39,8	51,2	25,8	30,0	13,5	50,4	26,4
Агрика + азото-бактерин	75,5	41,5	55,3	29,0	31,0	16,0	51,4	27,8
Клевер луговой								
Контроль (без обработки)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ризоторфин Б	69,5	39,4	52,0	27,3	30,8	14,8	50,8	25,8
Гумариз	72,0	42,0	52,0	25,0	29,0	15,0	50,8	27,3
Агрика	72,0	42,2	49,9	24,8	28,5	12,2	50,1	25,4
Агрика + азото-бактерин	78,0	40,0	52,0	26,2	30,6	15,0	49,2	25,0
Козлятник восточный								
Контроль (без обработки)	-	-	-	-	-	-	-	-
Ризоторфин Б	95,5	59,5	50,0	35,8	45,5	23,2	67,1	39,5
Гумариз	93,0	58,0	55,0	38,0	44,0	22,5	64,2	39,8
Агрика	90,0	55,2	55,6	38,0	42,0	21,0	62,5	35,5
Агрика + азото-бактерин	92,2	58,8	57,0	36,0	45,0	24,0	64,7	39,3

На посевах трав второго года жизни подсчет клубеньков проводили перед каждым из 3 укосов путем выкопки растений, отмывки корней под проточной водой и подсчетом зеленых и розовых клубеньков. При этом установлено, что максимальный симбиотический аппарат все изучаемые травы образовывали к фазе цветения в первом укосе. Мы связываем это с продолжительностью формирования первого укоса (65-67 дней), постепенным нарастанием тепла и достаточным количеством осадков. На корнях растений люцерны общее количество клубеньков составляло на вариантах с обработкой семян препаратами 73,0-75,5, клевера 69,5-78,0, козлятника – 90,0-95,5 (таблица 1).

К моменту второго укоса при повышенном гидротермическом режиме общее число клубеньков снизилось соответственно до 51,2-55,3, 49,9-52,6, 55,6-60,0. К третьему укосу количество клубеньков на корнях люцерны уменьшилось до 30,0-32,3, клевера – 28,5-30,0, козлятника – 42,0-45,5 шт.

При всех определениях симбиотического аппарата бобовых трав, как и в первый год жизни, только более рельефно, прослеживается положительное влияние обработки семян микробиологическими препаратами. Например, в первом укосе на корнях люцерны на контроле общее количество клубеньков составляло в среднем 15,0 шт./раст., а обработка семян ризоторфином Б, гумаризом, агрикой и смесью агрики с азотобактерином в 4,5-5,0 раз больше – 73,0-75,0. На контроле у растений клевера и козлятника практически не было клубеньков, а с обработкой препаратами – 69,5-78,0 и 90,0-95,5 шт./м². Аналогичная тенденция прослеживается нами и во втором, и третьем укосах.

Все подсчеты свидетельствуют о том, что лишь половина клубеньков из общего числа на посевах изучаемых трав имела розовую окраску, при этом в первом укосе это соотношение составляло 50,2-63,7, во втором – 49,7-61,4 и в третьем укосе – 42,8-53,3 % (таблица 2).

Таблица 2 – Соотношение розовых клубеньков к общему их числу на корнях многолетних трав второго года жизни, 2016-2017 гг.

Препарат	Процентное соотношение розовых клубеньков к общему их числу по укосам			
	первый	второй	третий	в среднем за 3 укоса
Люцерна синегибридная				
Контроль (без обработки)	35,2	28,2	-	11,7
Ризоторфин Б	52,2	52,2	49,5	53,4
Гумариз	53,0	51,0	47,0	50,3
Агрика	53,0	50,5	45,0	49,5
Агрика+азотобактерин	55,5	52,4	51,6	53,2
Клевер луговой				
Контроль (без обработки)	-	-	-	-
Ризоторфин Б	57,0	52,5	48,0	52,5
Гумариз	57,5	50,0	44,0	50,5
Агрика	58,0	49,7	42,8	50,2
Агрика+азотобактерин	52,5	50,4	49,0	50,6
Козлятник восточный				
Контроль (без обработки)	-	-	-	-
Ризоторфин Б	62,3	59,6	51,0	57,6
Гумариз	62,0	58,0	52,0	56,7
Агрика	61,3	55,6	50,0	55,6
Агрика+азотобактерин	63,7	61,4	53,3	59,4

Таким образом, можно сказать, что только половина всех образовавшихся клубеньков в ризосфере многолетних бобовых трав способна к фиксации атмосферного азота.

На посевах второго года жизни определилась выраженная тенденция к формированию большего соотношения общего и активного симбиотического потенциала козлятника восточного в сравнении с люцерной и клевером. Так, в первом укосе количество розовых клубеньков на его корнях составило 61,3-63,6, во втором – 55,6-61,4, в третьем укосе – 30,3-53,3 % против 52,5-58,0, 49,7-52,5 и 42,8-49,5 % по люцерне и клеверу (таблица 2).

В наших опытах травы в год посева формировали два, второго года жизни – три полноценных укоса. Урожайность трав первого года жизни располагалась по убывающему ранжиру: люцерна 14,8-27,5, клевер – 13,2-24,7 и козлятник – 10,0-23,5 т/га зеленой массы, 62-65 % которой формировалось в первом укосе.

Анализируя влияние биопрепаратов на продуктивность трав первого года жизни, мы отмечаем их высокую эффективность. Урожайность на вариантах с посевом не обработанными семенами люцерны составляла в среднем по 2 укосам 14,8, клевера – 13,2, козлятника – 10,0 т/га зеленой массы, а при обработке семян изучаемыми препаратами – 17,2-22,5, 15,2-22,7 и 14,5-21,2 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Биологическая урожайность многолетних бобовых трав первого года жизни, 2015-2016 гг.

Препараты (фактор А)	Люцерна			Клевер			Козлятник		
	(фактор В)								
	Зеленой массы, т/га по укосам								
	1	2	всего	1	2	всего	1	2	всего
Контроль	9,2	5,6	14,8	9,0	4,2	13,2	6,5	3,5	10,0
Ризоторфин Б	11,2	7,0	18,2	10,2	5,0	15,2	10,0	4,5	14,5
Гумариз	13,0	7,5	20,5	13,0	7,8	20,8	12,5	7,0	19,5
Агрика	14,0	7,5	21,5	13,0	8,0	21,0	14,0	7,2	21,2
Агрика + азотобактерин	14,5	8,0	22,5	14,5	8,2	22,7	14,0	6,5	20,5

НСР₀₅

А – 1,5

В – 2,2

Достоверные прибавки урожая получены в вариантах с обработкой семян гумаризом, агрикой, агрикой с азотобактерином.

На посевах трав второго года жизни отмечены 2 закономерности изменения урожайности трав:

1. Люцерна формировала большие урожаи, чем клевер и козлятник: на контроле 30,4 против 28,5, 27,0, на вариантах с применением препаратов, соответственно 37,0-41,5 против 35,0-39,0 и 35,3-39,4 т/га зеленой массы.

2. Изучаемые биопрепараты способствовали повышению продуктивности люцерны на 21,7-36,5, клевера – 12,2-13,7, козлятника – на 30,7-45,9 %.

Отмечена тенденция к повышению продуктивности изучаемых трав при применении гумариза, агрики и агрики с азотобактерином, но математически достоверные данные получены лишь в сравнении с контролем (без обработки) (таблица 4).

Анализируя полученные данные по химическому составу биомассы, мы проследили изменение содержания элементов питания изучаемых трав в зависимости от вида и применяемых препаратов.

Таблица 4 – Биологическая урожайность многолетних бобовых трав
второго года жизни, 2016-2017 гг.

Препарат (фактор А)	Зеленой массы, т/га по укосам			
	первый	второй	третий	всего
Люцерна синегибридная (фактор В)				
Контроль (без обработки)	15,0	10,4	6,0	30,4
Ризоторфин Б	17,5	11,5	8,0	37,0
Гумариз	17,8	12,0	8,0	32,8
Агрика	18,0	12,0	9,0	39,0
Агрика+азотобактерин	18,8	13,2	9,5	41,5
Клевер луговой				
Контроль (без обработки)	13,0	9,5	6,0	28,5
Ризоторфин Б	16,0	12,0	7,0	35,0
Гумариз	17,5	12,5	7,5	37,5
Агрика	17,5	12,5	8,0	38,0
Агрика+азотобактерин	18,0	12,0	9,0	39,0
Козлятник восточный				
Контроль (без обработки)	12,2	8,8	6,0	27,0
Ризоторфин Б	16,5	10,8	8,0	35,3
Гумариз	17,0	12,0	8,0	37,0
Агрика	18,0	12,0	8,0	38,0
Агрика+азотобактерин	18,2	12,2	9,0	39,4

НСР₀₅

А – 2,8

В – 3,7

Самым высоким содержанием азота 3,00-3,43 % и протеина 18,75-21,44 % отличались посевы козлятника восточного, самые низкие 2,32-2,92 и 14,50-18,25 % клевера. Люцерна по этим показателям занимала промежуточное положение – 2,58-3,02 и 16,12-18,88 % (таблица 5).

Растения с контрольных вариантов содержали 14,50-18,75 % протеина, а применение препаратов способствовало его увеличению. Так, например, обработка семян козлятника ризоторфином Б обеспечивала повышение содержания этого элемента на 1,25, агрикой – 1,56, а агрикой с азотобактерином – на 2,69 %. Аналогичные данные получены на посевах люцерны и клевера.

Содержание жира главного энергетического элемента питания на вариантах с биопрепаратами повышалось в сравнении с контролем, но по самим препаратам изменялось незначительно (2,45-3,00 и 2,64-3,45 %). Обработка препаратами способствовала снижению содержания клетчатки с 21,8-24,10 % до 21,05-22,00 %. Количество безазотистых экстрактивных веществ в биомассе люцерны изменялось от 37,92 до 40,30 %, клевера – 39,89-42,10, козлятника – 34,45-35,86 %.

Полученные данные химического анализа растений позволили рассчитать питательность биомассы трав. При этом оказалось, что применение препаратов способствовало повышению содержания переваримого протеина со 107-138 до 140-152 г, кормовых единиц – с 0,61-0,63 до 0,64-0,66, обменной энергии – 9,6-9,8 до 10,2-10,3 МДж, что характеризует полученную массу как высокобелковый, энергонасыщенный корм.

Таблица 5 – Влияние микробиологических бактериальных препаратов на химический состав растений бобовых трав второго года жизни (фаза цветения)

Препараты	Содержание в сухой биомассе, %								
	N	P	K	Гигровлага	Жир	Зола	Клетчатка	БЭВ	Протеин
Люцерна синегибридная									
Контроль (без обработки)	2,58	0,58	2,30	8,30	2,45	10,25	22,02	40,30	16,12
Ризоторфин Б	2,83	0,60	2,50	8,54	2,64	10,52	21,50	37,92	17,68
Гумариз	3,02	0,61	2,53	9,05	2,70	10,33	21,12	38,25	18,87
Агрика	3,02	0,60	2,60	9,00	2,65	10,30	21,00	38,17	18,88
Агрика + азотобактерин	3,02	0,61	2,50	9,00	2,67	10,30	21,10	38,05	18,88
Клевер луговой									
Контроль (без обработки)	2,32	0,52	2,00	9,00	2,70	9,90	21,80	42,10	14,50
Ризоторфин Б	2,65	0,55	2,10	9,10	2,85	10,02	20,50	40,97	16,56
Гумариз	2,90	0,62	2,30	9,08	2,93	10,02	19,80	40,00	18,12
Агрика	2,90	0,60	2,30	8,90	2,90	10,14	20,05	39,89	18,12
Агрика + азотобактерин	2,92	0,60	2,30	8,90	2,90	10,14	19,58	40,23	18,25
Козлятник восточный									
Контроль (без обработки)	3,00	0,55	2,20	9,15	3,00	10,05	24,10	34,45	18,75
Ризоторфин Б	3,20	0,60	2,30	9,24	3,35	10,20	22,00	35,21	20,00
Гумариз	3,40	0,63	2,35	9,02	3,40	10,20	21,00	35,70	21,25
Агрика	3,25	0,62	2,25	9,05	3,40	10,33	21,05	35,86	20,31
Агрика + азотобактерин	3,43	0,62	2,30	8,90	3,45	10,00	20,50	35,71	21,44

Закключение. Обработка семян бобовых трав микробиологическими препаратами в условиях орошения в Нижнем Поволжье является эффективным приемом повышения симбиотической активности и продуктивности как традиционной культуры люцерны, так и новых для региона клевера лугового и козлятника восточного. Общее число клубеньков в ризосфере растений при применении ризоторфина, гумариза, агрики возрастало в первом укосе до 73,0-92,2 шт., 57,0-58,0 % из которых имели розовую окраску.

Применение изучаемых микробиологических препаратов обеспечило получение в сумме за 3 укоса от 35,3 до 41,5 т/га зеленой массы против 27,0-30,4 на контроле, математически достоверные прибавки урожая получены в вариантах с гумаризом и агрикой.

Микробиологические препараты оказали положительное влияние на содержание питательных веществ в биомассе бобовых трав. Количество переваримого протеина изменялось от 140 до 150 г, кормовых единиц – 0,64-0,66, обменной энергии – 10,2-10,3 МДж, что характеризует биомассу люцерны, клевера и козлятника, выращенную при применении микробиологических препаратов, как ценный высокобелковый, энергетически насыщенный корм.

Библиографический список

1. Веденяпина, Н.С. Экология клубеньковых бактерий и эффективность нитрагина [Текст]/ Н.С. Веденяпина, Н.А. Бредихина // Труды Волгоградского СХИ. – Волгоград, 1974. – Т. 54. – С. 146-152.
2. Дронова, Т.Н. Кормовая и средообразующая роль многолетних бобовых трав в орошаемом земледелии Нижнего Поволжья [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – №6. – С. 36-39.

3. Дронова, Т.Н. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почвы [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2. – С. 63-72.
4. Замана, С.П. О применении бактериального препарата в опыте с клеверотимофеечной травосмесью [Текст]/ С.П. Замана, А.В. Соколов // Кормопроизводство. – 2013. – № 9. – С. 16-17.
5. Лазарев, И.Н. Влияние инокуляции и калийных удобрений на урожайность люцерно- и клеверозлаковых травосмесей [Текст]/ И.Н. Лазарев // Плодородие. – 2017. – №2. – С. 15-17.
6. Максименко, В.П. Галега восточная – реальность и перспектива [Текст]/ В.П. Максименко, А.Н. Бондаренко – М., 2005. – С. 40-45.
7. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст]. – Волгоград: ВНИИОЗ, 1989. – 56 с.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [Текст]. – М.: ВИК, 1997. – 156 с.
9. Орлова, А.Г. Продуктивность люцерны изменчивой в зависимости от применения микробных препаратов в условиях Ленинградской области [Текст]/А.Г. Орлова, О.Г. Рапина // Кормопроизводство. – 2017. – №8. – С. 33-36.
10. Посыпанов, Г.С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий [Текст] / Г.С. Посыпанов // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Изд-во «Наука», 1985. – С. 75-84.
11. Тимошкин, О.А. Урожайность многолетних бобовых трав при применении микроудобрений и биорегуляторов [Текст]/ О.А. Тимошкин, О.Ю. Тимошкина // Кормопроизводство. – 2013. – № 8. – С. 18-20.

Reference

1. Vedenyapina, N. S. Jekologiya kluben'kovyh bakterij i jeffektivnost' nitragina [Tekst]/ N. S. Vedenyapina, N. A. Bredihina // Trudy Volgogradskogo SXI. – Volgograd, 1974. – T. 54. – S. 146-152.
2. Dronova, T. N. Kormovaya i sredobrazuyuschaya rol' mnogoletnih bobovyh trav v oroshaemom zemledelii Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ T. N. Dronova, N. I. Burceva, E. I. Molokanceva // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2016. – №6. – S. 36-39.
3. Dronova, T. N. K voprosu o roli mnogoletnih trav v sohranении plodorodiy pochy [Tekst]/ T. N. Dronova, N. I. Burceva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2. – S. 63-72.
4. Zamana, S. P. O primenenii bakterial'nogo preparata v opyte s kleverotimofeechnoj travosmes'yu [Tekst]/ S. P. Zamana, A. V. Sokolov // Kormoproizvodstvo. – 2013. – № 9. – S. 16-17.
5. Lazarev, I. N. Vliyanie inokulyacii i kalijnyh udobrenij na urozhajnost' lyucerno- i klevero-zlakovyh travosmesej [Tekst]/ I. N. Lazarev // Plodorodie. – 2017. – №2. – S. 15-17.
6. Maksimenko, V. P. Galega vostochnaya - real'nost' i perspektiva [Tekst]/ V. P. Maksimenko, A. N. Bondarenko. - M., 2005. - S. 40-45.
7. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Tekst]. – Volgograd: VNIIOZ, 1989. – 56 s.
8. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami [Tekst]. – M.: VIK, 1997. – 156 s.
9. Orlova, A. G. Produktivnost' lyucerny izmenchivoj v zavisimosti ot primeneniya mikrobnih preparatov v usloviyah Leningradskoj oblasti [Tekst] /A.G. Orlova, O.G. Rapina /Kormoproizvodstvo. – 2017. – №8. – S. 33-36.
10. Posypanov, G.S. Azotfiksaciya bobovyh kul'tur v zavisimosti ot pochvenno-klimaticheskikh uslovij [Tekst] / G. S. Posypanov // Mineral'nyj i biologicheskij azot v zemledelii SSSR. – M.: Izd-vo «Nauka», 1985. – S. 75-84.
11. Timoshkin, O. A. Urozhajnost' mnogoletnih bobovyh trav pri primenenii mikroudobrenij i bioregulyatorov [Tekst]/ O. A. Timoshkin, O. Yu. Timoshkina // Kormoproizvodstvo. – 2013. – № 8. – S. 18-20.

УДК 633.8

**РЕАКЦИЯ РЫЖИКА ОЗИМОГО НА ПРИМЕНЕНИЕ
РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА
В ПОДЗОНЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ**

**WINTER RYE (RYZHNIK) REACTION ON GROWTH REGULATORS
APPLICATION AT VARIOUS TIME SOWS IN THE SUBZONE
OF LIGHT CHESTNUT SOILS**

Г.А. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.Г. Екатериничева, кандидат экономических наук, доцент

А.А. Рязанов, аспирант

G.A. Medvedev, N.G. Ekaternicheva, A.A. Ryazanov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Рыжик озимый – культура сравнительно новая для Волгоградской области, и поиск путей повышения её урожайности за счет оптимизации срока посева и регуляторов роста растений – задача вполне актуальная. В работе показано положительное влияние регуляторов роста Циркон и Эпин на урожайность озимого рыжика сорта Пензяк на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Доказано, что оптимальные условия для перезимовки растений рыжика озимого складываются при посеве во второй декаде сентября. При этом повышается не только полевая всхожесть семян, но и сохранность растений к уборке. Из регуляторов роста наиболее эффективным оказался Эпин. При оптимальном сочетании факторов (посев 17-20 сентября + обработка семян эпином) получена максимальная урожайность 2,26 т/га, что на 26,3 % выше, чем на контроле. Рентабельность производства на этом варианте составила 217,3 %.

Winter rye crop (ryzhik) is relatively new for the Volgograd region and the search for ways to increase its yield by optimizing the sowing period and regulators of plant growth is quite a topical task. The positive influence of Zirkon and Epin growth regulators on the productivity of the winter-wheatle Penzyak variety on light chestnut soils of the Volgograd Region is shown in the paper. It is proved that the optimal conditions for wintering of winter wheat plants are formed during sowing in the second decade of September. In this case, not only does the field germination of seeds increase, but also the preservation of plants for harvesting. Of the regulators of growth, the most effective was Epin. With the optimal combination of factors (seeding on September 17-20 + seed treatment with epinoma), the maximum yield was 2.26 t / ha, which is 26.3 % higher than in the control. The profitability of production on this option was 217.3 %.

Ключевые слова: озимый рыжик, сроки посева, урожайность, регуляторы роста, полевая всхожесть, сохранность растений, экономическая эффективность.

Key words: winter rosy, sowing time, yield, growth regulators, field germination, plant conservation, economic efficiency.

Введение. В условиях рыночной экономики большое влияние уделяется тем культурам, которые пользуются повышенным спросом на рынке. В последние годы в нашей области резко возрос интерес к рыжику озимому, поскольку он имеет постоянный спрос на рынке как масличная культура и хороший предшественник в севообороте [2]. Это тем более важно, что набор полевых культур у нас в области чрезвычайно узок. Сложившаяся структура пашни в Волгоградской области приводит к целому ряду проблем в аграрном комплексе, решать которые надо через расширение набора культур и особенно озимых. В звене озимых культур у нас возделываются только озимая пшеница и озимая рожь [2, 3]. К тому же неоправданное расширение посевов подсолнечника приводит к деградации и ухудшению агрофизических свойств почв, одностороннему

выносу элементов минерального питания и засоренности полей семенами заразики и такими патогенами, как альтернариоз, фомоз, фомопсис, серая гниль и другие [1, 4, 5]. В сложившейся ситуации озимый рыжик может оказаться реальной альтернативой подсолнечнику в северных районах и горчице сизой в южных районах области, частично замещая их в севообороте [9, 7]. Поскольку рыжик озимый – культура в области сравнительно новая, то было необходимо изучить сроки посева рыжика озимого и регуляторы роста в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2014-2017 гг. в условиях УНПЦ «Горная поляна». Схема опыта включала следующие варианты: Фактор (А) сроки посева: 1. Первый срок – 3-5 сентября. 2. Второй срок – 10-12 сентября. 3. Третий срок – 17-20 сентября. 4. Четвертый срок – 24-27 сентября. Фактор (В) применение регуляторов роста включал следующие варианты: 1. Контроль (без обработки регуляторами роста). 2. Циркон – 1мл/т. 3. Эпин – 20 мл/т семян. Расход рабочей жидкости – 10 л/т. Посев проводили по черному пару с нормой высева 6 млн всхожих семян на га. Учетная площадь делянки 100 м², повторность трехкратная.

Результаты и обсуждение. Полный цикл развития рыжика озимого – от начала всходов до созревания, включая и период зимнего покоя, – составляет 290–315 дней [3, 9, 10]. В течение зимы растения озимого рыжика могут быть ослаблены сильными морозами, резкими сменами оттепелей и холодов и другими неблагоприятными условиями перезимовки, поэтому было важно посмотреть, как влияют изучаемые факторы на полевую всхожесть, перезимовку и сохранность растений к уборке (таблица 1). Данные таблицы 1 показывают, что полевая всхожесть рыжика озимого по срокам посева была неодинаковой и колебалась на контроле от 62,0 % на первом сроке посева до 68,2 % на третьем сроке. Второй и четвертый сроки занимали промежуточное положение по этому показателю. Влияние биостимуляторов на полевую всхожесть оказалось более существенным. Циркон повышал полевую всхожесть от 5,0 до 8,2 %, а Эпин от 7,3 до 8,2 %. Самую высокую полевую всхожесть 75,5 % имел рыжик озимый на третьем сроке посева и обработке семян препаратом Эпин.

Таблица 1 – Влияние срока посева и регуляторов роста на полноту всходов и выживаемость рыжика озимого (среднее за 2015-2017 гг.)

Срок посева	Всходы, шт./м ²	Полевая всхожесть, %	Число растений весной, шт./м ²	Перезимовка, %	Число растений к уборке, шт./м ²	Общая выживаемость, %
Контроль (без обработки)						
1	372	62,0	246	66,1	211	56,7
2	391	65,2	268	68,4	236	60,3
3	409	68,2	283	69,2	244	59,5
4	396	66,0	271	68,8	237	59,6
Циркон						
1	421	70,2	288	68,4	250	59,5
2	429	71,5	308	71,9	265	61,8
3	439	73,2	317	72,2	277	63,1
4	432	72,0	307	71,1	268	62,1
Эпин						
1	421	70,2	286	68,1	249	59,3
2	422	70,3	325	77,0	290	68,7
3	453	75,5	340	75,1	304	67,1
4	419	69,8	311	74,2	276	65,9

Что касается сохранности растений в период зимовки, то она по вариантам опыта была неодинаковой. За годы проведенных исследований зимостойкость рыжика озимого варьировалась от 66,1 % до 77 %. Наименьший процент сохранности растений был отмечен в первом сроке посева, по всем вариантам. Это обуславливается тем, что растения первого срока посева уходят в зиму переросшими и чаще страдают от низких температур. Остальные сроки посева по перезимовке отличались незначительно. Выявлено положительное влияние биостимуляторов на зимостойкость. Регуляторы роста заметно повышали зимостойкость рыжика озимого. Лучшие условия для перезимовки складываются при втором и третьем сроках посева. Так, разница между контролем и вариантом с использованием препарата Эпин по 2 сроку сева составила 8,6 %. Циркон повышал сохранность растений на 2-3 %. Что касается сохранности растений к уборке, то больше всего сохранилось растений на втором сроке посева с применением препарата Эпин – 68,7 % при 60,3 % на контроле при том же сроке посева. По числу сохранившихся растений к уборке некоторое преимущество в среднем за годы наблюдений имел третий срок посева. Все это, естественно, сказалось на структуре плодоносящих растений (таблица 2). Данные таблицы 2 показывают, что по всем элементам структуры урожая преимущество было на стороне третьего срока посева. Второй срок посева проигрывал ему незначительно, а первый и четвертый сроки уступали существенно. Влияние регуляторов роста проявилось положительно на всех сроках посева. Наибольшие показатели основных элементов структуры урожая формировались на варианте с препаратом Эпин. Масса семян с 1 растения была максимальной в варианте с препаратом Эпин на третьем сроке посева (1,03 г). На положительную роль регуляторов роста на урожайность рыжика озимого указывают и другие исследователи [6, 8].

Таблица 2 – Влияние изучаемых факторов на элементы структуры урожая рыжика озимого в среднем за 2015-2017 гг.

Кол-во продуктивных растений перед уборкой, шт./м ²		Количество на растении, шт.		Масса семян с растения,г.	Число семян в стручочке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность т/га
		кистей	стручочков				
Контроль							
1срок	178	11	107	0,92	10	0,80	1,64
2срок	197	12	104	0,94	11	0,89	1,85
3срок	186	12	110	1,01	11	0,93	1,88
4срок	182	11	102	0,96	11	0,85	1,75
Циркон							
1срок	187	11	102	1,01	11	0,89	1,85
2срок	203	12	105	1,02	12	0,91	2,07
3срок	211	12	121	1,03	12	1,01	2,17
4срок	203	12	117	1,01	11	0,97	2,05
Эпин							
1срок	190	12	106	1,01	11	0,90	1,92
2срок	221	12	115	1,02	12	1,00	2,25
3срок	234	12	129	1,02	13	1,01	2.39
4срок	209	12	122	1,02	12	0,94	2,13

На этом же варианте была получена наибольшая биологическая урожайность – 2,39 т/га. Второй срок посева по всем элементам структуры урожая уступал третьему сроку незначительно. Самые низкие показатели биологической урожайности были получены на контрольном варианте при первом сроке посева – 1,64 т/га. Показатели

структуры урожая сказались и на хозяйственной урожайности рыжика озимого (таблица 3). Анализируя данные урожайности рыжика озимого по годам исследования, можно отметить, что в засушливых условиях 2015 года получен наименьший урожай по всем вариантам опыта. Наиболее отчетливо видна разница с 2017 годом, когда условия выращивания были наиболее оптимальными за годы исследований. Что касается 2016 года, то по увлажнению он почти не уступал 2017, но осадки выпадали неравномерно, что и сказалось на урожайности. Во все годы наблюдений наиболее высокая урожайность рыжика озимого формировалась на третьем сроке посева. Второй срок посева уступал ему незначительно.

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на урожайность рыжика озимого

Срок посева	Урожайность по годам, т/га			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя
Контроль				
1 срок	1,37	1,60	1,74	1,57
2 срок	1,61	1,78	1,89	1,76
3 срок	1,68	1,82	1,87	1,79
4 срок	1,65	1,69	1,70	1,68
Циркон				
1 срок	1,66	1,79	1,89	1,78
2 срок	1,78	1,94	1,98	1,90
3 срок	1,89	2,03	2,11	2,01
4 срок	1,90	1,97	1,95	1,94
Эпин				
1 срок	1,67	1,85	1,91	1,81
2 срок	1,87	2,12	2,28	2,09
3 срок	1,91	2,31	2,56	2,26
4 срок	1,85	1,97	1,94	1,92
НСП ₀₅ А	0,09	0,11	0,13	
НСП ₀₅ В	0,12	0,10	0,12	
НСП ₀₅ АВ	0,11	0,13	0,13	

Из регуляторов роста наиболее продуктивным оказался Эпин. В пределах одного срока посева контрольный вариант проигрывал варианту с Эпином – 16,7 %, а варианту с Цирконом – 12,3 %. В среднем за три года наибольшей урожайности удалось достичь на третьем сроке посева с обработкой семян препаратом Эпин – 2,26 т/га, что на 0,49 т/га или на 26,3 % больше, чем на контроле при том же сроке посева. Целесообразность применения регуляторов роста подтвердили и экономические расчеты (таблица 4). Анализируя данные таблицы 4 можно отметить, что с ростом урожайности озимого рыжика возрастает и стоимость валовой продукции. Но поскольку затраты средств на проведение предпосевной обработки семян и контроля были различными, то и остальные экономические показатели по вариантам опыта отличались. Так, по стоимости валовой продукции разница к контролю по вариантам была от 7,3 % Циркон – до 14,35 % Эпин. Наименьшая расчётная прибыль с 1 га была получена на контрольном варианте при первом сроке посева и составила 13165 руб., что на 31,3 % меньше, чем при обработке препаратом Эпин и на 18,3 % меньше, чем при использовании препарата Циркон.

Что касается уровня рентабельности, то наиболее высокой она оказалась на варианте с эпином (217,3 %) при третьем сроке посева. На контроле уровень рентабельности колебался от 126,8 до 158,5 %.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания озимого рыжика в зависимости от сроков посева и применения регуляторов роста в среднем за 2015-2017 гг.

Препарат	Срок посева	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные издержки, руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Расчетная прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
Контроль	1 срок	1,57	23550	10385	6103	13165	126,8
	2 срок	1,76	26400	10385	5470	16015	154,2
	3 срок	1,79	26850	10385	5391	16465	158,5
	4 срок	1,68	25200	10385	5725	14815	142,6
Циркон	1 срок	1,78	26700	10586	5537	16114	152,2
	2 срок	1,90	28500	10586	5196	17914	169,6
	3 срок	2,01	30150	10586	4894	19564	184,8
	4 срок	1,94	29100	10586	5091	18514	174,9
Эпин	1 срок	1,81	27150	10685	5529	16465	154,1
	2 срок	2,09	31350	10685	5023	20665	189,4
	3 срок	2,26	33900	10685	4773	23215	217,3
	4 срок	1,92	28800	10685	5193	18115	169,5

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующее заключение: на светло-каштановых почвах Волгоградской области рыжик озимый необходимо высевать с 10 по 20 сентября с обязательной предпосевной обработкой семян препаратом Эпин – 20 мл/т. Сочетание этих факторов позволяет повысить рентабельность производства озимого рыжика до 217 %.

Библиографический список:

1. Беляк, В.Б. Методические рекомендации по возделыванию и семеноводству рыжика [Текст] / В.Б. Беляк. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 40 с.
2. Беляк, В.Б. Интродукция озимого рыжика [Текст] / В.Б. Беляк, Т.Я. Прахова // Новые методы селекции озимых колосовых культур: сб. трудов. – Уфа, 2001. – С. 158-163.
3. Буянкин, В.И. Маслосемена рыжика разных сортов как источник незаменимых жирных кислот в нашем питании [Текст] / В.И. Буянкин, В.М. Федорова // Научно-агрономический журнал. – 2013. – № 2. – С. 17-20.
4. Буянкин, В.И. Посеешь рыжик, пожнешь выгоду [Текст] / В.И. Буянкин // Поле деятельности. – 2013. – № 5. – С. 50-53.
5. Буянкин, В.И. Особенности выращивания рыжика и значение его в севооборотах Южного и Поволжского федеральных округов страны [Текст] / В.И. Буянкин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса в современных условиях: материалы Международной научно-практической конференции и заседания Совета по ведению земледелия в засушливых условиях 9-10 июня 2014 г. – Волгоград, 2014. – С. 15-22.
6. Буянкин, В.И. История освоения, технология, экономическая эффективность масличной культуры рыжик [Текст] / В.И. Буянкин, Г.И. Нестеренко. – Уральск: ЗКФ АО «НЦН-ТИ», 2014. – 88 с.
7. Воскресенская, Г.С. Рыжик [Текст] / Г.С. Воскресенская. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 47 с.
8. Кшникаткина, А.Н. Как регуляторы роста растений влияют на семена рыжика [Текст] / А.Н. Кшникаткина, Т.Я. Прахова, А.Е. Сафронкин // Фермер. Поволжье. – 2016. – № 8(50). – С. 15-18.
9. Рекомендации по возделыванию перспективной масличной культуры рыжика посевного [Текст] / В.В. Зубков, О.В. Терентьев, В.И. Буянкин. – Самара: Самара-АРИС, 2014. – 16 с.
10. Чекмарев, П.А. Интродукция нетрадиционных масличных культур [Текст] / П.А. Чекмарев, А.А. Смирнов, Т.Я. Прахова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – №7. – С. 3-5.

Reference

1. Belyak, V.B. Metodicheskie rekomendacii po vozdeystviyu i semenovodstvu ryzhika [Tekst] / V. B. Belyak. – M.: Rossel'hozcademiya, 2004. – 40 s.
2. Belyak, V. B. Introdukciya ozimogo ryzhika [Tekst] / V. B. Belyak, T. Ya. Prahova // Novye metody selekcii ozimyh kolosovyh kul'tur: sb. trudov. – Ufa, 2001. – S. 158-163.
3. Buyankin, V. I. Maslosemena ryzhika raznyh sortov kak istochnik nezamenimyh zhirnyh kislot v nashem pitanii [Tekst] / V. I. Buyankin, V. M. Fedorova // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. – 2013. – № 2. – S. 17-20.
4. Buyankin, V. I. Poseesh' ryzhik, pozhnesh' vygodu [Tekst] / V. I. Buyankin // Pole deyatelnosti. – 2013. – № 5. – S. 50-53.
5. Buyankin, V. I. Osobennosti vyrashchivaniya ryzhika i znachenie ego v sevooborotah Yuzhnogo i Povolzhskogo federal'nyh okrugov strany [Tekst] / V. I. Buyankin // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa v sovremennyh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii i zasedaniya Soveta po vedeniyu zemledeliya v zasushlivykh usloviyah 9-10 iyunya 2014 g. – Volgograd, 2014. – S. 15-22.
6. Buyankin, V. I. Istoriya osvoeniya, tehnologiya, jkonomicheskaya jffektivnost' maslichnoj kul'tury ryzhik [Tekst] / V. I. Buyankin, G. I. Nesterenko. – Ural'sk: ZKF AO "NCNTI", 2014. – 88 s.
7. Voskresenskaya, G. S. Ryzhik [Tekst] / G. S. Voskresenskaya. – M.: Sel'hozgiz, 1952. – 47 s.
8. Kshnikatkina, A. N. Kak regulatory rosta rastenij vliyayut na semena ryzhika [Tekst] / A. N. Kshnikatkina, T. Ya. Prahova, A. E. Safronkin // Fermer. Povolzh'e. – 2016. – № 8(50). – S. 15-18.
9. Rekomendacii po vozdeystviyu perspektivnoj maslichnoj kul'tury ryzhika posevnogo [Tekst] / V. V. Zubkov, O. V. Terent'ev, V. I. Buyankin. – Samara: Samara-ARIS, 2014. – 16 s.
10. Chekmarev, P. A. Introdukciya netradicionnyh maslichnyh kul'tur [Tekst] / P. A. Chekmarev, A. A. Smirnov, T. Ya. Prahova // Dostizheniya nauki i tehniki APK. – 2013. – № 7. – S. 3-5.

E-mail: agro@volgau.com

УДК 631.432.3

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВЕРТИКАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ВЛАГИ В ЗОНЕ АЭРАЦИИ
NUMERICAL SIMULATION OF VERTICAL MOISTURE MOVEMENT
IN UNSATURATED ZONE**

**А.Н. Салугин, доктор сельскохозяйственных наук
А.К. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук
М.В. Власенко, кандидат сельскохозяйственных наук**

A. N. Salugin, A.K. Kulik, M.V. Vlasenko

*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*

Численное решение модифицированного уравнения Дарси реализовано в среде имитационного моделирования Anylogic с использованием библиотеки системной динамики. В квазистационарном приближении рассмотрен перенос влаги в верхних слоях почвы после полива. Процесс вертикального движения воды в ненасыщенной почвенной толще представлен в виде уравнения Дарси, адаптированного к пористой среде. Капиллярный потенциал в приближении квазистационарности влагопереноса связан с влажностью линейной функции, что позволяет перейти к дифференциальному уравнению параболического типа (уравнение диффузии или теплопроводности). Это обстоятельство позволило применить традиционные методы для описания вертикального движения влаги после дождя. Решение дифференциального уравне-

ния осуществлялось по явной схеме метода конечных разностей в имитационной модели системной динамики. Сеточная аппроксимация представлялась в виде разбиения зоны аэрации на почвенные слои, совпадающие с шагом сетки по вертикальной координате. Дискретизация по времени задавалась алгоритмом системной динамики Anylogic. Дальнейшее развитие метода предусматривает нестационарное моделирование, когда коэффициент влагопроводности зависит от влажности или почвенного потенциала.

The numerical solution of the modified Darcy equation is realized in the Anylogic simulation environment using the system dynamics library. In the quasi-steady-state approximation, the transfer of moisture in the upper layers of the soil after irrigation is considered. The process of vertical movement of water in an unsaturated soil stratum is represented as the Darcy equation, adapted to a porous medium. The capillary potential in the approximation of the quasistationary nature of moisture transfer is related to moisture by a linear function, which allows us to proceed to a differential equation of the parabolic type (the diffusion equation or the heat conduction equation). This circumstance allowed the use of traditional methods for describing the vertical movement of moisture after sprinkling. The solution of the differential equation was carried out according to the explicit scheme of the method of finite differences in the simulation model of system dynamics. The grid approximation was represented in the form of a division of the aeration zone into soil layers, which coincide with the grid spacing along the vertical coordinate. The time sampling was specified by the Anylogic system dynamics algorithm. Further development of the method involves non-stationary modeling, when the coefficient of moisture conductivity depends on humidity or soil potential.

Ключевые слова: влажность, влагопроводность, зона аэрации, численные методы, системная динамика, матричное давление.

Key words: humidity, moisture conductivity, aeration zone, numerical methods, system dynamics, matrix pressure.

Введение. Перемещение воды в ненасыщенной почве отражается на эффективности ирригации и имеет практическое значение для всех регионов России. Теоретически процессы влагопереноса в пористых средах изучены достаточно полно и математически описываются дифференциальными уравнениями в частных производных параболического типа [4, 5, 12, 9]. Особенно важны они при прогнозировании влагообеспечения зоны аэрации, уровня грунтовых вод, оценки норм полива и т.д. Следует отметить, что полученные к настоящему времени результаты в этой области малодоступны для рядового фермера, как и программное сопровождение этой проблемы в виде готовых интегрированных пакетов [2]. Это регламентируется не столько стоимостью программного продукта, сколько трудозатратами на освоение теоретических положений и алгоритма самой программы.

В связи с этим в данной статье мы предлагаем доступный и вместе с тем адекватный подход к решению задач вертикального водотока в зоне аэрации почв с легким гранулометрическим составом. Заметим, что большинство задач гидрологии в агроэкологии связано с параметрами объектов, которые изменяются во временных и пространственных координатах. В таких случаях создаются модели с распределенными параметрами, значения которых изменяются в пространстве решений. Они строятся, как правило, с использованием систем дифференциальных уравнений в частных производных [12].

Материалы и методы. В работе используется метод математического моделирования как метод исследования процессов влагопереноса. В качестве исходной использовалась упрощенная модель в виде уравнения диффузии. При численном решении дифференциальных уравнений методом сеток для пространственных (z_i) и временных (t_i) переменных задаются значения шагов их изменения. Затем строится конечно-разностная схема, связывающая коэффициенты и искомые влажности системой алгеб-

раических уравнений. Далее задача сводится к решению полученной этой системы, которое определяют значения влажностей в точках сетки. Каждому временному уровню t_i соответствует свое значение $w(z, t_i)$ для z -координаты в пространстве уравнений (горизонтов) зоны аэрации.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим пример передвижения влаги в зоне аэрации с разными значениями влажностей на границах (рисунок 1). Требуется построить модель распределения влаги для внутренних точек разреза (профиля).

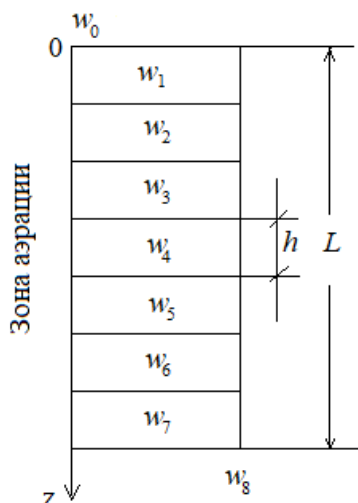


Рисунок 1 – Зона аэрации, разделенная на слои для численного расчета передвижения влаги: h – шаг интегрирования по координате z , w_0 и w_8 – начальные значения влажности на границах решения

В теории передвижения влаги в ненасыщенной зоне [1, 3, 7, 8] (в нашем случае – зоне аэрации) используется модифицированный закон Дарси в виде (1):

$$q(w) = -K(w) \left(\frac{dP}{dz} + 1 \right), \quad (1)$$

где $q(w)$ – количество воды, прошедшей через единичную площадку за одни сутки (мм/сут.); $K(w)$ – коэффициент влагопроводности (мм/сут.); P – капиллярный почвенный потенциал (м); z – координата уровня с осью, поправленной вниз с началом на дневной поверхности (м).

Для скорости расхода влаги, передвигающейся по вертикали на основе классической термодинамики необратимых процессов, можно записать [6]:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = K(w) \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} - \frac{\partial K(w)}{\partial z}, \quad (2)$$

где $K(w)$ – коэффициент влагопроводности почвы в зоне аэрации.

Уравнение (2) получено с учетом принципа неразрывности потока для стационарного режима передвижения влаги. Зависимость влагопроводности от влажности $K(w)$ различна для разных типов почв и зависит в основном от гранулометрического состава [13, 15, 16]. Для небольших временных интервалов уравнение (2) можно переписать в виде:

$$\frac{\partial(\Delta w)}{\partial t} = B \frac{\partial^2(\Delta w)}{\partial z^2} + \partial \frac{d(\Delta K(w))}{\partial z}, \quad (3)$$

где $\Delta w = w - w_e$; $\Delta K(w) = K(w) - K(w_e)$ (здесь w , $K(w)$ – влажность и коэффициент влагопроводности в момент времени t , а w_e и $K(w_e)$ – их значения в начальный момент $t=0$; $B=2K(w)$) [6].

Таким образом, в случае правомерности подобного допущения можно перейти к уравнению теплопроводности (диффузии), решая его методом конечных разностей. Для стационарного случая, при постоянном коэффициенте влагопроводности ($K(w)=const$), из уравнения (2) получим:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = K_0 \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}, \quad (4)$$

где K_0 – коэффициент влагопроводности почвы, усредненный по всей зоне аэрации; t – время.

Данное уравнение является дифференциальным уравнением в частных производных параболического типа и описывает распределение влажности во времени и пространстве в виде функции двух переменных: времени и координаты – $w(z, t)$. Фактически это и есть уравнение, решение которого определяет динамику движения влаги в зоне аэрации в приближении стационарности инфильтрации. Для построения разностной схемы наложим сетку на область изменения независимых переменных в виде заданного шаблона. Множество узлов сетки будет использовано для аппроксимации частных производных.

Чтобы представить уравнение (4) в некоторой точке (z_i, t_n) , введем шаблон, изображенный на рисунке 2 и состоящий из четырех узлов $(z_{i\pm 1}, t_n)$, (z_i, t_n) , (z_i, t_{n+1}) , (z_{i-1}, t_n) , среди которых временной слой t_n связан с t_{n+1} –м слоем дугой, ведущей к узлу (z_i, t_{n+1}) . Производную $\partial w / \partial t$ заменим в точке разностным отношением:

$$\frac{\partial w_i}{\partial t} \rightarrow \frac{w_i^{n+1} - w_i^n}{\tau},$$

а производную $\partial^2 w / \partial z^2$ – второй разностной производной

$$\frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \rightarrow \frac{w_{i+1}^n - w_i^n + w_{i-1}^n}{h^2}$$

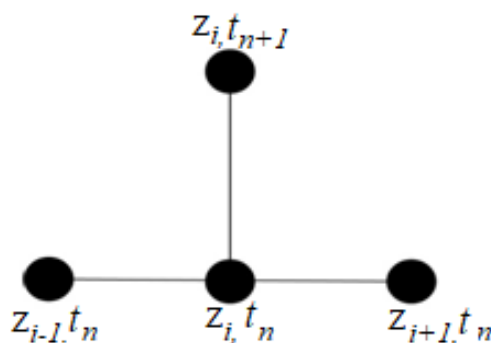


Рисунок 2 – Разностная схема для модели системной динамики (явная схема) [4]:

z_i – координата i -го слоя профиля, t_n – n -й временной уровень наблюдения

Дополнительные (начальные и граничные) условия зададим на крайних узлах сетки. Пусть вначале (перед поливом) влажность по всей зоне аэрации была неизменной, то есть: $w(z, t=0)$ и равнялась МГ (максимальная гигроскопическая влажность). Таким образом, мы определили для нашей проблемы начальные условия (НУ). Граничные условия (ГН) зададим в виде: $w(z_0, t) = w_0$; $w(z_k, t) = w_k$. Это означает, что величина на поверхности зоны аэрации $z=z_0$ и на глубине $z=z_k$ заранее задана и не изменяется со временем. Такая упрощенная модель была взята с целью удобства при оценке адекватности результатов имитационного моделирования на начальном этапе его освоения.

Вместе с тем НУ и ГН такой задачи соответствуют случаю в практике орошения, когда реализуется стационарный во времени режим полива – краевые и начальные условия не меняются (условие 1-го рода).

Переходя к численной реализации модели, отметим, что метод конечных разностей используется с большим успехом при решении подобных дифференциальных уравнений. При этом применяются различные способы решения систем алгебраических уравнений с использованием линейной алгебры [12, 9, 6, 15, 16]. Как отмечено ранее, такие задачи решаются исследователями математического направления и недоступны для мелиоратора в практическом плане. В связи с этим мы сделаем попытку преодолеть это обстоятельство с помощью программы имитационного моделирования Anylogic.

Пакет AnyLogic был разработан в России и к настоящему времени нашел широкое применение среди исследователей разных научных отраслей. Отметим, что, наряду с парадигмой системной динамики, AnyLogic поддерживает и другие концепции моделирования (дискретно-событийную, динамических систем и агентную) [2, 14, 10, 11]. Этот инструмент содержит средства аналитического решения уравнений в замкнутом виде, описывает изменение переменных во времени, учитывая модельное время, и содержит средства его масштабирования (имеются средства выражения логики и описания реакции систем на любые внутренние и внешние события). Одним из преимуществ AnyLogic является возможность наглядного представления поведения модели в виде анимации поведения системы и изучения ее характера во времени для различных значений параметров модели.

Непрерывные процессы описываются в AnyLogic заданием вещественных переменных формул и уравнений (алгебраических и дифференциальных) в привычной аналитической записи. Переменные определяют состояние динамического объекта и изменяются с течением времени по законам, определяемым дифференциальными уравнениями. Значения динамических переменных можно изменять и контролировать в ходе вычислительного эксперимента. У каждого экземпляра активного объекта существует свой набор переменных и параметров, поэтому поведение различных экземпляров одного и того же объекта может быть различным.

Для построения модели в AnyLogic в нашей модели необходимо задать выражения для накопителей влажности w в разных сечениях зоны аэрации и времени фильтрации (рисунки 1, 3).

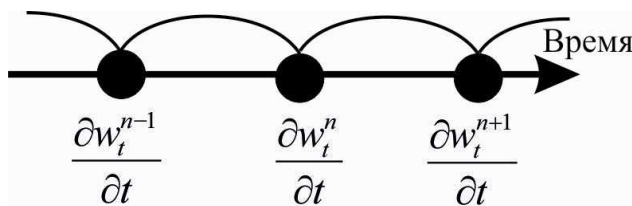


Рисунок 3 – Слой искомой влажности с нормой i в разные моменты наблюдения

Частная производная второго порядка – правая часть уравнения (4) – приближенно выражается через значения влажности w в точке i и в двух соседних с ней: $i-1$ и $i+1$:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \approx \frac{1}{h^2} [w_{i+1}(t) - 2w_i(t) + w_{i-1}(t)]$$

Число таких уравнений будет равно числу пространственных сечений. Построим модель для шести сечений. Начальное значение для w_0 возьмем 45 % – оно соответствует весовой влажности насыщения. Для нижнего слоя: $w=5$ % (максимальная гигроскопическая влага). Аналогично сформируем остальные накопители, начальное значе-

ние для которых в виде постоянной влажности, равной нулю (сухая почва). Коэффициент влагопроводности зададим равным 0,1 мм/сут. Для объединения всех элементов в систему уравнений установим связи (рисунок 4).

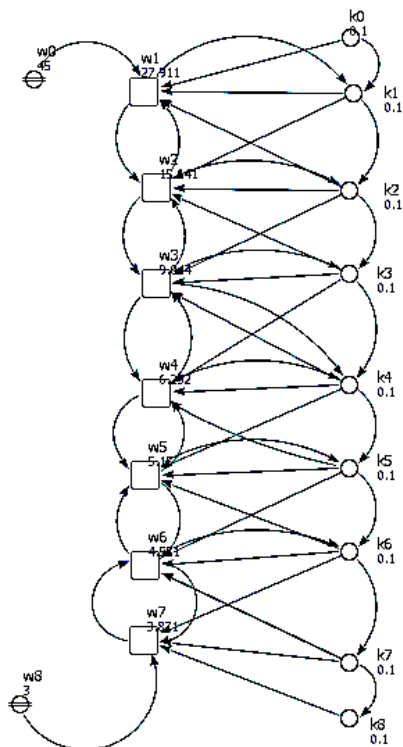


Рисунок 4 – Математическая модель влагопроводности

С помощью временного графика и диаграммы результаты модели отображаются на экране: значения влажности в соответствующих накопителях в процессе анимации работы имитационной модели (рисунок 5). Из рисунка видно, что процесс продвижения влаги вниз носит нелинейный характер, замедляясь при приближении к границе раздела. В данном модельном варианте можно только качественно представить картину вертикального перемещения влаги. Сначала впитывание довольно интенсивно: на первых двух шагах от 45 % до 27 %, затем – до 15 %; внизу замедляется: 51 % → 4,5 % → 3,8 %. Если время перевести из единиц модельного в единицы реального времени, то динамика влагопереноса будет описана в том виде, который можно использовать на практике.

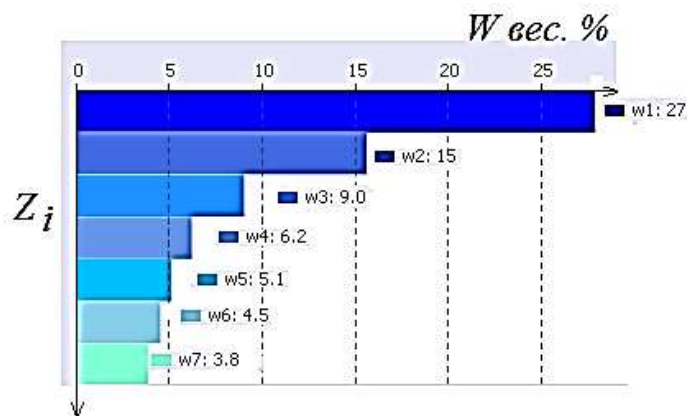


Рисунок 5 – Результаты моделирования вертикального влагопереноса. Начальные условия: $w_0=45\%$, $w_7=3\%$. Коэффициент влагопроводности $K=0,1$ мм/ед. мод. врем.

Таким образом, если за единицу модельного времени взять 1 сутки, а коэффициент $K_0=0,1$ м/сут., то полученный в нашей модели результат будет соответствовать именно этому случаю.

Заключение. Развитие данного подхода для нестационарных задач с распределенными параметрами позволит расширить область приложений имитационного моделирования в почвенной гидрологии. Конкретными задачами, для которых мы находим практическое применение при решении уравнения влагопереноса в системе AnyLogic, являются:

- экстраполяция экспериментальных данных по влажности от заданного уровня вниз по глубине до грунтовых вод;
- оценка интенсивности влагопереноса на различных глубинах зоны аэрации;
- расчет изменения питания грунтовых вод при изменении краевых условий на поверхности (выпадение осадков).

Библиографический список

1. Глобус, А. М. Почвенно-гидравлическое обеспечение агроэкологических математических моделей [Текст]/ А.М. Глобус. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 427 с.
2. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст]/ Ю.Г. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
3. Качинский, Н. А. Физика почвы [Текст] / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1979. – 357 с.
4. 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.
5. Кулик, Н.Ф. Водный режим песков аридной зоны [Текст]/ Н.Ф. Кулик. – Л.: Гидрометеоздат, 1979. – 277 с.
6. Лебедев, А.В. Методы изучения баланса грунтовых вод [Текст]/ А.В. Лебедев. – М.: Недра, 1976. – 223 с.
7. Нерпин, С.В. Физика почв [Текст]/ С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1967. – 584 с.
8. Роде, А.А. Вопросы водного режима почв [Текст]/ А.А. Роде. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 215 с.
9. Салугин, А.Н. Динамическое моделирование деградационных процессов в агроэкологии [Текст] : диссер... докт. с.-х. наук / А.Н. Салугин. – Волгоград, 2006. – 313 с.
10. Салугин, А.Н. Влагопроницаемость ненасыщенных почвогрунтов аридной зоны [Текст]/ А.Н. Салугин, А.К. Кулик, М.В. Власенко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – №1. – С. 21-24.
11. Салугин, А.Н. Восстановление гидрофизических характеристик почв с помощью математического моделирования [Текст]/ А.Н. Салугин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – №66(2). – С. 205-209.
12. Тихонов, А.Н. Уравнения математической физики [Текст]/ А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М.: Наука, 1977. – 736 с.
13. Шеин, Е. В. Курс физики почв [Текст]/ Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.
14. AnyLogic. Учебное пособие по Enterprise Library. URL: <http://www.xjtek.com/products/anylogic5/enterpriselibrarytutorial.pdf> (дата обращения: 21.03.2018).
15. Gardner W. R., D. I. Hiller, J. Geophys. Res., 1962. – v. 67. – P. 4319.
16. Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media/ Y. Mualem / Wafer Resour. Res., 1976. – V. 12. – P. 513-522.

Reference

1. Globus, A. M. Pochvenno-gidravlichesкое obespechenie agrojekologicheskikh matematicheskikh modelej [Tekst]/ A. M. Globus. – L.: Gidrometioizdat, 1987. – 427 s.
2. Karpov, Yu. G. Imitacionnoe modelirovanie sistem. Vedenie v modelirovanie s AnyLogic 5 [Tekst]/ Yu. G. Karpov. – SPb.: BHV-Peterburg, 2006. – 400 s.

3. Kachinskij, N. A. Fizika pochvy [Tekst] / N. A. Kachinskij. – M.: Vysshaya shkola, 1979. – 357 s.
4. 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 s.
5. Kulik, N. F. Vodnyj rezhim peskov aridnoj zony [Tekst] / N. F. Kulik. – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 277 s.
6. Lebedev, A. V. Metody izucheniya balansa gruntovyh vod [Tekst] / A. V. Lebedev. – M.: Nedra, 1976. – 223 s.
7. Nerpin, S. V. Fizika pochv [Tekst] / S. V. Nerpin, A. F. Chudnovskij. – M.: Nauka, 1967. – 584 s.
8. Rode, A. A. Voprosy vodnogo rezhima pochv [Tekst] / A. A. Rode. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 215 s.
9. Salugin, A. N. Dinamicheskoe modelirovanie degradacionnyh processov v agrojekologii [Tekst] : disser... dokt. s. - h. nauk / A. N. Salugin. – Volgograd, 2006. – 313 s.
10. Salugin, A. N. Vlagopronicaemost' nenasyschennyh pochvogruntov aridnoj zony [Tekst] / A. N. Salugin, A. K. Kulik, M. V. Vlasenko // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2017. – №1. – S. 21-24.
11. Salugin, A. N. Vosstanovlenie gidrofizicheskikh harakteristik pochv s pomosh'yu matematicheskogo modelirovaniya [Tekst] / A. N. Salugin // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. – 2017. – №66(2). – S. 205-209.
12. Tihonov, A. N. Uravneniya matematicheskoy fiziki [Tekst] / A. N. Tihonov, A. A. Samar-skij. – M.: Nauka, 1977. – 736 s.
13. Shein, E. V. Kurs fiziki pochv [Tekst] / E. V. Shein. – M.: MGU, 2005. – 432 s.
14. AnyLogic. Uchebnoe posobie po Enterprise Library. – URL: <http://www.xjtek.com/products/anylogic5/enterpriselibrarytutorial.pdf> (data obrascheniya: 21.03.2018).
15. Gardner W. R., D. I. Hiller, J. Geophys. Res., 1962. – V. 67. – P. 4319.
16. Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media/ Y. Mualem / Wafer Resour. Res., 1976. – V. 12. – P. 513-522.

E-mail: saluginan@mail.ru

УДК 631.67.03

**СОЗДАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРОШЕНИЯ
НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

**THE CREATION OF EFFECTIVE AND ENVIRONMENTALLY-FRIENDLY
TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS FOR IRRIGATION
OF THE NEW GENERATION**

С.Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук

Е.И. Чушкина, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. Чушкин, кандидат технических наук

S.Y. Semenenko, M.N. Litow, E.I. Chushkina, A.N. Chushkin

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

*Federal scientific center for Agroecology, land reclamation and protective afforestation RAS,
Volgograd*

В статье рассматриваются способы полива, раскрывается возможность применения активированной воды для полива, а также оснащение систем капельного орошения модулем электрохимической подготовки оросительной воды. В исследованиях рассматривается эффективность нового направления сельскохозяйственного использования электрохимически активированной воды для

орошения сельскохозяйственных культур с использованием систем капельного полива. Перспективным направлением повышения эффективности современного орошаемого земледелия является повышение биологической активности оросительной воды. Изменение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) оросительной воды обеспечивает создание благоприятных условий для развития и роста сельскохозяйственных растений и значительного повышения их урожайности. Проблема использования активированной воды для орошения состоит, прежде всего, в трудностях сохранения окислительно-восстановительного потенциала в процессе доставки её от активатора к корнеобитаемым горизонтам почвы. Рассматриваются вопросы, связанные с необходимостью учета динамики релаксации электрохимически активированной воды в процессе движения от модуля электрохимической подготовки к капельным водовыпускам. Для электрохимической активации природной воды использовался модуль экспериментальной активационной установки проточного типа, который разработан в лаборатории Поволжского научно-исследовательского института эколого-мелиоративных технологий.

The article discusses the methods of irrigation and their advantages, reveals the possibility of using activated water for irrigation, as well as the equipment of drip irrigation systems, the module of electrochemical preparation of irrigation water. The efficiency of the new direction of agricultural use of electrochemically activated water - for irrigation with the use of drip irrigation systems is considered in the researches. A promising direction for improving the efficiency of modern irrigated agriculture is to increase the biological activity of irrigation water. Changes in the redox potential (EOD) of irrigation water ensure the creation of favorable conditions for the development and growth of agricultural plants and a significant increase in their yield. The problem of the use of activated water for irrigation of crops consists, first of all, in the difficulties of preserving the redox potential of irrigation water in the process of its delivery from the activator to the root horizons of the soil. The issues related to the need to take into account the dynamics of relaxation of electrochemically activated water in the process of motion from the module of electrochemical preparation for drip water are considered. For electrochemical activation of natural water the module of experimental activation unit of flow type developed in the laboratory of Volga scientific research Institute of ecological and meliorative technologies was used.

Ключевые слова: *капельное орошение, полив, активация воды, активированная вода, окислительно-восстановительный потенциал, система орошения.*

Key words: *drip irrigation, irrigation, water activation, activated water, redox potential, irrigation system.*

Современные технологии орошения являются продуктом длительного эволюционного развития. Поверхностный способ орошения известен с древнейших времен и является одним из старейших способов оросительных мелиораций. При поверхностном способе полив осуществляется напуском по полосам, по бороздам и затоплением, тем самым почва увлажняется во время горизонтального перемещения воды по поверхности поля при вертикальном просачивании её гравитационным путем и последующим насыщении по капиллярам [2, 11]. У этого способа есть свои плюсы и минусы. Среди достоинств этого способа орошения, пожалуй, самым главным является наименьшая энергоемкость процесса, а также возможность создания мощных почвенных влагозапасов, в том числе для самых глубоких горизонтов почвы. Среди минусов необходимо отметить, как правило, значительные колебания влажности почвы между поливами, существенное ухудшение условий аэрации в процессе полива, большие инфильтрационные потери, которые с учетом усиленной нитрификации сопровождаются активизацией процессов выноса азота пахотного слоя, на всей смоченной поверхности образуется почвенная корка, которая ухудшает условия прорастания и получения эффективных всходов сельскохозяйственных культур, поливная сеть (борозды, полосы) ухудшает условия работы сельскохозяйственных машин [2, 11].

Орошение дождеванием является одним из наиболее энергоемких путей развития современных оросительных мелиораций. Одним из основных преимуществ дождевания относительно поверхностных способов полива является значительно большая равномерность полива, снижение потерь от депрессии процесса аэрации почвы в процессе полива, поливы, как правило, проводятся более часто сниженными поливными нормами, что позволяет поддерживать оптимальный диапазон влагосодержания для большинства сельскохозяйственных культур, отсутствие поливной сети улучшает условия работы сельскохозяйственных машин и орудий [2, 11].

Узкоспециализированным развитием дождевания явилось создание мелкодисперсного орошения, технологическими особенностями которого являются высокодисперсное распыление капель и подача малых норм полива за технологический цикл. Величина дисперсии капель определяется необходимостью их удержания на поверхности листа или других вегетативных органов растений без стекания. При этом норма полива должна преимущественно исключать слияние капель. Испарение мелкораспыленных капель с поверхности растений способствует отводу излишнего тепла и снижению температуры вегетативных органов. В жаркое время это снижает потери от ингибирования фотосинтеза растений [2, 11].

Внутрипочвенный полив предполагает увлажнение по капиллярам верхних слоев почвы; поддерживается определенная глубина увлажнения; испарение воды с поверхности почвы незначительное; обеспечивается постоянное водоснабжение сельскохозяйственных культур; не препятствует работе сельскохозяйственных машин [2, 11].

Капельное орошение сегодня является одним из наиболее сбалансированных в экологическом плане способов полива, при котором вода непрерывно и дозированно подается через капельницы непосредственно в корнеобитаемый слой почвы. При этом даже в процессе полива соблюдается оптимальный баланс соотношений между почвенной влагой и доступностью почвенного воздуха [2, 11]. Капельное орошение в современной мелиоративной практике получило наиболее динамичное развитие во многом благодаря высокой технологичности, масштабируемости, возможности практически полной автоматизации процесса и значительного сокращения затрат труда на полив. Другим важнейшим преимуществом капельного орошения является возможность доставки непосредственно в прикорневую зону растений различных агрохимикатов, биостимуляторов и мелиорантов, для чего конструкция систем дооборудуется специальными технологическими модулями. Одним из новых направлений совершенствования конструкций капельного орошения является оснащение их модулями электрохимической обработки воды.

Повышение биологической активности оросительной воды за счет совокупности биофизических эффектов, проявляющихся в результате ее электрохимической обработки, является одним из наиболее наукоемких, перспективных направлений повышения эффективности современного орошаемого земледелия. Программируемое изменение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) оросительной воды обеспечивает создание благоприятных условий для развития и роста сельскохозяйственных растений и значительного повышения их урожайности [1, 8, 5, 10]. Направленное изменение ОВП оросительной воды обеспечивается установками для электрохимической активации, проточные конструкции которых в Поволжском НИИ эколого-мелиоративных технологий прошли длительный этап совершенствования и обеспечивают сегодня высокую производительность и энергоэффективность [1, 5, 10]. Это позволяет на практике реализовать технологию применения электрохимически обработанной воды с оросительными мелиорациями. В настоящем исследовании рассматривается эффективность нового направления сельскохозяйственного использования электрохимически обработанной воды для орошения с использованием систем капельного полива [10].

Материалы и методы. Предмет исследований – применение электрохимически обработанной воды для полива в системе капельного орошения [1, 10]. Проблема использования электрохимически обработанной воды для орошения сельскохозяйственных растений состоит, прежде всего, в трудностях сохранения окислительно-восстановительного потенциала оросительной воды в процессе доставки её от электролизера к корнеобитаемым горизонтам почвы [7]. Электрохимически обработанная вода подвержена процессам релаксации, динамика которых может существенно снизить активационный потенциал, а следовательно, и эффективность применения. Рабочая гипотеза исследований определяется потенциальной эффективностью систем капельного орошения, в которых за счет использования системы закрытых водоводов процессы релаксации в значительной мере ингибируются. Цель исследований состоит в количественной оценке этого эффекта, а также в изучении закономерностей релаксации электрохимически обработанной воды в закрытых системах. Основой исследований стало проведение лабораторного эксперимента, в котором к изучению были поставлены следующие варианты:

- вариант 1 – анод – обработанная природная вода (анолит) в открытых системах;
- вариант 2 – катод – обработанная природная вода (католит) в открытых системах;
- вариант 3 – анод – обработанная природная вода (анолит) в закрытых системах;
- вариант 4 – катод – обработанная природная вода (католит) в закрытых системах.

С позиций технологии орошения обозначенная выше «открытая» система подразумевает применение в поверхностном, дождевальном, микродисперсном способах орошения [4, 7, 10]. Закрытая система подразумевает применение во внутрипочвенном и капельном орошении [4, 7, 10].

Для электрохимической активации природной воды использовался модуль экспериментальной активационной установки проточного типа с эксплуатационными характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Усовершенствованный модуль активации оросительной воды
АВМ.02.000 (технические данные) [8, 6, 9]

№	Наименование показателей	Значение
1	Обозначение	АВ.02.000
2	Масса, кг, не более	7
3	Размеры, мм, не более: ширина глубина высота	433 550 906
4	Напряжение питания, В, + (5-10) %	≤ 70
5	Рабочий ток наибольший, А	≤ 10
6	Католит параметры: рН ОВП, мВ	7,5-12 0...-1000
7	Анолит параметры: рН ОВП, мВ	2,7-4,5 + (150-1000)
8	Давление воды на входе, МПа	0,1-0,8
9	Сумма потерь напора, МПа	0,02-0,03

Для имитации условий нахождения электрохимически активированной воды в закрытой системе получаемые на выходе из электролизера анолит и католит помещали в бутылки с заполнением на 100 % и последующим завинчиванием крышки. Учитывая

широкое использование полимерных материалов для изготовления большинства узлов и конструкций закрытых стационарных систем орошения (в частности, капельного), в опытах применяли емкости (бутыли) из полиэтилентерефталата (ПЭТ) [4, 7, 10].

Для исследований использовалась природная вода с окислительно-восстановительным потенциалом +235 мВ и рН = 7,43. Систематические замеры окислительно-восстановительного потенциала и рН активированной воды в опыте проводились в течение 72 часов при использовании открытых систем и 118 часов при использовании закрытых систем. Результаты замеров запротоколированы и обработаны с использованием известных статистических методов корреляционного и регрессионного анализа [3].

Результаты и обсуждение. Опыты показали, что лабораторный модуль экспериментальной установки для электрохимической активации природной воды позволяет на выходе из анодной камеры получать анолит с ОВП (+840) мВ, рН = 3,9 и католит с ОВП (-650) мВ, рН = 10,5 при производительности 1,0 м³/час (таблица 2). Увеличение потенциалов активации связано с необходимостью дополнительной минерализации природной воды (в частности, за счет введения водных растворов минеральных удобрений) или снижения производительности установки [4, 7, 10].

Таблица 2 – Динамика изменения параметров электрохимически активированной воды в системах с полимерной оболочкой (открытых и закрытых)

Варианты 1-2: открытые системы					Варианты 3-4: закрытые системы				
Время релаксации, t, час	Католит		Анолит		t, час	Католит		Анолит	
	Редокс-потенциал, мВ	рН	Редокс-потенциал, мВ	рН		Редокс-потенциал, мВ	рН	Редокс-потенциал, мВ	рН
0,1	-650	10,5	840	3,9	0,1	-650	10,5	840	3,9
1	-460	10,1	472	4,97	1	-580	10,43	797	4,12
3	-383	9,48	409	5,46	2	-595	10,32	767	4,24
4	-375	9,46	376	5,53	3	-560	10,24	746	4,41
5	-365	9,46	363	5,6	4	-480	10,11	717	4,58
7	-250	9,4	352	5,72	5	-526	10,12	696	4,65
8	-220	9,33	334	5,79	6	-519	9,98	677	4,74
9	-190	9,25	312	5,87	8	-474	9,71	647	4,88
11	-170	9,11	309	5,89	10	-432	9,65	614	5,02
12	-145	8,94	315	6,01	12	-383	9,41	593	5,22
14	-109	8,72	316	6,25	18	-315	9,18	530	5,46
24	-31	8,45	272	6,43	22	-269	9,11	493	5,64
36	45	8,14	252	6,81	46	30	8,72	397	6,32
48	102	7,97	245	6,82	70	150	8,44	345	6,75
72	157	7,95	245	6,82	94	210	8,21	287	6,81
					118	214	7,88	252	6,85

На рисунке 1 показаны усредненные данные лабораторного эксперимента и теоретические кривые – аппроксимации полученных экспериментальных результатов.

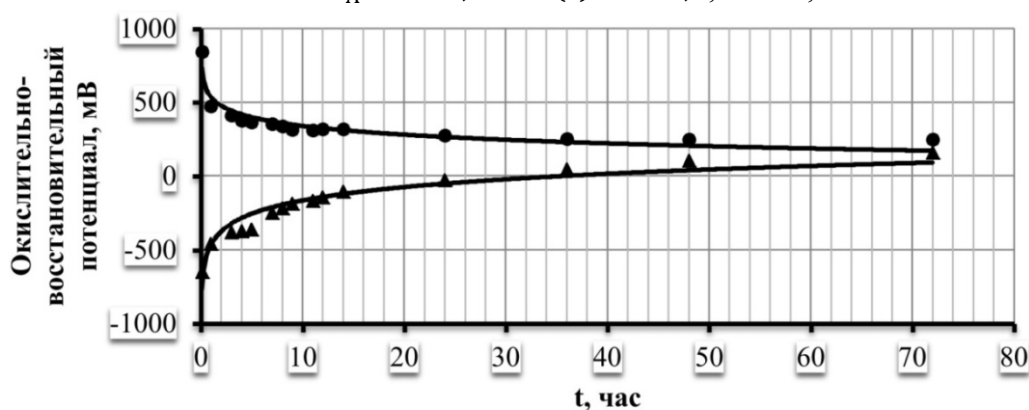
На рисунке видно, что общий период релаксации ОВП активированной воды (со стабилизацией параметров) в открытых системах не превышал 36 часов, а в закрытых – 96 часов. Однако динамика падения окислительно-восстановительного потенциала не-

равномерна и изменяется с течением времени. Например, анолит (открытая система) теряет свыше 60 % своего активационного потенциала уже в течение первого часа, в течение следующих трех часов еще 15,9 %, в течение суток – до 93,9 %.

По католиту наблюдается сходная картина [4, 7, 10]. В течение первого часа ОВП католита потери составили 190 мВ, это 21,5 % от начального значения активационного потенциала. В течение следующих трех часов ОВП католита изменился еще на 9,6 %, в течение суток на 69,9 %.

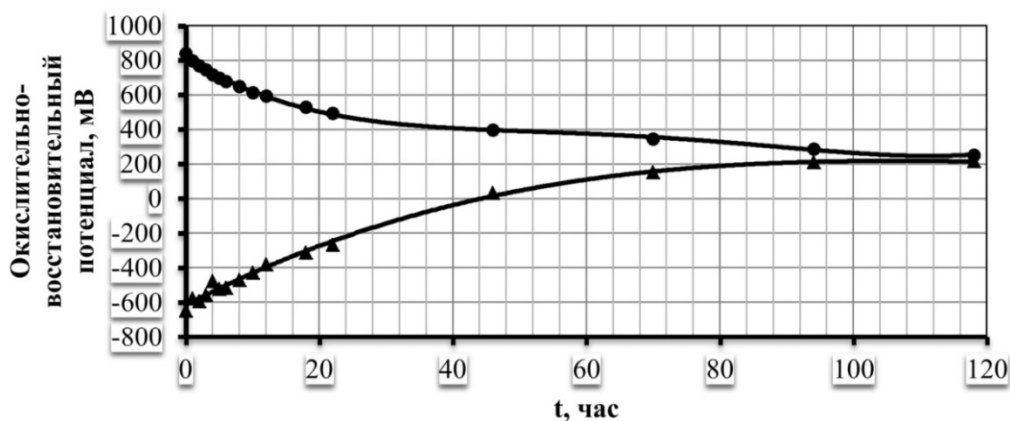
Столь динамичное снижение активационных потенциалов анолита и католита (открытые системы) в первые после обработки часы и последующее замедление релаксационных процессов на вторые и третьи сутки хорошо описывается логарифмическими кривыми [8]:

$$\text{ОВП}_A = -85,26 \cdot \ln(t) + 533,8, R^2 = 0,94 \quad (1)$$



а) ▲ Католит ● Анолит

$$\text{ОВП}_K = 130,4 \cdot \ln(t) - 467,5, R^2 = 0,92 \quad (2)$$



б) ▲ Католит ● Анолит

Рисунок 1 – Закономерности релаксации ОВП электрохимически активированной воды в (а) открытых, (б) закрытых системах

Динамика изменения ОВП в (закрытых системах) показывает, что для описания их было достаточно простых полиномов 3-й и 4-й степени:

$$\text{ОВП}_A = 2 \cdot 10^{-5} \cdot t^4 - 0,0057 \cdot t^3 + 0,56 \cdot t^2 - 24,9 \cdot t + 835, R^2 = 0,99 \quad (3)$$

$$\text{ОВП}_K = 4 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 - 0,16 \cdot t^2 + 20,1 \cdot t - 647, R^2 = 0,99 \quad (4)$$

По полученным данным построенные теоретические кривые характеризуются заметно меньшей динамикой изменения ОВП [4, 7, 10]. К примеру, не более 7,0 % своего активационного потенциала в течение первого часа терял анолит и в течение следующих трех часов еще 8,4 %. Католит и его ОВП изменялся не более, чем на 70 мВ в период первого часа после обработки воды, что составляет 7,9 % активационного уровня. В течение последующих трех часов ОВП католита терял еще около 11,3 % от активационного уровня, в течение первых суток до 43,5 %.

Закономерности изменения рН активированной воды полностью отражали динамику изменения заряда ОВП как в (открытых), так и в (закрытых) системах.

Заключение. Таким образом, использование для орошения системы закрытых водоводов без доступа атмосферного воздуха, которые обеспечивают доставку оросительной воды непосредственно в прикорневую зону растений, способствует обеспечению существенного снижения динамики релаксации электрохимически обработанной воды. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования электрохимически обработанной воды для полива с использованием закрытых оросительных систем из полимерных материалов (таких как капельное орошение) и дают принципиальное решение проблемы использования электрохимически активированной воды для полива сельскохозяйственных культур. Количественная оценка процесса релаксации электрохимически обработанной воды в закрытых системах из полимерного материала позволяет компенсировать технологический сдвиг ОВП изменением режимов работы электролизера.

Библиографический список

1. Белицкая, М.Н. Электроактивированная вода: возможности использования в растениеводстве [Текст] / М.Н. Белицкая, Е.Э. Нефедьева // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 24. – С. 124-128.
2. Григоров, М.С. Способы, техника полива и режимы орошения сельскохозяйственных культур в открытом грунте и теплицах [Текст] / М.С. Григоров // Научное обеспечение национального проекта «Развитие АПК»: материалы научно-практической конференции. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2008. – С. 51-53.
3. Дуброва, Т.А. Статистические методы прогнозирования [Текст] / Т.А. Дуброва. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 205 с.
4. Особенности релаксации электрохимически активированной воды в открытых и закрытых системах с полимерной оболочкой [Текст] / С.Я. Семененко, В.Ф. Лобойко, М.Н. Лытов, А.Н. Чушкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 175-181.
5. Прилуцкий, В.И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия [Текст] / В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. – М.: ВНИИМТ, 1995. – 228 с.
6. Разработка проточных устройств для электрохимической активации воды производственного назначения [Текст] / А.Л. Конюшков, С.Я. Семененко, А.Н. Лагутин, Е.И. Чушкина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 2 (30). – С. 214-217.
7. Семененко, С.Я. Закономерности релаксации и восстановления свойств электрохимически активированных водных сред в системах с полимерной оболочкой [Текст] / С.Я. Семененко, А.Н. Чушкин, М.Н. Лытов // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: материалы Международной научно-практической конференции. – Тверь: ВНИИМЗ, 2015. – С. 208-212.

8. Технология использования оросительной воды с измененным редокс-потенциалом [Текст] / Н.Н. Дубенок, С.Я. Семененко, Е.И. Чушкина, М.Н. Лытов, А.Н. Чушкин. – Волгоград: ООО «Сфера», 2016. – 228 с.

9. Установка для электрохимической активации воды и водных растворов преимущественно для систем капельного орошения [Текст] : патент №2251531 Российская Федерация, МПК C02F1/46. / Абезин В.Г., Карпунин В.В., Карпунин В.В., Сердюков Д.А., Салдаев А.М.// Изобретения. Полезные модели. – 2005.

10. Чушкин, А.Н. Теоретическое и экспериментальное обоснование алгоритма проектирования систем капельного орошения с модулем электрохимической активации воды [Текст] : дис. канд. тех. наук: 06.01.02 / А.Н. Чушкин. – Волгоград, 2016. – 217 с.

11. Шумаков, Б.Б. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение [Текст] : справочник / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

Reference

1. Belickaya, M. N. Jelektroaktivirovannaya voda: vozmozhnosti ispol'zovaniya v rastenievodstve [Tekst] / M. N. Belickaya, E. Je. Nefed'eva // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2014. – Т. 17. – № 24. – С. 124-128.

2. Grigorov, M. S. Sposoby, tehnika poliva i rezhimy orosheniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v otkrytom grunte i teplicah [Tekst] / M. S. Grigorov // Nauchnoe obespechenie nacional'nogo proekta «Razvitie APK»: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. – Volgograd: Volgograd state agrarian University, 2008. – С. 51-53.

3. Dubrova, T. A. Statisticheskie metody prognozirovaniya [Tekst] / T. A. Dubrova. – М.: YuNITI-DANA, 2003. – 205 с.

4. Osobennosti relaksacii jelektrohimicheskii aktivirovannoj vody v otkrytyh i zakrytyh sistemah s polimernoj obolochkoj [Tekst] / S. Ya. Semenenko, V. F. Lobjko, M. N. Lytov, A. N. Chushkin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – № 4 (40). – С. 175-181.

5. Priluckij, V. I. Jelektrohimicheskii aktivirovannaya voda: anomal'nye svoystva, mehanizm biologicheskogo dejstviya [Tekst] / V. I. Priluckij, V. M. Bahir. – М.: VNIIMT, 1995. – 228 с.

6. Razrabotka protochnykh ustrojstv dlya jelektrohimicheskoy aktivacii vody proizvodstvennogo naznacheniya [Tekst] / A. L. Konyushkov, S. Ya. Semenenko, A. N. Lagutin, E. I. Chushkina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2013. – № 2 (30). – С. 214-217.

7. Semenenko, S. Ya. Zakonomernosti relaksacii i vosstanovleniya svoystv jelektrohimicheskii aktivirovannykh vodnykh sred v sistemah s polimernoj obolochkoj [Tekst] / S. Ya. Semenenko, A. N. Chushkin, M. N. Lytov// Ispol'zovanie meliorirovannykh zemel' – sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya meliorativnogo zemledeliya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Tver': VNIIMZ, 2015. – С. 208-212.

8. Tehnologiya ispol'zovaniya orositel'noj vody s izmenennym redoks-potencialom [Tekst] / N. N. Dubenok, S. Ya. Semenenko, E. I. Chushkina, M. N. Lytov, A. N. Chushkin. – Volgograd: ООО «Сфера2», 2016. – 228 с.

9. Ustanovka dlya jelektrohimicheskoy aktivacii vody i vodnykh rastvorov preimuschestvenno dlya sistem kapel'nogo orosheniya [Tekst] : patent №2251531 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F1/46. / Abezin V. G., Karpunin V. V., Karpunin V. V., Serdyukov D. A., Saldaev A. M.// Izobreteniya. Poleznye modeli. – 2005.

10. Chushkin, A. N. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe obosnovanie algoritma proektirovaniya sistem kapel'nogo orosheniya s modulem jelektrohimicheskoy aktivacii vody [Tekst] : dis. kand. teh. nauk: 06.01.02 / A. N. Chushkin. – Volgograd, 2016. – 217 с.

11. Shumakov, B. B. Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. Oroshenie [Tekst] : spravochnik / Pod red. B. B. Shumakova. – М.: Kolos, 1999. – 432 с.

E-mail: pniiemt@yandex.ru

УДК 631.6.02

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОНИТОРИНГА
МЕЛИОРИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
MONITORING IMPROVING OF MELIORED AGRICULTURAL LAND**

В.А. Шевченко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Д. Исаева, доктор технических наук

V.A. Shevchenko, S.D. Isaeva

*Всероссийский научно исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова, г. Москва*

*All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakova*

Рассмотрены методические аспекты ведения мониторинга мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. Мониторинг направлен на обеспечение экологической устойчивости речных бассейнов, ландшафтов и их компонентов, что предопределяет его комплексность, а также необходимость проведения наблюдений как за показателями устойчивости, так и за факторами, определяющими состояние природных систем и опасность развития экологически неблагоприятных процессов. Объектами мониторинга являются мелиорированные и прилегающие земли, почвы, подземные и поверхностные воды, мелиоративные системы. Значение постоянного ведения мониторинга возрастает в условиях климатических изменений, особенно для обоснования мер по адаптации сельского хозяйства, планирования оперативных мелиоративных мероприятий для обеспечения плодородия почв, а также научного обоснования стратегических вопросов развития сельскохозяйственного производства и мелиорации земель. Определены принципы организации и ведения мониторинга мелиорированных земель, разработана технология и методические рекомендации, предложены меры для его эффективной реализации.

The article discusses the methodological issues of monitoring for reclaimed agricultural land. Monitoring is aimed at ensuring environmental sustainability of river basins, landscapes and their components. It is necessary to monitor both the indicators of the ecological status of reclaimed land and the factors that determine the risk of adverse environmental processes in this case. The monitoring objects are reclaimed and adjacent lands, soils, groundwater and surface waters, irrigation systems. The importance of monitoring increases in the face of climate change. The monitoring data are required to substantiate operative reclamation measures and ways to increasing soil fertility. Monitoring is also required for the scientific substantiation of the strategic decisions deal with land reclamation. The principles of monitoring organization are defined in the work, the technology of monitoring is developed, and measures are proposed for its effective implementation.

Ключевые слова: *экологический мониторинг, мелиорированные земли, плодородие почв, подземные воды, экологические риски.*

Key words: *ecological monitoring, reclaimed lands, soil fertility, groundwater, ecological risks.*

Введение. Обеспечение почвенного плодородия предполагает экологически благоприятное состояние сельскохозяйственных угодий. Однако хорошо известно, что такие процессы, как водная эрозия, засоление, осолонцевание, переувлажнение обуславливают деградацию почв и снижение урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. Зачастую проявление таких экологически неблагоприятных явлений связано с низкой культурой земледелия, недостаточной эффективностью мелиоративных мероприятий, нерациональным использованием водных ресурсов.

Ведение сельского хозяйства в настоящее время осложняется и глобальными климатическими изменениями, проявляющимися в аридизации условий на юге европейской части страны и Западной Сибири, увеличении водообеспеченности в ряде ре-

гионов на севере страны и Дальнего Востока [2]. Текущие и прогнозируемые изменения климата затрагивают все компоненты климатической системы: сдвигают радиационный, гидрологический, температурный режим. Таким образом, изменяются действующие на развитие природных и природно-техногенных процессов факторы и, соответственно, региональные закономерности формирования гидрогеологических, гидрологических и почвенных процессов в речных бассейнах, ландшафтах и зональные показатели их экологической устойчивости [7]. В этой связи возрастает значение ведения экологического мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель для получения необходимой информации как для оперативного управления ситуацией, так и научного обоснования решений по стратегическим вопросам развития сельскохозяйственного производства, мелиорации земель, обеспечения водными ресурсами, сохранения плодородия почв в новых климатических условиях [5, 1, 6, 3].

Материалы и методы. Исследования по проблемам контроля мелиоративного состояния орошаемых земель, его методической базы, по обоснованию и созданию службы гидрогеолого-мелиоративного контроля в системе службы эксплуатации мелиоративных систем под эгидой Минводхоза СССР проводились во ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова в 70-80-х годах прошлого века. Работы выполнялись под руководством Д.М. Каца при активном участии сотрудников Н.И. Парфеновой, В.Е. Райнина, Н.Н. Рыбиной, Ю.С. Лялина и др. [4]. За прошедший период произошли значительные изменения в экономической и нормативно-правовой сферах ведения сельского хозяйства, мелиорации, была создана система государственного экологического мониторинга. Анализ практики работы службы гидрогеолого-мелиоративного контроля, методических материалов, разработанных для службы, и новых документов в сфере наблюдений за подземными водами, водно-солевым режимом почв, мелиоративными системами, а также анализ действующих федеральных законов, целевых программ и пр. положены в основу развития, совершенствования и актуализации методов контроля мелиоративного состояния орошаемых земель как экологического мониторинга мелиорированных земель.

Результаты и обсуждение. Под экологическим мониторингом мелиорированных земель понимается комплексная система наблюдений за состоянием мелиорированных и прилегающих земель, почв, подземных и поверхностных вод, мелиоративных систем, а также оценка и прогноз изменений их состояния под воздействием природных факторов, сельскохозяйственного использования, водопользования и мелиорации. Экологический мониторинг мелиорированных земель направлен на обеспечение экологически устойчивого состояния геологических систем (геосистем) ландшафтов и речных бассейнов, благоприятного мелиоративного состояния земель за счет регулирования режима подземных вод, водно-солевого режима почв, на создание условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур вне зависимости от природных условий.

Экологический мониторинг мелиорированных земель предполагает определенный порядок ведения работ. При проведении мониторинга можно выделить систему этапов, алгоритмов действий, процессов, методов и программно-технических средств, объединенных в единую информационную технологию [8]. Реализация технологии мониторинга обеспечивает сбор информации о состоянии мелиорированных земель, почв, водных объектов и его изменениях, обработку информации и представление собранных данных в виде комплексной информационной модели (совокупность подмоделей картографических, математических), которая необходима и достаточна для принятия решений по управлению мелиоративным состоянием земель, плодородием почв с целью минимизации при антропогенном воздействии экологических рисков, возможных при ведении сельского хозяйства.

Исходя из накопленного опыта гидрогеолого-мелиоративного контроля представляется, что организация и ведение мониторинга мелиорированных земель должны проводиться в соответствии со следующими принципами:

- обязательность научного обоснования программы ведения мониторинга, оценки мелиоративного состояния и экологической устойчивости геосистем, прогноза их динамики, а также использования результатов наблюдений для принятия решений по управлению мелиоративной и водохозяйственной деятельностью на объектном, локальном и региональном уровне геосистем (мелиоративные системы, ландшафты, речные бассейны) и систем принятия стратегических решений (на территориально-административном уровне);

- междисциплинарный подход к формированию программы мониторинга (определение целей, задач, объектов мониторинга, методики проведения наблюдений, выбор показателей, факторов) и при интерпретации его результатов (сценарные исследования и прогнозы экологического состояния ландшафтов) для планирования мероприятий по снижению и предотвращению экологических рисков, что связано с разнообразием объектов мониторинга, включающих подземные и поверхностные воды, почвы, гидротехнические сооружения мелиоративных систем;

- обязательность экосистемного подхода при планировании мониторинга, что предполагает его направленность на обеспечение экологически благоприятного и устойчивого состояния геосистем при проведении мелиоративных и водохозяйственных мероприятий, основанных на результатах ведения мониторинга с учетом экологических ограничений и допустимых показателей состояния природных систем;

- иерархическая структура системы мониторинга мелиорированных земель как компонента государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения;

- комплексность наблюдений, необходимых для оценки и прогноза состояния поверхностных и подземных вод, мелиорированных земель, почвенного покрова как основы для анализа формирования продуктивности мелиорированных земель при сценарных исследованиях для обоснования мелиоративных мероприятий;

- обеспечение достоверности получаемой при мониторинге информации;

- получение результатов, необходимых для развития фундаментальных представлений, методических положений и технологий изучения гидрогеологических, почвенно-мелиоративных процессов на мелиорируемых и прилегающих землях, необходимых для развития мелиоративной гидрогеологии, мелиоративного почвоведения и мелиоративной науки в целом.

Технология мониторинга условно подразделена на следующие блоки: проектный, наблюдений, оценки текущего состояния объектов мониторинга, прогнозирования, принятия решений (управления). Каждый блок в общей структуре локального мониторинга мелиорированных земель состоит из этапов, предполагающих определенные действия (процессы), необходимые для реализации мониторинга.

Блок проектный включает этапы: определение объекта исследований, обоснование постановки работ, разработка программы мониторинга. Особенностью программы являются объектное (подземные воды, поверхностные водные объекты, почвы, мелиоративные системы) определение реестра измеряемых показателей, статистическое обоснование формирования наблюдательной сети, определение видов, объемов, периодичности наблюдений, определение роли дистанционных, аэрокосмических методов при мониторинге, анализ возможности привлечения ГИС для формирования баз данных, выполнения прогнозов и др.

Проведение наблюдений предполагает маршрутные обследования, наблюдения по стационарной сети и обеспечение ее охраны; специальные и систематические наблюдения на полигонах и ключевых участках, периодическую оценку качества

наблюдений, поверку оборудования, выполнение первичной обработки результатов всех наблюдений, передачу в установленном порядке текущей информации в подразделения службы эксплуатации мелиоративных систем, земле- и водопользователям.

Особая роль отводится исследованиям на полигонах и ключевых участках. Полигоны предназначены для изучения закономерностей развития гидрогеолого-мелиоративных процессов, научно-методического обоснования различных аспектов ведения мониторинга, совершенствования методологии научного сопровождения проведения гидрогеолого-мелиоративных работ, непосредственно обосновывающих решение задач управления состоянием мелиорируемых и прилегающих земель и водоисточников. Наиболее актуальными при этом являются задачи управления режимами орошения, предотвращения процессов подъема уровня и подтопления земель, загрязнения поверхностных и подземных вод нитратами, пестицидами и другими элементами, неблагоприятного изменения водного режима ландшафтов при отборе подземных вод водозаборами, дренажем и т. п. Кроме того, полигоны необходимы для апробации, ежегодной калибровки методов дистанционного зондирования в зависимости от природно-техногенных условий, выбора и адаптации прогнозных моделей. Для проведения специальных наблюдений, определения параметров, необходимых для выполнения прогнозных расчетов, оборудуются ключевые участки. Полигоны могут быть организованы в пределах крупных гидромелиоративных систем, для которых мониторинг играет определяющую роль при обосновании их эксплуатации или реконструкции. В этом случае постановка и реализация мониторинга должны быть тесно увязаны с обоснованием и реализацией проектно-хозяйственных решений.

Этап сбора и обработки информации включает действия по формированию базы первичной информации, ее статистической обработке; по созданию графических моделей с привлечением ГИС-технологий. На этом этапе создается информационная модель мелиорированных земель как объекта управления. Модель позволяет перейти к этапу оценки состояния мелиорированных земель на основе обоснования критериев оценки с учетом зональных особенностей территории; выявления на основе модели вида и показателей экологического риска; осуществить расчетную оценку риска (при развитии по территории отдельного опасного процесса или синергетическую оценку, проявления совокупности опасных процессов) развития экологически неблагоприятных процессов по установленным критериям.

Выполняется оценка достоверности ранее выполненных почвенно-гидрогеологических прогнозов и мелиоративных расчетов. Выполненная оценка позволяет перейти в случае необходимости к принятию оперативных решений по снижению экологических рисков и предотвращению развития опасных процессов на основе проведения эксплуатационных мероприятий по регулированию режима работы оросительных каналов, коррекции поливных норм, по обеспечению мелиоративной системы требуемыми водными ресурсами и т.д.

На следующем этапе выполняется прогнозирование динамики состояния мелиорированных земель и плодородия почв. На основе исследований для локального уровня планируют проведение оперативных мероприятий по эксплуатации мелиоративных систем, их ремонту, реконструкции, по повышению эффективности использования водных ресурсов, обеспечению плодородия почв. На региональном уровне принятия решений результаты мониторинга и прогнозов закладываются в основу планирования развития сельского хозяйства, мелиорации и водопользования в средне- и долгосрочной перспективе. Предложенная технология стала основой разработанных методических рекомендаций по экологическому мониторингу мелиорированных земель для зо-

ны орошения. В рекомендациях приведен перечень необходимых для ведения экологического мониторинга нормативных документов. Исходя из выделенных технологических этапов рассмотрены порядок проведения работ по мониторингу, алгоритмы действий и процессов, усовершенствована система наблюдаемых показателей и их экологически допустимых значений, методы наблюдений и необходимые приборы и аппаратура и т.д. Большое значение придано участию профильных научных организаций в обосновании программы, методов ведения и интерпретации результатов экологического мониторинга, а также в использовании работ по мониторингу в решении прикладных научно-исследовательских задач по обоснованию и оптимизации мелиоративных мероприятий и водопользования, совершенствованию моделей фильтрации и влаго-, солепереноса, необходимых для эффективного управления состоянием мелиорируемых сельскохозяйственных земель.

Для эффективного ведения и развития системы мониторинга мелиорированных земель представляется необходимым определенным ряд мер, включающий восстановление специализированной гидрогеолого-мелиоративной службы или службы экологического мониторинга в системе службы эксплуатации мелиоративных систем; обеспечение методической поддержки службы со стороны научных организаций при совершенствовании методов наблюдений, оценки и прогноза мелиоративного состояния земель, почв, режима подземных вод и др.; обеспечение устойчивого финансирования ведения мониторинга с учетом необходимости обеспечения современными средствами наблюдений и их бесперебойной эксплуатации, модернизации оборудования, технического обслуживания, регулярного обновления и поверки; расширения использования современных спутниковых и информационных технологий при ведении мониторинга, развития вычислительных и телекоммуникационных средств обработки данных и прогнозирования состояния мелиорированных земель как блока мониторинга сельскохозяйственных земель; развитие кадрового профессионального потенциала службы и др.

Заключение. Направленность экологического мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель на обеспечение экологической устойчивости ландшафтов и речных бассейнов обуславливает необходимость проведения наблюдений не только за показателями состояния компонентов, но и за факторами, определяющими их экологическое состояние, функционирование природных систем в целом, а также опасность развития экологически неблагоприятных процессов.

На фоне глобального изменения климата в последние десятилетия реально ощущаются климатические подвижки, затрагивающие все компоненты климатической системы, изменяющие закономерности радиационного, гидрологического, температурного режимов и др. Для обоснования своевременной адаптации сельского хозяйства, оперативных мелиоративных мероприятий, необходимых мер по обеспечению плодородия почв в новых условиях, а также научно-обоснованного планирования развития сельского хозяйства и мелиорации земель в условиях изменяющегося климата возрастает значение постоянных наблюдений и прогнозов в рамках экологического мониторинга мелиорированных земель.

Разработанные принципы организации и ведения мониторинга мелиорированных земель, которые включают обязательность научного обоснования работ, междисциплинарного и экологического подходов при их планировании и реализации, иерархическую структуру системы мониторинга, комплексность наблюдений, необходимых для оценки и прогноза состояния всех объектов мониторинга, обеспечение достоверности получаемой информации, позволили актуализировать структуру и методы мониторинга. Предложенная технология положена в основу разработанных методических ре-

комендаций по ведению экологического мониторинга. Использование результатов мониторинга позволяет обосновать адекватные решения по управлению мелиоративным состоянием земель и плодородием почв с целью минимизации возможных экологических рисков в сельском хозяйстве и создания условий для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур с учетом динамики природно-климатических условий.

Библиографический список

1. 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.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/download/2014/od/od2.pdf>
3. Кизяев, Б.М. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата [Текст] / Б.М. Кизяев, С.Д. Исаева //Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т.86. – № 10. – С. 909-914.
4. Методические рекомендации по контролю за мелиоративным состоянием орошаемых земель. (Одобрены Бюро НТС Минводхоза СССР 2 июня 1976 г.) [Текст]. – М.: Изд. ВНИИГиМ, 1982. – 73 с.
5. Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения [Текст]/ В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, М.А. Сазанов, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 26-33.
6. О качестве воды для сельскохозяйственного водоснабжения и мерах по его обеспечению. [Текст] /С.Д. Исаева, Н.Н. Дубенок, Е.В. Овчинникова, Н.С. Быстрицкая //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №3(39). – С. 20-25.
7. Парфенова, Н.И. Зональные особенности экологически безопасного функционирования природных систем в зоне действия АПК [Текст] / Н.И.Парфенова // Современные проблемы мелиорации и водного хозяйства: материалы юбилейной конференции. – М.: Изд. ВАНИИА, 2009. – Т. 1. – С. 244-253.
8. Порядок осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения (Утверждены приказом Минсельхоза России от 24.12.2015. № 664. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-24122015-n-664/>

Reference

1. Borodychev, V. V. Monitoring i upravlenie orosheniem v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Je. Golovinov. - M.: Redakciya zhurnala "Mehanizaciya i jelektrifikaciya sel'skogo hozyajstva", 2017. – 154 s.
2. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj federacii [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://voeikovmgo.ru/download/2014/od/od2.pdf>
3. Kizyaev, B. M. Vodoobespechennost' Rossijskoj Federacii v usloviyah global'nogo potepleniya klimata [Tekst] / B. M. Kizyaev, S. D. Isaeva //Vestnik Rossijskoj akademii nauk. -2016. - T.86. - № 10. - S. 909-914.
4. Metodicheskie rekomendacii po kontrolyu za meliorativnym sostoyaniem oroshaemyh zemel'. (Odobreny Byuro NTS Minvodhoza SSSR 2 iyunya 1976 g.) [Tekst]. - M.: Izd. VNIIGiM, 1982. - 73 s.
5. Modelirovanie processa upravleniya vodno-solevym rezhimom pochv v usloviyah orosheniya [Tekst]/ V. V. Borodychev, }. B. Dedova, M. A. Sazanov, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 2 (42). - S. 26-33.

6. О качестве воды для сельскохозяйственного водоснабжения и мер по его обеспечению. [Текст] /С. Д. Isaeva, N. N. Dubenok, E. V. Ovchinnikova, N. S. Bystrickaya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – №3(39). – С. 20-25.

7. Parfenova, N. I. Zonal'nye osobennosti jekologicheski bezopasnogo funkcionirovaniya prirodnyh sistem v zone dejstviya APK [Текст] / N. I. Parfenova // Sovremennye problemy melioracii i vodnogo hozyajstva: materialy yubilejnoj konferencii. - М.: Izd. VANIIA, 2009. - Т. 1. - С. 244-253.

8. Poryadok osuschestvleniya gosudarstvennogo monitoringa zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya (Utverzhdeny prikazom Minsel'hoza Rossii ot 24.12.2015. № 664. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-24122015-n-664/>

E-mail: isaevasofia@gmail.com

УДК 631.52.633.11

ОТБОР АДАПТИРОВАННЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

SELECTION OF ADAPTED VARIETIES OF A YARLE SOFT AND SOLID WHEAT FOR LIGHT-CHESTNUT SOILS OF VOLGOGRAD REGION

К.В. Лёвкина, кандидат сельскохозяйственных наук

К.А. Кудина, аспирант

А.Е. Аршинова, студент

K.W. Levkina, K.A. Kudina, A.E. Arshinova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Представлены результаты анализа продуктивности сортов яровой твёрдой и мягкой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области за 2015-2016 годы. Выявлено, что в сильно засушливые годы период вегетации сокращался на 2-3 суток, урожайность – на 1,53-2,0 т/га. Различия по времени у сортов в фазу наступления восковой спелости не превышало 5-7 суток. Максимальная урожайность у изучаемых сортов получена в 2016 году, когда за период вегетации осадков выпало 160 мм, температура воздуха в фазу колошения – восковой спелости превышала среднегодовую на 4,6 °С, дней с влажностью воздуха 30 % и менее было 5 суток. В таких гидротермических условиях высокую урожайность сформировал сорт мягкой пшеницы Тулаковская золотистая – 3,69 т/га, он превзошёл сорт стандарт мягкой пшеницы Фаворит на 1,1 т/га, другие сорта мягкой пшеницы уступили ему от 0,76 т/га – Камышинская 3, до 0,69 т/га – Альбидум 188. Из твердых сортов лучше всего себя показал сорт Донская элегия – 3,43 т/га, он превысил сорт-стандарт Безенчукская 205 на 0,46, другие сорта уступили ему от 0,39 т/га – Краснокутка 13, до 0,19 – Вольнодонская. В сильно засушливом 2015 году урожайность у всех сортов сформировалась низкой, по этому показателю выделились сорта мягкой пшеницы: Альбидум 188 (1,90 т/га), Фаворит (1,69 т/га). Сорта твердой пшеницы: Безенчукская 205 (1,75 т/га), Вольнодонская (1,71 т/га).

The results of the analysis of the productivity of varieties of spring hard and soft wheat on light chestnut soils of the Volgograd region for 2015-2016 are presented. It was revealed that in very dry years the vegetative period was reduced by 2-3 days, yield - by 1.53-2.0 t / ha. The difference in time between varieties during the onset of wax ripeness did not exceed 5-7 days. The maximum yield in the studied varieties was obtained in 2016, when 160 mm fell during the vegetation period, the air temperature in the waxing phase - wax ripeness exceeded the mean annual temperature by 4.6 ° C, days with air humidity of 30% and less were 5 days. In such hydrothermal conditions, the high yield yielded a grade of soft wheat Tuylakovskaya golden - 3.69 t / ha, it surpassed the standard of soft wheat Favorit by 1.1 t / ha, other varieties of soft wheat yielded from 0.76 t / ha - Kamyshinskaya 3 ,

up to 0.69 t / ha - Albidum 188. Of the hard varieties, the Don Elegy grade was the best, 3.43 t / ha, it exceeded the Bezenchuk 205 grade by 0.46, other varieties yielded to it from 0.39 t / ha - Krasnokutka 13, up to 0.19 - the Volnodonskaya. In severely arid 2015, the yields of all varieties were low, according to this indicator soft wheat varieties were distinguished: Albidum 188 (1.90 t / ha), Favorit (1.69 t / ha). Varieties of hard wheat: Bezenchuk 205 (1.75 t / ha), Volnodonskaya (1.71 t / ha).

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, яровая твердая пшеница, экономическая эффективность сортов, сортоиспытание, продуктивность сортов.

Key words: spring soft wheat, spring hard wheat, economic efficiency of varieties, variety testing, productiveness of varieties.

Введение. В структуре зернового производства страны яровая пшеница имеет значительный удельный вес. Главные требования к сортам яровой пшеницы в Волгоградской области – высокая адаптированность к почвенно-климатическим условиям и способность максимально использовать биоклиматический потенциал региона возделывания [1]. Яровая пшеница – это одна из наиболее ценных продовольственных культур, поскольку ее зерно содержит много белка (18...24 %) и отличается хорошими вкусовыми и хлебопекарными качествами. Величина урожая яровой пшеницы зависит от заложившихся в колосе элементов питания, а также от густоты стеблестоя [6].

По типу развития данная пшеница относится к ранним яровым и в складывающихся метеорологических условиях высевается одной из первых, но, даже если высевать ее в поздние сроки, она дает неплохой урожай [6]. Однако можно получить высокий урожай, если рассматривать сорт как главный фактор интенсификации сельскохозяйственного производства. Сорт (гибрид) всегда играл важную роль в росте урожайности зерновых культур. Главная особенность сорта – это высокая и устойчивая по годам урожайность. На долю сорта приходится 20...50 % в общем повышении урожайности сельскохозяйственных культур, кроме того, сорта имеют большое значение и в улучшении качества зерна [2]. Научой и практикой хозяйства высокой культуры земледелия установлено, что внедрение новых, приспособленных к условиям конкретных зон хорошо отселектированных сортов (без вложения дополнительных капитальных затрат) обеспечивает с каждого гектара посева дополнительно 2,5-3,0 т/га зерна [10]. Поэтому определение оптимальных сроков посева – актуальная задача земледелия. Оптимальный срок посева современных сортов яровой мягкой пшеницы селекции ПНИИСХ, способствующий рациональному расходованию почвенной влаги и эффективному использованию летних осадков при посеве пшеницы с 20 до 30 мая; урожайность увеличивается до 25-30, а в отдельные годы – до 40-50 % [3, 9]. В современных экономических условиях наиболее эффективный путь повышения валового производства зерна – это совершенствование технологий возделывания зерновых культур для конкретных почвенно-климатических условий зоны [5]. На основании многолетних исследований разработаны рекомендации по дифференцированному применению в севооборотах систем отвальной, безотвальной и минимальной зяблевой обработок, а также организации их применения, обеспечивающей ресурсосбережение, повышение производительности труда и урожайности сельскохозяйственных культур [7, 10]. Применение оптимального сочетания безотвальной и отвальной зяблевой обработки почвы в восьмипольном зерно-пропашном севообороте сглаживает отрицательные стороны дисбаланса почвенных горизонтов по содержанию азота, фосфора и калия [8].

Цель исследования – оценить адаптивный потенциал сортов яровой мягкой и твердой пшеницы по урожайности зерна в условиях Волгоградской области.

Материалы и методы. Изучение сортов проводилось на Городищенском гос-сортучастке в соответствии с принятыми севооборотами, типичными для зоны, с соблюдением методики Государственного сортоиспытания. Почва под опытами – светло-

каштановая типичная, содержание гумуса от 1,5-2 %. Климат области засушливый, с резко выраженной континентальностью. Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались по температурному режиму и влагообеспеченности, что позволило оценить адаптивные свойства сортов яровой мягкой и твердой пшеницы.

Исследования проводили в 2015–2016 гг. Объектами исследований являлись 10 сортов яровой мягкой и твердой пшеницы. Мягкая: Фаворит, Альбидум 188, Воевода, Альбидум 32, Камышинская 3, Туйлаковская золотистая. Твердая: Безенчукская 205, Донская элегия, Краснокутка 13, Вольнодонская. Сорты разных групп спелости различаются по морфологическим, биологическим и хозяйственно-ценным признакам. В качестве стандарта мягкой пшеницы использовали районированный по Волгоградской области сорт Фаворит, а стандартом из твердых пшениц являлся сорт Безенчукская 205. Повторность опытов 4-х кратная при систематическом размещении вариантов. Площадь делянки 50 м², предшественник чёрный пар. Уборка проводилась методом прямого комбайнирования комбайном «САМПО РОСТОВ 2001». Урожай зерна приводился к стандартной влажности 14 %, 100 % чистоте.

На опытах проводились следующие наблюдения и учёты:

1. Фенологические наблюдения за ростом и развитием озимых культур. Отмечались следующие фазы: полные всходы, начало кущения, восковая и полная спелость. Начало фазы отмечалось, когда у 10 % растений было отмечено её наступление, а массовое – у 75 %.

2. Измерение высоты растений проводили по вариантам опыта в фазу полной спелости. Высоту растений измеряли от основания стебля до кончика колоса, измерения проводили с 50 типичных растений в каждом повторении опыта.

3. Определение структуры урожая проводили по методике Госсортиспытания, производили учёт массы 1000 зёрен (ГОСТ 10842-89). Для анализа отбирали 50 типичных растений по каждому повторению опыта.

4. Учёт хозяйственного урожая проводили поделочно методом сплошного обмолота комбайном «САМПО РОСТОВ 2001», одновременно с каждого варианта отбирали пробу зерна для определения влажности и засоренности.

5. Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

6. Экономическую эффективность сортов определяли по результатам затрат на основе действующих нормативов и расценок по методике кафедры экономики ВолГАУ на основе технологических карт.

Результаты и обсуждение. В 2016 году посев был проведен 15.04.2016 г., период «посев – всходы» был самым коротким и составил 8 суток, а наиболее продолжительным в 2015 году – 14 суток при посеве 14.04.15 г. Главной причиной увеличения периода «посев – всходы», на наш взгляд, явилась высокая температура воздуха. Следует отметить, что срок посева часто не влияет на продолжительность периода «посев – всходы».

Продолжительность периода «всходы – начало кущения» не зависела от сорта, а колебалась в зависимости от сложившихся погодных условий от 15 суток в 2016 до 17 суток в 2015 году. В среднем составила 16 суток (таблица 1).

Следует отметить, что в 2015 году продолжительность периода «кущение – полное колошение» по сорту-стандарту яровой мягкой пшеницы Фаворит составила 33 суток, а в 2016 году – 41 сутки, по сорту-стандарту твердой пшеницы Безенчукская 205 сложилась такая же ситуация, в среднем в 2015 году этот период составил 33 суток, а в 2016 году – 41 сутки. В среднем продолжительность периода по сортам яровой мягкой и твердой пшеницы составила 37 суток. Кущение наступило в 2015 и 2016 годах в пер-

вой и второй декадах мая. Следует отметить, что в 2015 году продолжительность периода «кущение – полное колошение» составила 33 суток, а в 2016 году – 41 сутки. В среднем продолжительность периода составила 37 суток (таблица 2).

Таблица 1 – Продолжительность периода «всходы – кущение»
яровой мягкой и твердой пшеницы в 2015-2016 гг.

Сорт	Год	Всходы	Кущение	Продолжи- тельность, суток	Средняя температура, °С
Мягкая пшеница					
Фаворит	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Альбидум 188	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Воевода	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Альбидум 32	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Камышинская 3	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Туйлаковская золотистая	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Твердая пшеница					
Безенчукская 205	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Донская элегия	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	08.05	15	15,3
Краснокутка 13	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3
Вольнодонская	2015	28.04	15.05	17	17,3
	2016	23.04	8.05	15	15,3

Продолжительность этого периода была различна не только по годам, но и по сортам. Так, в 2015 году самый длинный период был у сорта стандарт мягкой пшеницы Фаворит, он составил 37 суток. Из твердых сортов самый короткий срок был у сортов Донская элегия, Краснокутка 13, Безенчукская 205. А в 2016 году самым продолжительным был период у сорта мягкой пшеницы Альбидум 32 – 34 суток, из твердых сортов у сорта стандарта Вольнодонская – 34 суток (таблица 2).

Таблица 2 – Продолжительность периода «полное колошение – восковая спелость»
яровой мягкой и твердой пшеницы в 2015-2016 гг.

Сорт	Год	Полное колошение	Восковая спелость	Продолжи- тельность, суток	Средняя температура, °С
1	2	3	4	5	6
Мягкая пшеница					
Фаворит	2015	12.06	19.07	37	21,4
	2016	18.06	18.07	30	19,3
Альбидум 188	2015	08.06	11.07	33	21,4
	2016	09.06	10.07	31	19,3
Воевода	2015	09.06	12.07	33	21,4
	2016	13.06	12.07	29	19,3
Альбидум 32	2015	10.06	14.07	34	21,4
	2016	12.06	15.07	33	19,3

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Камышинская 3	2015	10.06	13.07	33	21,4
	2016	12.06	15.07	33	19,3
Туйлаковская золотистая	2015	14.06	17.07	33	21,4
	2016	17.06	18.07	31	19,3
Твердая пшеница					
Безенчукская 205	2015	13.06	17.07	34	21,4
	2016	14.06	18.07	34	19,3
Донская элегия	2015	09.06	12.07	33	21,4
	2016	12.06	11.07	29	19,3
Краснокутка 13	2015	11.06	14.07	33	21,4
	2016	13.06	16.07	33	19,3
Вольнодонская	2015	08.06	11.07	33	21,4
	2016	11.06	10.07	29	19,3

Следует отметить, что 2016 год отличался высокорослостью растений в сравнении с 2015 годом. Самым высоким в 2016 был сорт твердой пшеницы Краснокутка 13 – 1,12 м, самым низким оказался сорт мягкой пшеницы, стандарт Фаворит – 1,02 м. В 2015 аномально засушливом году по высоте выделился сорт твердой пшеницы Вольнодонская – 0,76 м, самым низким был сорт мягкой пшеницы Туйлаковская золотистая – 0,64 м. В среднем за два года наиболее высокими оказались сорта: Вольнодонская, Камышинская 3 и Краснокутка 13 – 0,93 м (таблица 3).

Таблица 3 – Высота растений сортов яровой мягкой и твердой пшеницы, м

Сорт	Год		
	2015	2016	Среднее
Мягкая пшеница			
Фаворит	0,70	1,02	0,86
Альбидум 188	0,70	1,08	0,89
Воевода	0,70	1,03	0,86
Альбидум 32	0,75	1,07	0,91
Камышинская 3	0,75	1,11	0,93
Туйлаковская золотистая	0,64	1,10	0,87
Твердая пшеница			
Безенчукская 205	0,71	1,05	0,88
Донская элегия	0,69	1,06	0,87
Краснокутка 13	0,75	1,12	0,93
Вольнодонская	0,76	1,10	0,93

Проведенные исследования показали, что в 2015 году по массе 1000 зерен выделились сорта Альбидум 188, Воевода, Тулайковская золотистая и сорта твердой пшеницы, такие как Безенчукская 205, Краснокутка 13. В 2016 году лучшими по этому показателю были Альбидум 188, Альбидум 32, Камышинская 3, а также сорта твердой пшеницы Безенчукская 205, Краснокутка 13. В среднем за два года наибольшей массой 1000 семян обладал сорт-стандарт твердой пшеницы Безенчукская 205, по мягкой пшенице – сорт Камышинская 3 (таблица 4).

В период исследований отмечено значительное варьирование урожайности сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в условиях Волгоградской области.

Таблица 4 – Масса 1000 зерен яровой мягкой и твердой пшеницы, г

Сорт	Год		
	2015	2016	Среднее
Мягкая пшеница			
Фаворит	26,4	31,2	28,8
Альбидум 188	27,6	33,8	30,7
Воевода	28,8	28,3	28,5
Альбидум 32	27,0	33,8	30,4
Камышинская 3	25,9	35,7	30,8
Туйлаковская золотистая	27,1	28,8	27,9
Твердая пшеница			
Безенчукская 205	36,0	45,4	40,7
Донская элегия	28,7	43,5	36,1
Краснокутка 13	31,0	45,9	38,4
Вольнодонская	30,2	42,2	36,2

В таблице 5 представлена урожайность 10 сортов пшеницы. В 2016 г. выявлена наиболее высокая урожайность зерна пшеницы, которая составила в среднем по сортам 2,36 т/га. В 2015 году лучшим сортом мягкой пшеницы был Альбидум 32 – 1,95 т/га, ниже урожайность у мягкой пшеницы Камышинская 3 – 1,45 т/га. Лучшим сортом из твердых пшениц был сорт стандарт Безенчукская 205 – 1,75 т/га, ниже урожайность у сорта Краснокутка 13 – 1,48 т/га. В 2016 году лучше всего себя показал сорт мягкой пшеницы Туйлаковская золотистая, урожайность которого составила – 3,69 т/га, у стандарта (Фаворит) она была на уровне 2,58 т/га. В 2016 году среди сортов твердой пшеницы выделился сорт Донская элегия – 3,43 т/га, превысив стандарт на 0,46 т/га (Безенчукская 205 – 2,97 т/га). По средним подсчетам за два года лучший сорт мягкой пшеницы – Туйлаковская золотистая – 2,66 т/га, твердой пшеницы – Донская элегия – 2,51 т/га.

Таблица 5 – Урожайность зерна яровой мягкой и твердой пшеницы, т/га

Сорт	Год		
	2015	2016	Среднее
Мягкая пшеница			
Фаворит	1,69	2,58	2,13
Альбидум 188	1,90	3,0	2,45
Воевода	1,48	3,02	2,25
Альбидум 32	1,95	3,11	2,53
Камышинская 3	1,45	2,93	2,19
Туйлаковская золотистая	1,63	3,69	2,49
Твердая пшеница			
Безенчукская 205	1,75	2,97	2,36
Донская элегия	1,59	3,43	2,51
Краснокутка 13	1,48	3,04	2,26
Вольнодонская	1,71	3,24	2,47
НСР ₀₅ , т/га	0,01 %	0,17 %	0,09 %

Экономическая эффективность сортов мягкой яровой и твердой пшеницы. Целесообразность возделывания любой сельскохозяйственной культуры, в том числе и яровой пшеницы, определяется, прежде всего, экономической эффективностью (таблицы 6, 7).

Анализируя эффективность возделывания яровой мягкой и твердой пшеницы, отметим, что возделывание сорта твердой пшеницы Донская элегия на светло-каштановых почвах Городищенского района является наиболее эффективным. Наибольшая урожайность по яровой мягкой пшенице была получена по сорту Альбидум 32 – 2,53 т/га.

Таблица 6 – Экономическая эффективность возделывания сортов
яровой мягкой пшеницы

Показатель	Камышин- ская 3	Туйлаковская золотистая	Красно- кутка 13	Альбидум 188	Воевода
Урожайность, т/га	2,19	2,49	2,26	2,45	2,25
Затраты труда на 1 га, чел. - ч.	11,92	12,87	12,52	12,93	12,48
Затраты средств на 1 га, руб.	8003	8003	8003	8003	8003
Цена реализации 1 т, руб.	9000	9000	18000	9800	9800
Трудоемкость 1 т чел.-ч.	5,60	5,17	5,54	5,28	5,55
Себестоимость 1 т, руб.	3654	3214	3541	3266	3556
Стоимость продукции, руб. на:					
- 1 га	19710	22410	40680	24010	22050
- 1 руб. затрат	2,46	2,80	5,08	3,00	2,75
Расчетная прибыль, руб. на:					
- 1 т. продукции	5346	5786	14459	6534	6244
- 1 га	11707	14407	32677	16007	14047
Уровень рентабельности, %	146	180	408	200	175

Таблица 7 – Экономическая эффективность возделывания сортов
яровой твердой пшеницы

Показатель	Фаворит	Безенчукская 205	Вольно- донская	Донская элегия	Альбидум 32
Урожайность, т/га.	2,13	2,36	2,47	2,51	2,53
Затраты труда на 1 га, чел. - ч.	12,01	12,83	13,1	12,87	12,87
Затраты средств на 1 га, руб.	8003	8003	8003	8003	8003
Цена реализации 1 т, руб.	9800	18000	18000	18000	9800
Трудоемкость 1 т чел.-ч.	5,64	5,44	5,32	5,13	5,09
Себестоимость 1 т, руб.	3757	3391	3240	3188	3163
Стоимость продукции, руб. на:					
- 1 га	20874	42480	44460	45180	24794
- 1 руб. затрат	2,60	5,30	5,55	5,64	3,09
Расчетная прибыль, руб. на:					
- 1 т. продукции	5243	14609	14760	14812	6637
- 1 га	12844	34477	36457	37177	16791
Уровень рентабельности, %	160	430	455	464	209

Наибольшая урожайность по сорту яровой твердой пшеницы Донская элегия 2,51 т/га превысила урожайность на 0,15 т/га по сорту-стандарту твердой пшеницы Безенчукская 205, а по сорту-стандарту мягкой пшеницы Фаворит на – 0,38 т/га, Альбидум 32 превысил урожайность, в сравнении с сортом стандартом Фаворит, на 0,4 т/га.

При цене реализации 9800 руб. максимальную прибыль с 1 га получили по сорту яровой мягкой пшеницы Альбидум 32 16791 руб., а рентабельность – 209 %. Прибыль с посевов Фаворит составила 12 871 руб., рентабельность – 160 %, что на 49 % ниже, чем у Альбидум 32.

При цене реализации 18 000 руб. максимальную прибыль с 1 га получили по сорту твердой пшеницы Донская элегия 37 177 руб., а рентабельность – 464 %.

Прибыль с посевов Безенчукская 205 составила 34 477 руб., рентабельность 430 %, что на 30 % ниже, чем у Донской элгии.

Заключение. Урожайность является одним из основных показателей для рекомендации сорта в производство. Проведённые исследования показали, что различные генотипы по-разному реагировали на изменение гидротермических условий. Так, в 2015 году выделились сорта мягкой пшеницы: Альбидум 188 (1,90 т/га), Фаворит (1,69 т/га). Из твердых сортов пшеницы лучшими являлись: Безенчукская 205 (1,75 т/га) Вольнодонская (1,71 т/га), в 2016 году из мягкой пшеницы: Туйлаковская золотистая (3,69 т/га), Альбидум 32 (3,11 т/га). Из сортов твердой пшеницы лучшими были: Донская элегия (3,43 т/га), Вольнодонская (3,24 т/га). По экономической эффективности лучшим сортом из яровой мягкой и твердой пшениц выделяем Донскую элегию, где прибыль составила 37 177 руб, при рентабельности 464 %, что на 34 % выше, чем у сорта стандарта твердой пшеницы Безенчукская 205. Таким образом, для зоны светло-каштановых почв Волгоградской области возделывание яровой твердой пшеницы сорта Донская элегия является более эффективным по сравнению с другими сортами.

Библиографический список

1. Беляев, Н.Н. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы в экологическом испытании на северо-востоке Центрально-черноземного района [Текст] / Н.Н. Беляев, Е.А. Дубинина, В.В. Корякин // Вестник ТГУ. – 2017. – №2. – С. 411-412.
2. Гушин, И.В. Твердая пшеница в Саратовской области [Текст] / И.В. Гушин // Твердые и сильные пшеницы в степном Поволжье. – Саратов, 1983. – С. 29-40.
3. Ирмулаев, Б.Р. Влияние сроков посева и нормы высева на урожайность семенных сортов яровой мягкой пшеницы [Текст] / Б.Р. Ирмулатов, Б.А. Мустафаев // Растениеводство. – 2016. – №3. – С. 18-20.
4. Ирмулатов, Б.Р. Влияние сроков посева и нормы высева на урожайность современных сортов яровой мягкой пшеницы [Текст] / Б.Р. Ирмулатов, Б.А. Мустафаев // Растениеводство. – 2016. – №3. – С. 18-20.
5. Ленточкин, А.М. Эффективность систем обработки почвы в технологии выращивания яровой пшеницы [Текст] / А.М. Ленточкин, П.Е. Ширококов, Л.А. Ленточкина // Достижение науки и техники АПК. – 2015. – №5. – С. 54-56.
6. Полевая устойчивость образцов яровой мягкой пшеницы к татарской популяции [Текст] / Н.З. Василова, Э.З. Багавиева, М.Р. Тазутдинова, Г.Р. Насихова, И.И. Хусаинова // Защита и карантин растений. – 2015. – №11. – С. 43-44.
7. Плескачев, Ю.Н. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на продуктивность пшеницы [Текст] / Ю.Н. Плескачев, Н.В. Перекрестов, Е.А. Скороходов // Плодородие. – 2017. – №4. – С. 6-7.
8. Синещев, В.Е. Влияние минимизации основной обработки почвы на азотный режим чернозема выщелоченного и продуктивность яровой пшеницы в зернопаровом севообороте [Текст] / В.Е. Синещев, Г.И. Ткаченко // Агрохимия. – 2016. – №1. – С. 59-63.
9. Ткачук, О. Совершенствование элементов технологии возделывания яровой пшеницы, обеспечение снижения энергетических затрат и повышение урожайности на черноземных почвах лесостепи Поволжья [Текст] / О. Ткачук, А. Орлова, Е. Павликова, // Главный агроном. – 2015. – №3. – С. 18-25.
10. Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы [Текст] / Е.М. Денисов, М. Панасов, Ф. Четвериков, Д. Сураев // Главный агроном. – 2014. – №9. – С. 21-24.

Reference

1. Belyaev, N. N. Ocenka sortov yarovoj myagkoj pshenicy v jkologicheskom ispytanii na severo-vostoke central'no chernozemnogo rajona [Tekst] / N. N. Belyaev, E. A. Dubinina, V. V. Koryakin // Vestnik TGU. – 2017. – №2. – S. 411-412.
2. Guschin, I.V. Tverdaya pshenica v Saratovskoj oblasti [Tekst] / I. V. Guschin //Tverdye i sil'nye pshenicy v stepnom Povolzh'e. – Saratov, 1983. – S. 29-40.

3. Irmulaev, B. R. Vliyanie srokov poseva i normy vyseva na urozhajnost' semennyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy [Tekst] / B. R. Irmulato, B. A. Mustafaev // Rasteniyevodstvo. – 2016. – №3. – S. 18-20.

4. Irmulato, B. R. Vliyanie srokov poseva i normy vyseva na urozhajnost' sovremennyh sortov yarovoj myagkoj pshenicy [Tekst] / B. R. Irmulato, B. A. Mustafaev // Rasteniyevodstvo. – 2016. – №3. – S. 18-20.

5. Lentochkin, A. M. Jefferktivnost' sistem obrabotki pochvy v tehnologii vyraschivaniya yarovoj pshenicy [Tekst] / A. M. Lentochkin, P. E. Shirobokov, L. A. Lentochkina // Dostizhenie nauki i tehniki APK. – 2015. – №5. – S. 54-56.

6. Polevaya ustojchivost' obrazcov yarovoj myagkoj pshenicy k tatarskoj populyacii [Tekst] / N. Z. Vasilova, Je. Z. Bagavieva, M. R. Tazutdinova, G. R. Nasihova, I. I. Husainova // Zashita i karantin rastenij. – 2015. – №11. – S. 43-44.

7. Pleskachjov, Yu. N. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i udobrenij na produktivnost' pshenicy [Tekst] / Yu. N. Pleskachjov, N. V. Perekrestov, E. A. Skorohodov // Plodorodie. – 2017. – №4. – S. 6-7.

8. Sineschekov, V. E. Vliyanie minimizacii osnovnoj obrabotki pochvy na azatnyj rezhim chernozema vyschelochennogo i produktivnost' yarovoj pshenicy v zernoparovom sevooborote [Tekst] / V. E. Sineschekov, G. I. Tkachenko // Agrohimiya. – 2016. – №1. – S. 59-63.

9. Tkachuk, O. Sovershenstvovanie jelementov tehnologii vzdelyvaniya yarovoj pshenicy, obespechenie snizheniya jnergeticheskikh zatrat i povyshenie urozhajnosti na chernozemnyh pochvah lesostepi Povolzh'ya [Tekst] / O. Tkachuk, A. Orlova, E. Pavlikova // Glavnyj agronom. – 2015. – №3. – S. 18-25.

10. Urozhajnost' zerna yarovoj pshenicy v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki pochvy [Tekst] / E. M. Denisov, M. Panasov, F. Chetverikov, D. Suraev // Glavnyj agronom. – 2014. – №9. – S. 21-24.

E-mail: ksenya-lyovkina@mail.ru

УДК 633.13: 575

ВЛИЯНИЕ ПЛОИДНОСТИ НА ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОВСА

INFLUENCE OF PLOIDITY ON PRODUCTION CHARACTERISTICS OF AVENA

Б.В. Романов¹, кандидат биологических наук

К.И. Пимонов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И.Ю. Сорокина¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Г.А. Козлечков², кандидат биологических наук

С.В. Пасько², кандидат сельскохозяйственных наук

B.V. Romanov¹, K.I. Pimonov¹, I.Yu. Sorokina¹, G.A. Kozlechkov², S.V. Pasko²

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»

²Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства

¹Don State Agrarian University

²Don Zonal Research Institute of Agriculture

В результате проведенных исследований показано, что масса метелок в полиплоидном ряду представителей рода *Avena*: *A. strigosa* (2n) - *A. abissinica* (4n) - *A. sativa* (6n) – существенно и дозированно увеличилась. При этом в качестве единицы, обеспечивающей данный дозированный рост массы метелок, можно использовать показатель диплоидного вида. Так, применяя признак диплоида, был вычислен примерный показатель массы метелки для тетраплоида и гексаплоида, что практически совпадает с реальными фактическими данными последних. Соответствие теоретической и фактической массы метелок гексаплоида подтверждено при помощи χ^2 . Следовательно, в ряду диплоид – тетраплоид – гексаплоид у представителей рода *Avena*, также как и у пшеницы, отмечается закономерное дозированное увеличение продукционных

признаков. В основе такого закономерного дозированного увеличения продукционных показателей у овса лежит вклад исходного диплоидного организма, который практически суммируется в генотипах полиплоидов.

As a result of the carried out researches it was shown that the mass of panicles in the polyploid series of representatives of the genus *Avena*: *A. strigosa* (2n) - *A. abyssinica* (4n) - *A. sativa* (6n) significantly and dosedly increased. At the same time, a diploid species can be used as the unit providing this metered growth of panicle weight. So, applying the sign of the diploid, an approximate mass indicator of a panicle for a tetraploid and a hexaploid was calculated, which practically coincides with the actual data of the latter. The correspondence of the theoretical and actual mass of the panicles of the hexaploid was confirmed with the help of χ^2 . Consequently, in the series: diploid-tetraploid-hexaploid in representatives of the genus *Avena*, as well as in wheat, there is a regular dose increase in their production characteristics. The basis of such a regular dosed increase in production indicators in oats is the contribution of the original diploid organism, which is practically summed up in the genotypes of polyploids.

Ключевые слова: *Avena*, уровень плоидности, полиплоидный ряд, продукционные признаки, теоретическая и фактическая продуктивность.

Key words: *Avena*, ploidy level, polyploid series, production characteristics, theoretical and actual productivity.

Введение. Род Овёс (*Avena* L.) относится к семейству Poaceae. Он объединяет около 70 видов, которые составляют полиплоидный ряд: $2n = 14, 28$ и 42 . Виды овса подразделяют на две секции: *Euavena* Griseb. - однолетние виды, которые включают культурно-полевые, сорно-полевые и дикие растения, и *Avenastrum* Koch. — многолетние виды, которые представлены луговыми, степными и альпийскими злаками. Секция *Euavena* состоит из двух подсекций: *Aristulatae* Malz. ($2n = 14$ и 28) и *Denticulatae* Malz. ($2n = 42$) [7].

Овёс является ценной продовольственной и кормовой культурой, которая возделывается как в одновидовом посеве, так и в смеси с бобовыми культурами, такими как чина посевная, горох посевной, вика яровая и др. [2, 3].

Изучение полиплоидных рядов растений показало, что моноплоидные виды являются исходными, а полиплоидные – производными от них [1]. Как правило, увеличение плоидности у растений до определенного уровня сопровождается гигантизмом их органов, в том числе и генеративных. Поэтому в производстве зерновых культур, таких как пшеница, ячмень, овёс и др., используются в основном полиплоидные формы, которые обладают большим потенциалом урожайности. Установлено, что продуктивность гексаплоидной мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. AABBDD втрое превосходит таковую диплоидной дикой пшеницы *T. urartu* AA, являющейся одним из источников её двойных или диплоидных геномов [6]. Следовательно, полиплоидия, за известными на настоящий момент некоторыми исключениями, обеспечила закономерный дозированный рост продукционных показателей у пшеницы в ряду: диплоид *Triticum urartu* A'' → тетраплоид *T. persicum* $A''B$ → гексаплоид *T. aestivum* $A''BD$ [4, 5]. В этой связи представляет интерес, есть ли такое же дозированное увеличение продукционных показателей, по крайней мере до гексаплоидного уровня, у растений овса в аналогичном полиплоидном ряду.

Цель настоящих исследований – оценить продукционные характеристики видов овса разного уровня плоидности в ряду диплоид – тетраплоид – гексаплоид.

Материалы и методы. Объектами исследования служили представители рода *Avena*: *A. strigosa* (2n), *A. abyssinica* (4n) и *A. sativa* (6n), посеянные одновременно в одинаковых полевых условиях. В полную спелость провели отбор 25 метёлок с каждого видообразца и после досушки – взвешивание. Массу 1000 определяли на очищенных зерновках.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 представлены метелки сравниваемых образцов овса разного уровня ploидности. Видно, что габитус метелок от диплоидного видообразца *A. strigosa* к тетраплоидному *A. abissinica* ($4n$), а затем к гексаплоидному *A. sativa* значительно увеличивается в размерах. Особенно заметно существенное увеличение метёлки гексаплоидного образца по сравнению с диплоидным.



Рисунок 1 – Метелки овсов разного уровня ploидности:
1 – *A. strigosa* ($2n$), 2 – *A. abissinica* ($4n$), 3 – *A. sativa* ($6n$)

Несколько отличается более светлой окраской тетраплоидный видообразец, но, тем не менее, достаточно хорошо видно и соответствующее увеличение размеров колосков метелок в ряду диплоид $\rightarrow$ тетраплоид $\rightarrow$ гексаплоид. Следует подчеркнуть, что увеличение размеров колосков, отмечаемое визуальное, сопровождается соответствующим повышением массы метелок в ряду диплоид $\rightarrow$ тетраплоид $\rightarrow$ гексаплоид (таблица 1).

Таблица 1 – Продукционные характеристики овсов разного уровня ploидности

Вид	Плоидность	Количество видообразцов	Масса метелки с зерном, г
<i>Avena strigosa</i>	$2n$	1 видообразец	1,08
<i>Avena abissinica</i>	$4n$	1 видообразец	2,31
<i>Avena sativa</i>	$6n$	2 видообразца	3,32

Что характерно, также как и у пшеницы, отмечается не просто увеличение массы, а определённый дозированный рост, и в качестве единицы, определяющей этот дозированный рост, можно использовать показатели диплоидного представителя *A. strigosa*. Так, масса метелки тетраплоидного овса *A. abissinica* 2,31 г в 2 раза превосходит таковую у диплоидного *A. strigosa* – 1,08 г. В свою очередь, метелки гексаплоидных представителей *A. sativa* (3,32 г) уже втрое превышают метелку диплоидного представителя, то есть диплоидный овёс в данном случае выступает своего рода единицей, при помощи которой можно рассчитать признак тетраплоида и гексаплоида: $1,08 + 1,08 = 2,16$ (2,31); $1,08 + 1,08 + 1,08 = 3,24$ (3,32).

Следовательно, теоретически рассчитанная масса метелки тетраплоида (2,16) меньше фактической (2,31) на 0,15 г, а у гексаплоида – всего лишь 0,08 г. Отсюда превышение фактической продуктивности над теоретической у тетраплоида + 6 %, а гексаплоида и того меньше – всего лишь + 2 %. Если при определении массы метёлки гексаплоида отталкиваться от фактической продуктивности тетраплоида, то разница между теоретической и фактической продуктивностями практически не изменится: $2,31 + 1,08 = 3,39$ (3,32), то есть – 0,07 или те же 2 %.

Ввиду того что основной вес метелки складывается из массы зерновок, можно вполне объективно говорить о закономерном дозированном росте зерновой продуктивности этих видообразцов по мере увеличения уровня пloidности. Чтобы убедиться в том, что показатели диплоидного *A. strigose* можно использовать как соответствующую единицу, проверим через χ^2 (таблица 2). Для проверки возьмём показатели гексаплоидного *A. sativa*. В качестве ожидаемого расщепления как единицу используем *A. strigose*. За наблюдаемые частоты $1/3$ признака *A. sativa*. Соответственно, ожидаемые частоты показатель *A. strigose*.

Поскольку $\chi^2_{фак.}=0,0020 < \chi^2_{05}=5,99$, то нулевая гипотеза о соответствии эмпирического распределения теоретически ожидаемому не отвергается. Аналогичная картина отмечается и по тетраплоиду. Поэтому приводить аналогичные вычисления по последнему нет особой необходимости. Следовательно, зная показатели диплоидного овса, можно теоретически предположить, какими примерно продукционными признаками будут обладать тетраплоидные и гексаплоидные образцы, возделываемые с ним одновременно в одинаковых условиях.

Таблица 2 – Вычисление теоретических частот (F) и критерия соответствия (χ^2) для продуктивности гексаплоидного *A. sativa* $6n$ с использованием признака диплоидного *A. strigose* $2n$

Показатель	A.strigose $2n$			A.sativa $6n$
	$1/3$ $6n$ $2n$	$1/3$ $6n$ $2n$	$1/3$ $6n$ $2n$	$6n$ $2n+2n+2n$
Ожидаемое расщепление (H_0)	1	1	1	3
Наблюдаемые частоты (f)	1,11	1,11	1,10	3,32
Ожидаемые частоты (F)	1,08	1,08	1,08	3,24
Разность (f – F)	+0,03	+0,03	+0,02	
Квадрат разности (f – F) ²	0,0009	0,0009	0,0004	
Соотношение (f – F) ² / F	0,00083	0,00083	0,00037	

$$\chi^2 = \sum(f - F)^2 / F = 0,0020; \chi^2_{05} = 5,99$$

Размеры зерновок представителей разного уровня пloidности существенно различаются (рисунок 2). При этом чётко видно соответствующее увеличение размеров зерновок как в оболочке, так и без неё, от диплоидного образца к тетраплоидному и гексаплоидному.



Рисунок 2 – Зерновки видов овсов разного уровня пloidности:

1. *A. strigosa* ($2n$); 2. *A. abissinica* ($4n$); 3. *A. sativa* ($6n$)

Однако при определении массы 1000 зерновок такого ярко выраженного дозированного повышения не отмечалось (таблица 3).

Таблица 3 – Продукционные характеристики овсов разного уровня пloidности

Вид	Пloidность	Кол-во образцов	Масса 1000 зерен, г
<i>Avena strigosa</i>	2n	1 образец	8,2
<i>Avena abyssinica</i>	4n	1 образец	12,6
<i>Avena sativa</i>	6n	2 образца	23,2

По крайней мере, от диплоидного образца к тетраплоидному увеличение не в два раза, а всего на 1/3. Тем не менее, от диплоида к гексаплоиду увеличение массы 1000 зерновок было практически в три раза: $8,2 + 8,2 + 8,2 = 24,6$ г, что на уровне показателя у гексаплоида (23,2). В принципе, и по этому показателю диплоид также можно использовать как соответствующую единицу, которая вполне адекватно отражает дозированный характер увеличения данного признака в этом полиплоидном ряду.

Таким образом, по мере повышения уровня пloidности у представителей рода *Avena*, так же как и у пшеницы, наблюдается закономерное дозированное увеличение их продукционных признаков, базирующееся на вкладах исходных диплоидных растений.

Заключение. Увеличение пloidности у большинства растений, до определенного уровня, сопровождается гигантизмом их органов, в том числе и генеративных. Поэтому в производстве злаковых зерновых культур, таких как пшеница, ячмень, овёс используются, в основном, полиплоидные формы, которые обладают большим потенциалом урожайности, по сравнению с диплоидными.

Установлено, что масса метелок в полиплоидном ряду представителей рода *Avena*: *A. strigosa* (2n), *A. abyssinica* (4n), *A. sativa* (6n) – существенно и дозированно увеличивается. При этом в качестве единицы, обеспечивающей данный дозированный рост массы метелок, можно использовать показатель диплоидного вида. Применяя признак диплоида, мы вычислили примерный показатель массы метелки для тетраплоида и гексаплоида, что практически совпадает с реальными фактическими данными последних.

Соответствие теоретической и фактической массы метелок гексаплоида подтверждено при помощи χ^2 . Следовательно, в ряду диплоид – тетраплоид – гексаплоид у представителей рода *Avena* отмечается закономерное дозированное увеличение продукционных признаков. В основе такого закономерного дозированного увеличения продукционных показателей у овса лежит вклад исходного диплоидного организма, который практически суммируется в генотипах полиплоидов.

Библиографический список

1. Жуковский, П.М. Ботаника [Текст] / П.М. Жуковский. – М.: Колос, 1982. – 623 с.
2. Романов, Б.В. Введение в феномономику количественных признаков рода *Triticum*. [Текст] / Б.В. Романов. – Персиановский, 2010. – 136 с.
3. Пимонов, К.И. Сравнительная продуктивность образцов чины посевной в Ростовской области [Текст] / К.И. Пимонов, Е.В. Евтушенко // Кормопроизводство. – 2011. – №3. – С. 30-31.
4. Пимонов, К.И. Чина посевная в зеленом конвейере на черноземе обыкновенном Ростовской области [Текст] / К.И. Пимонов, Е.В. Евтушенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – №9 (83). – С. 15-18.
5. Романов, Б.В. Феномономика количественных признаков пшеницы [Текст]: монография / Б.В. Романов. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co, 2011. – 180 с.
6. Теоретические основы геномной инженерии пшеницы [Текст] / Б.В. Романов, В.Е. Зинченко, А.В. Гринько, Г.А. Козлечков, С.В. Пасько, И.Ю. Сорокина // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – №5. – С. 18-21.
7. Частная селекция полевых культур [Текст] / В.В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария и др.; под ред. В. В. Пыльнева. – М.: КолосС, 2005. – 552 с.

Reference

1. Zhukovskij, P. M. Botanika [Tekst] / P. M. Zhukovskij. – M.: Kolos, 1982. – 623 s.
2. Romanov, B. V. Vvedenie v fenomogenomiku kolichestvennyh priznakov roda Triticum. [Tekst] / B. V. Romanov. – Persianovskij, 2010. – 136 s.
3. Pimonov, K. I. Sravnitel'naya produktivnost' obrazcov chiny posevnoj v Rostovskoj oblasti [Tekst] / K. I. Pimonov, E. V. Evtushenko// Kormoproizvodstvo. – 2011. – №3. – S. 30-31.
4. Pimonov, K. I. China posevnaya v zelenom konvejere na chernozeme obyknovennom Rostovskoj oblasti [Tekst] / K. I. Pimonov, E. V. Evtushenko// Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – №9 (83). – S. 15-18.
5. Romanov, B. V. Fenomogenomika kolichestvennyh priznakov pshenicy [Tekst] / B. V. Romanov //LAP Lambert Academic Publishing. - 2011. - № . - 180 s.
6. Teoreticheskie osnovy genomnoj inzhenerii pshenicy [Tekst] / B. V. Romanov, V. E. Zinchenko, A. V. Grin'ko, G. A. Kozlechkov, S. V. Pas'ko, I. Yu. Sorokina //Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2017. – №5. – S. 18-21.
7. Chastnaya selekciya polevyh kul'tur [Tekst] /V. V. Pyl'nev, Yu. B. Kononov, T. I. Hupacariya i dr.; pod red. V. V. Pyl'neva. – M.: KolosS, 2005. – 552 s.

E-mail: Triticumrbw@mail.ru

УДК 631.41:634.93

**ХАРАКТЕРИСТИКА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ
ПРИДОРОЖНЫХ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ
CHARACTERISTICS OF CHESTNUT SOILS OF ROADSIDE
AGROFORESTRY COMPLEXES**

Г.А. Рулев, кандидат сельскохозяйственных наук

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

G.A. Rulev, A.S. Rulev

*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 работе представлены результаты изучения почвенного покрова придорожных лесомелиоративных комплексов. В полосе отвода автомобильной дороги Р-22 «Каспий» почвы представлены абраземами и каштановыми почвами. Рассматривается часть трассы, расположенная в пределах Донской провинции темно-каштановых и каштановых почв сухой степи и Прикаспийской провинции светло-каштановых почв полупустыни. Используются группы признаков для описания мезонегетичности почвенного покрова: полевое описание почв, мезорельефа, условия увлажнения, литологии, гранулометрический состав, мощность гумусового горизонта, карбонатность.

The paper presents the results of studying the soil cover of roadside forest reclamation complexes. In the strip of the R-22 «Caspian» highway, the soil is represented by abrasions and chestnut soils. The part of the route located within the Don province of dark chestnut and chestnut soils of the dry steppe and the Caspian region of light chestnut soils of the semi-desert is considered. Characteristic groups for describing the mesonogeneities of the soil cover were used: field description of soils, mesorelief, humidification conditions, lithology, granulometric composition, thickness of humus horizon, carbonate content.

Ключевые слова: структура почвенного покрова, придорожный лесомелиоративный комплекс, каштановая почва, абразем, гранулометрический состав, гумус, карбонаты.

Key words: the structure of the soil cover, roadside forest meliorative complex, chestnut soil, abrasion, granulometric composition, humus, carbonates.

Введение. Федеральная автомобильная дорога Р-22 «Каспий» (до 31 декабря 2017 года может применяться старый номер М 6) – автомобильная дорога федерального значения Москва – Тамбов – Борисоглебск – Волгоград – Астрахань. Протяженность составляет 1381 км. Дорога является составной частью европейского маршрута Е 119 и азиатского маршрута АН 8. Участок от Волгограда до Астрахани также входит в европейский маршрут Е 40. Автодорога «Каспий» отнесена к автомобильным дорогам федерального значения как соединяющая между собой административные центры субъектов России, что обозначается префиксом Р в ее названии.

Дорога идет по территории Волгоградской области в южном и юго-восточном направлениях. Автодорога проходит мимо населенных пунктов Новониколаевский, Новоаннинский, по западной окраине города Михайловка, затем пересекает реку Медведицу, проходит западнее города Фролово, поселка Лог, пересекает железнодорожную линию Волгоград – Москва и проходит восточнее поселка Иловля, пересекает железнодорожную линию Иловля – Саратов. Затем трасса проходит по территории Волгограда, а на юге города поворачивает на восток.

Многофункциональными объектами дорожной инфраструктуры являются лесомелиоративные комплексы, включающие полосы отвода дорог и придорожные лесные насаждения. Их основным назначением является, с одной стороны, предотвращение или снижение воздействия на автомобильные дороги и движущийся по ним транспорт неблагоприятных факторов внешней среды, а с другой, – защита прилегающих территорий от вредного воздействия токсичных соединений и тяжелых металлов выбросов поллютантов автомобилей. Эффективное выполнение этих функций, в первую очередь, зависит от соответствия конструкции и параметров насаждения проекту, определяемому состоянием древостоя.

Состояние древостоев придорожных лесных насаждений определяется лесопригодностью почвенного покрова в полосах отвода автомобильных дорог. Поэтому актуальность изучения почв и их лесопригодности в полосах отвода автомобильных дорог не вызывает сомнений.

Материалы и методы. Для проведения исследований на трассе Р-22 были заложены следующие тестовые полигоны: «Городище» (светло-каштановые почвы), «Качалино» (каштановые почвы) и «Новая Паника» (темно-каштановые почвы). Полигоны закладывались на территории, обеспеченной космоснимками высокого разрешения [2, 3, 5, 10].

Почвенно-лесомелиоративные исследования основывались на сравнительно-географическом подходе В.М. Фридланда [11]. Изучение структур почвенного покрова различного уровня сложности проводилось путем закладки почвенно-геоморфологических профилей и бурением скважин с последующим отбором образцов почв на ключевых участках.

При почвенно-геоморфологическом профилировании описывались таксономические признаки почв (полевое название, сочетания, вариации, мозаики, ташеты), мезорельеф (плакоры, низины, мезосклоны), условия увлажнения (автоморфные, гидроморфные, полугидроморфные), литологический состав пород, гранулометрический состав, карбонатность (глубина вскипания), мощность гумусового горизонта ($A+AB_1$, см).

Результаты и обсуждение. Любая автомобильная дорога включает земляное полотно, дорожную одежду и дорожные сооружения. Земляное полотно является грунтовым основанием для дорожной одежды и должно обеспечивать ее надежность независимо от меняющегося водного и температурного режимов. Оно включает дорожную одежду и кюветы.

В зависимости от условий местности поперечный профиль дороги может устраиваться в нулевых отметках, насыпи, выемке и в полунасыпи-полувыемке. Структура почвенного покрова в полосе отвода автомобильной дороги представляет мезокатену, где угол

наклона поверхности определяется поперечным профилем дороги. Мезокатены состоят из почвенных комбинаций, которые по степени сложности делятся на 2 уровня [11, 12]. Простые почвенные комбинации образованы элементарными почвенными ареалами, например, комплексы солонцов и каштановых почв. Сложные почвенные комбинации, компонентами которых являются простые почвенные, представляют собой второй уровень сложных единиц почвенного покрова или третий уровень таксономических единиц почвенного покрова. К числу сложных комбинаций относятся только сочетания, вариации, мозаики и ташеты. Комплексы и пятнистости – компоненты [12].

Мезокатены придорожных пространств рассматриваются как сочетание почв от границы дорожного полотна до придорожных защитных лесных насаждений. В сочетание входят дорожные абразёмы и каштановые почвы. Детальная характеристика абразёмов автодороги «Каспий» дана В.М. Кретиным [7].

В данной статье рассматриваются дорожные мезокатены только на каштановых почвах.

Профиль каштановых почв имеет следующее морфологическое строение: $A - B_1 - B_2 - BC_K - C$, где A – гумусово-аккумулятивный горизонт, мощностью 25-40 см коричнево-темно-серой окраски с порошисто-зернистой структурой; B_1 – переходный гумусовый горизонт, общая мощность $A+B_1 = 40-60$ см, уплотнен, коричнево-бурой окраски, комковат; B_2 – переходный горизонт, неоднородной окраски, с пятнами и потеками гумуса; BC_K – иллювиально-карбонатный горизонт с обильной белоглазкой; C – материнская порода с выделениями гипса на глубине 150-170 см [1, 2].

Тип каштановых почв подразделяют на три подтипа. В основе подразделения на подтипы лежит степень проявления основного почвообразовательного процесса – гумусонакопления [1, 6, 8, 9].

В типе каштановых почв выделяют следующие роды: обычные, глубоко вскипающие, карбонатные, карбонатные перерывные, солончаковатые, солонцеватые, остаточно-солонцеватые, неполноразвитые.

Разделение на виды осуществляют с учетом мощности гумусовых горизонтов ($A+B_1$), см: мощные (>50), среднемощные (30-50), маломощные (20-30), очень маломощные (<20). Среди каштановых почв много солонцеватых. По степени солонцеватости выделяют следующие виды (содержание Na , % от ЕКО): слабосолонцеватые (3-5 %), среднесолонцеватые (5-10 %), сильно солонцеватые (10-15 %).

В «Классификации почв России» [4, 6, 9] систематика почв каштанового типа претерпела существенные изменения. Подтипы каштановых и светло-каштановых почв выделяются на уровне типа в отделе аккумулятивно-карбонатных малогумусных почв под названием «каштановые почвы». Некоторая часть светло-каштановых почв отнесена к типу бурых почв этого же отдела. Неполноразвитый род помещен вместе с неполноразвитыми бурыми полупустынными почвами в отдел органо-аккумулятивных почв под названием светло-гумусовые почвы. Темно-каштановые почвы также отнесены к другому отделу. Они совместно с черноземами южными образуют тип черноземов текстурно-карбонатных в отделе аккумулятивно-гумусовых почв.

Разделение типа на подтипы в классификации 2004 года [6] осуществлено по признакам солонцеватости, засоления и гидроморфизма, а также в связи с агрогенными нарушениями верхней части профиля. Выделено 5 подтипов: типичные, солонцеватые, засоленные, гидрометаморфизованные (по классификации 1977 года – это луговато-каштановые почвы [4]) и турбированные.

На тестовом полигоне «Городище» почвенный покров представлен сложным сочетанием светло-каштановых почв разной степени солонцеватости, солонцов, лугово-каштановых почв.

Морфологические признаки светло-каштановых солонцеватых почв можно выделить средними показателями (таблица 1): мощность гумусового горизонта равна 45 см с комбинациями от 40 до 45 см; горизонт $A_1+B_2+B_1$ колеблется от 40 до 45 см; видимые карбонаты находятся в среднем на глубине 50 см с колебаниями от 34 до 56 см (таблица 2).

Таблица 1 – Характеристика почв по гранулометрическому составу и содержанию гумуса (полигон «Городище»)

Тип почвы	Горизонт, глубина, см	Гумус, % (по Тюрину)	Механический состав, %; размер части, мм							
			>1	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	сумма частиц <0,01
Светло-каштановая суглинистая, сильно солонцеватая	A_1 0-18	1,56	0,7	4,5	24,2	34,0	5,2	5,6	23,8	34,6
	A_2 18-27	1,55	0,7	4,3	23,9	35,6	4,3	6,8	23,2	34,3
	B_1 28-40	1,09	0,3	2,9	16,2	30,1	7,0	4,8	36,4	49,2
Светло-каштановая суглинистая	A_1 0-15	2,02	-	1,1	19,5	36,1	5,7	7,5	24,9	38,1
	A_2 15-25	1,98	-	1,2	18,3	38,3	4,5	4,8	27,4	36,7
	B_1 25-45	0,94	-	0,7	15,5	35,1	5,1	4,7	22,9	32,7
Светло-каштановая суглинистая	A_{II} 0-20	2,65	-	1,2	13,8	36,2	5,9	9,6	30,4	45,9
	A_{II} 20-35	3,44	-	1,8	14,2	33,2	6,6	10,1	31,9	48,6
	B_1 38-45	1,38	-	2,0	14,6	38,6	3,3	8,8	30,2	42,3
	C 85-95	-	-	1,0	13,1	36,5	6,3	4,6	30,9	41,8

Таблица 2 – Морфологическая характеристика светло-каштановой сильносолонцеватой малогумусной суглинистой почвы на четвертичных суглинках

Горизонт, глубина, см	Характеристика
$A+B_1$ 0-30	Свежий, буровато-серый, непрочной комковатой структуры, рыхлый, среднесуглинистый, пронизан корнями растений, слабо вскипает
B_1 30-40	Свежий, коричневый, плотный, мелкоореховатой структуры, тяжелосуглинистый, блестящий по срезу, мелкие корни, поры, слабо вскипает. Переход заметный по цвету и сложению
B_2 40-61	Свежий, желтовато-бурый, плотный, тяжелосуглинистый, бесструктурный, затеки гумуса, редкие мелкие поры. Переход постепенный. Вскипает от HCl с глубины 40 см, белоглазка – с 40 см
BC 61-85	Свежий, неоднородной окраски: на светло-буром фоне обильные пятна белоглазки, среднесуглинистый, бесструктурный, единичные корни. Переход постепенный
C 85-100	Свежий, палевый, легкий суглинок, единичные пятна карбонатов, вскипает умеренно, легкорастворимые соли

Полигон «Качалино» расположен на каштановых почвах. Здесь встречаются следующие роды: обычные, карбонатные, солонцеватые. По мощности гумусового горизонта выделяются виды ($A+B_1$, см) маломощные (20-30), очень маломощные (<20). Рассмотрим морфологическое строение почвенного разреза (таблица 3).

Согласно данным по гранулометрическому составу, характеризующим почвы суглинистые и тяжелосуглинистые. Содержание физической глины в пахотном горизонте (0-40 см) 54,9-51,9 %. Иллювиальные горизонты B_1 и B_2 по содержанию ила и физической глины выражены четко. Преобладающая фракция илистая – 26,7-49,2 %, облегчения гранулометрического состава не наблюдается (таблица 4).

Таблица 3 – Морфологическое строение почвенного разреза

Горизонт, глубина, см	Характеристика
A ₀ 0-3	Дернина непрочная, землистая
A 0-8	Сухой, белесый, краевато-пылеватый, крупнотрещиноватый, структура слюеватая непрочная, легкосуглинистый, слабо уплотнен, мелкие корни. Переход ясный
B ₁ 8-21	Сухой, светло-буровато-коричневый, столбовидный, угловато-комковатый, трещиноватый, тяжелосуглинистый, плотный, корней мало. Переход заметный
B ₂ 21-38	Сухой, светло-коричневый неоднородный, плотный тяжелосуглинистый, комковатый, плотный, бурное вскипание карбонатов с 25 см. Переход заметный
BCa 38-60	Свежий, светло-коричневатый, белесый от обильного выделения белоглазки карбонатов, непрочнокомковатый, уплотненный, тяжелосуглинистый. Переход постепенный
C 60-100	Слабоувлажненный, светло-желтовато-коричневый, комковатый, суглинистый, включения кристаллов сульфатов и хлоридов, среднеуплотненный

Таблица 4 – Гранулометрический состав почвы (полигон «Качалино»)

№ скважины	Глубина, см	Гигр. влажность, %	Размер фракции, мм							Название почвы
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	Физ. глина	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0-20	2,04	6,3	27,1	11,7	5,4	20,8	28,7	54,9	Суглинок тяжелый
	20-40	2,04	8,0	26,5	7,4	7,4	17,8	26,7	51,9	Суглинок средний
	40-60	1,01	6,2	21,1	6,0	4,4	13,1	49,2	66,7	Глина легкая
	60-80	1,01	8,0	30,5	6,6	10,7	22,7	21,5	54,9	Суглинок тяжелый
	80-100	1,01	4,7	22,3	10,1	8,5	23,1	31,3	62,9	Глина легкая
	100-120	1,01	3,0	30,2	2,9	11,2	27,5	25,2	63,9	Глина легкая
	120-140	1,01	1,24	34,2	11,4	12,8	26,0	14,36	53,16	Суглинок тяжелый
	140-160	2,04	0,93	31,5	11,2	9,2	29,4	17,77	56,37	Суглинок тяжелый
	160-180	2,04	0,74	39,5	9,4	8,2	30,6	11,56	50,36	Суглинок тяжелый
	180-200	2,04	0,41	37,0	12,3	4,1	29,6	16,59	49,49	Суглинок тяжелый
	200-220	3,09	0,52	34,0	19,6	5,9	26,0	14,18	46,08	Суглинок тяжелый
	220-240	3,09	0,28	39,7	14,4	5,06	31,02	9,54	45,62	Суглинок тяжелый
	240-260	3,09	0,23	41,0	4,2	16,1	30,7	7,77	54,57	Суглинок тяжелый
	260-280	3,09	0,41	42,6	8,3	11,3	28,0	9,39	48,69	Суглинок тяжелый
	280-300	3,09	0,51	45,2	8,4	4,3	36,4	5,19	45,89	Суглинок тяжелый

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	300-320	3,09	0,36	47,5	6,6	12,9	27,1	5,54	45,54	Суглинок тяжелый
	320-340	4,15	0,48	56,3	11,7	9,1	28,4	18,72	56,22	Суглинок тяжелый
	340-360	2,04	0,84	34,0	12,1	2,3	32,7	18,06	53,06	Суглинок тяжелый
	360-380	2,04	0,72	32,2	10,7	8,8	26,8	20,78	56,38	Суглинок тяжелый
	380-400	2,04	2,4	45,1	9,5	5,7	29,7	7,6	43,0	Суглинок средний

В полосе отвода автомобильной дороги Р-22 на полигоне «Качалино» почвенный покров в основном представлен каштановыми малогумусными различной степени солонцеватости средне- и тяжелосуглинистыми почвами. Содержание гумуса в горизонтах 0-20, 20-40 см колеблется от 1,54 до 0,90 % (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание углерода и гумуса в почвенных образцах
(полигон «Качалино»)

№ скв.	Глубина, см	Содержание углерода, %	Содержание гумуса, %
2	0-20	0,87	1,54
	20-40	0,51	0,90
	40-60	0,20	0,34
	60-80	0,07	0,13

Линия вскипания карбонатов – в первом полуметре, довольно высокое залегание карбонатов в горизонте 60-100 – 20,6-19,7 % (таблица 6).

Таблица 6 – Объемный метод определения карбонатов (полигон «Качалино»)

№ скважины	Глубина	Содержание CO ₂ карбонатов в % к сухой почве	Содержание CaCO ₃ в расчете на сухую почву, %
2	0-20	6,6	15,1
	20-40	5,4	12,1
	40-60	3,6	8,2
	60-80	20,6	46,9
	80-100	19,7	44,9
	100-120	9,0	20,4
	120-140	20,2	45,7
	140-160	18,8	42,8
	160-180	21,1	48,0
	180-200	21,4	48,8
	200-220	17,0	38,8
	220-240	17,3	39,4
	240-260	18,7	42,4
	260-280	18,2	41,4
	280-300	19,7	44,9
	300-320	19,6	44,5
	320-340	16,3	37,5
	340-360	15,1	34,3
	360-380	15,2	34,7
	380-400	15,3	34,9

В полосе автомобильной дороги Р-22 на полигоне «Новая Паника» преобладают почвы темно-каштановые малогумусные маломощные суглинистые на карбонатно-кремнеземистых светло-желтовато-коричневатых суглинках (таблица 7).

Таблица 7 – Морфологическое строение почвенного разреза № 3

Горизонт, глубина, см	Характеристика
A ₀ 0-3	Дернина землистая, рыхлая
A 0-8	Сухой, серый с коричневым оттенком, однородный, зернисто-мелкокомковатый, суглинистый, слабоуплотненный, много мелких корней. Переход постепенный
B ₁ 8-16	Сухой, темно-коричневый, однородный, средне- и крупнокомковатый, среднеуплотненный пластинчатого сложения, суглинистый, много корней. Переход заметный
B ₂ 16-37	Сухой, коричневый, неоднородный, крупные гумусовые потеки, комковато-призмовидный, слитный, тяжелосуглинистый, очень плотный, вскипание карбонатов с 30 см
BC 37-60	Сухой, светло-коричневый с буроватым оттенком, неоднородный, слитный, тяжелосуглинистый, очень плотный. Переход заметный
BCa 60-95	Сухой, желтовато-белесый, тяжелосуглинистый, плотный, массовое выделение карбонатов в виде примазок и белоглазки. Переход заметный
C 95-120	Свежий, светло-коричневато-желтоватый, непрочнокомковатый, суглинистый, среднеуплотненный, редкие включения белоглазки, карбонатов

Согласно данным (таблица 8), по гранулометрическому составу почва характеризуется как среднесуглинистая: содержание физической глины в горизонтах 0-20, 20-40 – 61,11-61,76 %; преобладающие фракции по всему профилю – ил, средняя и мелкая пыль.

Таблица 8 – Гранулометрический состав почвы (полигон «Новая Паника»)

№ скважины	Глубина, см	Гипр. влажность, %	Размер фракции, мм							Название почв
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	Физ. глина	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	0-20	2,04	9,27	13,10	16,52	1,60	20,56	38,95	61,11	Глина легкая
	20-40	3,60	6,03	21,63	10,58	12,32	23,15	26,29	61,76	Глина легкая
	40-60	2,04	7,86	38,52	9,68	12,32	17,92	13,70	43,94	Суглинок средний
	60-80	1,51	7,34	22,9	2,92	15,41	23,15	28,28	66,84	Глина легкая
	80-100	2,53	10,62	18,5	7,30	13,47	19,49	30,62	63,58	Глина легкая
	100-120	1,50	11,08	20,06	1,36	9,89	24,72	32,89	67,5	Глина легкая
	120-140	2,55	6,99	29,29	6,83	13,47	24,80	18,62	56,89	Суглинок тяжелый
4	140-160	2,59	26,49	26,65	1,19	4,86	22,20	18,61	45,67	Суглинок тяжелый
	160-180	2,53	29,19	36,7	2,87	9,94	21,30	0	31,24	Суглинок средний

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	0-40	2,55	16,14	35,27	4,57	10,01	17,22	16,79	44,02	Суглинок средний
	40-80	2,53	18,16	16,23	8,69	4,65	22,45	29,82	56,92	Суглинок тяжелый
	80-120	2,52	29,54	17,26	11,25	6,76	15,86	19,33	41,95	Суглинок средний
	120-160	2,50	41,75	13,10	3,83	19,61	12,15	9,56	41,32	Суглинок средний

По грансоставу эта почва иловато-средне-мелкопылеватая суглинистая.

Содержание гумуса в горизонтах 0-20, 20-40 см – 2,60-1,55 % (таблица 9). Высокое содержание карбонатов на глубине 80-100 см – 20,08 % (скв. 3), на глубине 40-60, 60-80 см – 20,7-19,9 % (скв. 4) (таблица 10).

Таблица 9 – Содержание углерода и гумуса в почвенных образцах
(полигон «Новая Паника»)

№ скв.	Глубина, см	Содержание углерода, %	Содержание гумуса, %
3	0-20	0,49	2,60
	20-40	0,43	1,55
	40-60	0,53	1,27
	60-80	0,46	-
	80-100	0,12	-
	100-120	0,12	-
	120-140	0,32	-
4	0-20	0,29	3,80
	20-40	0,24	3,14
	40-60	0,05	2,27
4	60-80	0,07	-
	80-100	0,09	-
	100-120	0,01	-
	120-140	0,12	-

Таблица 10 – Объемный метод определения карбонатов (полигон «Новая Паника»)

№ сква- жины	Глубина	Содержание CO ₂ карбонатов в % к сухой почве	Содержание CaCO ₃ в расчете на сухую почву, %
3	0-20	1,81	4,12
	20-40	2,72	6,18
	40-60	4,26	9,69
	60-80	5,07	11,5
	80-100	20,08	5,7
	100-120	13,6	30,9
	120-140	17,2	39,2
4	0-20	18,6	42,2
	20-40	20,7	47,0
	40-60	19,9	45,3
	60-80	18,8	42,9
	80-100	13,1	29,9
	100-120	17,2	39,2
	120-140	15,5	35,2
	140-160	16,3	37,1

Заключение. Таким образом, в полосе отвода трассы Р-22 «Каспий» изучались все подтипы каштановых почв по классификации почв СССР. Тестовые полигоны расположены в пределах Донской провинции темно-каштановых и каштановых почв сухой степи и Прикаспийской провинции светло-каштановых почв полупустыни.

Библиографический список

1. Вадюнина, А.Ф. Агрофизическая и мелиоративная характеристика почв юго-востока европейской части СССР [Текст] / А.Ф. Вадюнина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 325 с.
2. Вальков, В.Ф. Почвы Юга России [Текст] / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008. – 276 с.
3. Евдокимова, Т.И. Почвенная съемка [Текст] / Т.И. Евдокимова. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 264 с.
4. Иванова, Е.Н. Классификация и диагностика почв СССР [Текст] / Е.Н. Иванова. – М., 1976. – 226 с.
5. Карандеева, М.В. Геоморфология европейской части СССР [Текст] / М.В. Карандеева. – М.: Изд. МГУ, 1957. – 314 с.
6. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Авт. и сост. Л.Л. Шишов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Изд-во Ойкумена, 2004. – 342 с.
7. Кретинин, В.М. Агролесомелиорация почв [Текст] / В.М. Кретинин. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2009. – 198 с.
8. Полезащитное лесоразведение на каштановых почвах [Текст]. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – Вып. 2. – С. 11-133.
9. Почвенный определитель почв [Текст]. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.
10. Рулев, А.С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации [Текст] / А.С. Рулев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.
11. Фридланд, В.М. Структура почвенного покрова [Текст] / В.М. Фридланд. – М.: Изд-во Мысль, 1972. – 416 с.
12. Щерба, Т.Э. Особенности мезо- и микронеоднородностей почвенного покрова участка Приволжской оросительной системы [Текст] // Вестник Московского ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 3-6.

Reference

1. Vadyunina, A. F. Agrofizicheskaya i meliorativnaya harakteristika pochv yugo-vostoka evropejskoj chasti SSSR [Tekst] / A. F. Vadyunina. – M.: Izd-vo MGU, 1970. – 325 s.
2. Val'kov, V. F. Pochvy Yuga Rossii [Tekst] / V. F. Val'kov, K. Sh. Kazeev, S. I. Kolesnikov. – Rostov-na-Donu: Izd-vo "Jeverest", 2008. – 276 s.
3. Evdokimova, T. I. Pochvennaya s'emka [Tekst] / T. I. Evdokimova. – M.: Izd-vo MGU, 1981. – 264 s.
4. Ivanova, E. N. Klassifikaciya i diagnostika pochv SSSR [Tekst] / E. N. Ivanova. – M., 1976. – 226 s.
5. Karandeeva, M. V. Geomorfologiya evropejskoj chasti SSSR [Tekst] / M. V. Karandeeva. – M.: Izd. MGU, 1957. – 314 s.
6. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Tekst] / Avt. i sost. L. L. Shishov, I. I. Lebedeva, M. I. Gerasimova. – Smolensk: Izd-vo Ojkumena, 2004. – 342 s.
7. Kretinin, V. M. Agrolesomelioraciya pochv [Tekst] / V. M. Kretinin. – Volgograd: VNIALMI, 2009. – 198 s.
8. Polezaschitnoe lesorazvedenie na kashtanovyh pochvah [Tekst]. – M.: Izd-vo MGU, 1971. – V. 2. – S. 11-133.
9. Pochvennyj opredelitel' pochv [Tekst]. – M.: Pochvennyj institut im. V. V. Dokuchaeva, 2008. – 182 s.
10. Rulev, A. S. Landshaftno-geograficheskij podhod v agrolesomelioracii [Tekst] / A. S. Rulev. – Volgograd: VNIALMI, 2007. – 160 s.

11. Fridland, V. M. Struktura pochvennogo pokrova [Tekst] / V. M. Fridland. – M.: Izd-vo Mysl', 1972. – 416 s.

12. Scherba, T. Je. Osobennosti mezo- i mikroneodnorodnostej pochvennogo pokrova uchastka Privolzhskoj orositel'noj sistemy [Tekst] // Vestnik Moskovskogo un-ta. Ser. 17. Pochvovedenie. – 2012. – № 2. – S. 3-6.

E-mail: rulev54@rambler.ru

УДК 631.6.02

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В ФОРМИРОВАНИИ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ВОДОСБОРАХ

EFFICIENCY OF PROTECTIVE FOREST BELTS IN FORMATION AND REDISTRIBUTION OF SNOW COVER AT WATERSHEDS

А.И. Узолин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Кулик², кандидат сельскохозяйственных наук

A.I. Uzoln¹, A.V. Kulik²

¹Клетская научно-исследовательская агролесомелиоративная опытная станция – филиал
ФНЦ агроэкологии РАН, ст. Клетская, Волгоградская обл.

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

¹Scientific-research agroforest melioration experimental station Kletsky –
branch of FSBSI «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», Kletskaya, Volgograd area

²Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS,
Volgograd

На формирование поверхностного стока талых вод в большей степени влияют глубина промерзания почвы и ее влажность, величина снеготаяния перед снеготаянием. Снижение глубины промерзания возможно путем регулирования отложения снега по поверхности водосбора и его перераспределения в агролесоландшафте. В статье рассмотрены особенности накопления снеготаяния под влиянием трехрядных лесополос продуваемой и плотной конструкций, расположенных на склонах различных экспозиций. Приведена подробная характеристика погодных условий в течение зимы 2017-2018 гг., дан анализ многолетней метельной активности по данным метеостанции г. Серафимовича. Определена эффективность расположения лесополос по отношению к господствующим метельным ветрам. Установлено, что при преобладании метелей северо-северо-западного, юго-западного и восточно-юго-восточного направлений больше снега накопилось под влиянием лесополос, расположенных на северо-восточном склоне. При общем количестве выпавших осадков за зиму 2017-2018 гг. 65,2 мм в виде снега и 45,7 мм дождя средневзвешенные величины количества снеготаяния в агролесоландшафте на этом склоне составили 60,4-71,6 мм. Накопление снега в самих лесонасаждениях улучшает условия местопроизрастания, позволяя сформировать более устойчивые насаждения в засушливом климате, а равномерное распределение снега по поверхности поля обеспечивает постепенное таяние его весной, предотвращая формирование поверхностного стока талых вод и снижая смыв почв.

The freezing depth of the soil and its moisture, the amount of snow reserves before snowmelt, influence the formation of the surface runoff of melted waters. Reducing the freezing depth is possible by regulating the deposition of snow over the watersheds surface and its redistribution in the agro-forest landscape. The features of snow reserves accumulation under the influence of three-row forest belts of blown and dense structures located on the slopes of various exposures are considered in the article. A detailed description of the weather conditions during the winter of 2017-2018 is given, an analysis of long-term blizzard activity according to the meteorological station of Serafimovich is given. The effectiveness of the forest belts location in relation to the pre-

vailing blizzard winds is determined. It was found that with the prevalence of snowstorms in the north-north-west, south-west and east-south-east directions, more snow accumulated under the influence of forest belts located on the northeast slope. At the total of precipitations in the winter of 2017-2018 of 65.2 mm in the form of snow and 45.7 mm of rain, the average weighted quantities of snow stock in the agroforestry landscape on this slope were 60.4-71.6 mm. The accumulation of snow in the forest belts themselves improves the conditions for site growth, allowing the formation of more stable forest planting in arid climates, and the uniform distribution of snow over the field surface provides a gradual melting it in the spring, preventing the formation of a surface meltwater runoff and reducing the washout of soils.

Ключевые слова: метель, снегоперенос, снегоотложение, защитные лесные полосы, роза метельных ветров.

Key words: blizzard, snow transfer, snow deposition, protective forest belts, rose of blizzard winds.

Введение. Наряду с влажностью почвы и величиной снегозапасов перед снеготаянием, глубина промерзания является решающим лимитирующим фактором в образовании стока талых вод и формирования смыва [1]. Чем меньше мощность снежного покрова при устойчивых низких температурах, тем больше вероятность увеличения глубины промерзания. Для предотвращения развития эрозионных процессов необходимо обеспечить равномерное снегоотложение по всей поверхности водосбора. В свою очередь скопление снежных масс в верхней части склона и их отсутствие или небольшое количество в средней его части в период снеготаяния приводят к угрозе смыва почв и потере почвенного плодородия. Ранней весной солнечная радиация и повышение температуры воздуха способствуют таянию снега, который на средней части склона сходит быстрее, где мощность его, как правило, невелика, в верхних горизонтах почвенного покрова влажность увеличивается, а сход снега с водораздела (при формировании ледяного экрана особенно) усиливает поверхностный сток и эрозионные процессы в целом.

Для осуществления прогнозирования формирования поверхностного стока талых вод необходимо знать особенности отложения снега в агролесоландшафте перед снеготаянием. Важная роль при этом принадлежит защитным лесным насаждениям, которые в зависимости от конструкции и расположения на водосборе по-разному влияют на снегонакопление. Целью наших исследований являлось изучение эффективности защитных лесных полос в формировании и распределении снега на склонах в агролесоландшафтах.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись лесополосы плотной и продуваемой конструкции, расположенные на склонах восточной и северо-восточной экспозиций ООО «Донская Нива» Клетского района Волгоградской области. Породный состав представлен робинией лжеакацией (*Robinia pseudoacacia*), ясенем зеленым (*Fraxinus lanceolata*) и смородиной золотистой (*Ribes aureum*). В конце 2017 г. перед залеганием снежного покрова агрофон на северо-восточном склоне был представлен стерней подсолнечника, а на восточном – озимой пшеницей.

Для определения эффективности защитных лесных полос в формировании и перераспределении снега по водосбору проанализировали многолетнюю метельную активность на объекте, определили сохранность защитных лесных насаждений, провели снегомерные измерения. Изучение характера метелей, их повторяемости, преобладающих направлений и скоростей ветра проводилось по данным метеостанции г. Серафимовича. Анализ материалов основывался на 16 румбовой розе ветров. Для упрощения статистической обработки метеоинформации ряд ученых рекомендует

уменьшать количество румбов до 8. Основываясь на утверждении И.Г. Гутермана [7] о том, что методика климатической обработки ветров группировкой их по 8 румбам обеспечивает меньшую точность в расчетах, мы опирались на 16 румбов.

А.К. Дюнин отмечает, что при метелях с минимальной скоростью 3 м/с (на уровне флюгера) начинается снегоперенос [8]. Другие авторы [4, 5] определяют значения – 4-5 м/с, иногда и более, зависящие от плотности снежного покрова. Если моделировать перенос снежных частиц, то необходимо опираться на минимальное значение скорости метели, чтобы исключить ошибки, так как свежеснежинки в морозную погоду при скорости 3 м/с будут переноситься ветром не только по воздуху, но и по поверхности земли [8, 10, 11]. При анализе влияния лесонасаждений на характер снеготложения на водосборе нами учитывались метели со скоростью ветра 3 и более м/с. На их основе определена вероятность появления метелей разных направлений и построена роза метельных ветров, которая характеризует преобладающее направление снеготложения.

Для изучения закономерностей отложения снега под защитой лесных полос через поля перпендикулярно лесонасаждениям зимой 2018 г. проведены снегомерные съемки, в результате которых получены данные о характере залегания снежного покрова в поле в верхнем и нижнем шлейфах, а также в самой лесополосе. Мощность снежного покрова определялась снегомерной рейкой в трехкратной повторности: в поле – через каждые 2 м, в шлейфах и в лесной полосе – через 1 м. Плотность снега замерялась снегомером ВС-43 также в трехкратной повторности в поле, в верхнем и нижнем шлейфах, в лесополосе.

Характеристика защитных лесных полос определялась по методикам лесной таксации [9, 3]. Основными таксационными показателями являлись возраст и конструкция лесонасаждений, породный состав, средняя высота и диаметр древостоя.

Результаты и обсуждение. Для определения эффективности снегозадержания защитными лесными насаждениями на склоновых землях в первую очередь необходимо определить правильность расположения лесополос в агроландшафте по направлению к метельным ветрам. Для этого собрали и проанализировали многолетние данные по количеству, скорости и направлению метельных ветров за зимние периоды 2005-2017 гг. Определили вероятность появления метелей со скоростью ветра 3 и более м/с (рисунок 1).

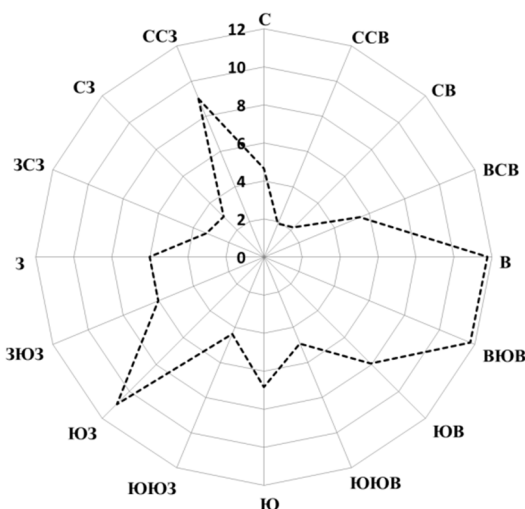


Рисунок 1 – Вероятность появления метелей различных направлений, %
(по данным метеостанции г. Серафимовича за 2005-2017 гг.)

На рисунке 1 четко выделяются направления метелей, имеющие наибольшую вероятность. Так, метельные ветры восточного и восточно-юго-восточного направлений появляются с вероятностью 11,7 и 11,7 %, юго-западного – 10,9 %, северо-северо-западного – 9,0 %.

Защитные лесные полосы, расположенные на склоне северо-восточной экспозиции, проложены в направлении северо-запад – юго-восток. По отношению к ним метельные ветры восточно-юго-восточного направления входят в лесополосу под углом $22,5^{\circ}$, восточного – 45° , юго-западного – 90° . Насаждения, расположенные на склоне восточной экспозиции, ориентированы с севера на юг. Восточные метели проходят через них под углом 90° , восточно-юго-восточные – $67,5^{\circ}$, юго-западного – 45° . Согласно теории дальности ветроломного влияния лесополос Е.А. Гаршинева [6], считается допустимым угол отклонения $30-45^{\circ}$ от перпендикулярного. Такое расположение по отношению к ветровому потоку можно считать эффективным. Таким образом, лесополосы на северо-восточном склоне должны эффективно задерживать снег и накапливать его в поле при метелях восточного и юго-западного направлений, а при восточно-юго-восточных – перераспределять его вдоль лесополосы, что может в свою очередь способствовать сдуванию снежного покрова и оголению поверхности. При снижении температуры воздуха последнее приведет к увеличению глубины промерзания и повышению риска возникновения поверхностного стока талых вод или вымерзанию озимых культур. Лесополосы на склоне восточной экспозиции перераспределяют снег при метелях всех вышеуказанных направлений лучше, потому что ветровые потоки преобладающих направлений проходят через лесополосу не более чем под углом в 45° от перпендикулярного.

Защитные лесные полосы, расположенные на северо-восточном склоне, 44^х-летнего возраста, трехрядные. Состоят из двух рядов робинии лжеакалии (*Robinia pseudoacacia*) и одного ряда смородины золотистой (*Ribes aureum*) (по верхней опушке). Средняя высота насаждения 9 м при среднем диаметре ствола 20-25 см, IV класса бонитета. Лесополосы на восточном склоне представляют собой 35-летние насаждения. Они состоят из двух рядов ясеня зеленого (*Fraxinus lanceolata*) и одного ряда смородины золотистой (*Ribes aureum*). Средняя высота деревьев 7 м, средний диаметр ствола 18-20 см, IV класса бонитета. Рассмотренные защитные лесополосы плотной конструкции, продуваемая достигалась вырубкой кустарника.

Для изучения роли защитных лесных полос в накоплении снега в поле и его перераспределении по водосбору проведен анализ метеорологических данных характера метелей, снегомерные наблюдения, определена эффективность расположения лесонасаждений на водосборе относительно преобладающих направлений метельных ветров.

Зима 2017-2018 гг. началась поздно и сильно затянулась. Первый снег (8,3 мм) выпал 20 декабря 2017 г. Температура воздуха за это время опускалась не ниже -6°C . К концу третьей декады декабря отрицательные значения сохранялись, лишь 28-29 числа месяца поднимались до 0°C . За третью декаду осадков в виде снега выпало 16,9 мм. В начале января было тепло от 0 до -7°C . До 19 числа выпало 7,5 мм дождя, после чего начался снег, и до конца месяца выпало еще 15,3 мм. При этом температура воздуха с 13 января держалась от -10 до -19°C . В конце месяца (30 и 31 числа) наблюдалось потепление до 0°C , а в первой декаде февраля до $+2^{\circ}\text{C}$ с одновременным выпадением дождя (28,4 мм), а после чего наступило похолодание, при котором к концу месяца температура опускалась до -23°C . За февраль зафиксировано 13,4 мм осадков в виде снега. Первая декада марта отличалась низкими температурами (до -15°C) и количеством снега 11,3 мм. 8 марта наблюдалась короткая оттепель до $+2^{\circ}\text{C}$ с дождем (8,8 мм). Такой характер выпадения осадков и динамика температуры способствовали уплотнению снежного покрова и формированию ледяной корки в лесных полосах.

В целом за зиму 2017-2018 гг. выпало 65,2 мм осадков в виде снега и 45,7 мм дождя. Большое влияние на характер отложения в агролесоландшафте имело преобладающее направление ветра при метелях. За зиму зафиксировано десять метелей, шесть из них северо-западного направления, при которых выпало 30,4 мм снега; при юго-западной – 12,5 мм, восточной – 6,4 мм, западной – 4,4 мм, юго-восточной – 4,3 мм. Отрицательная температура воздуха и устойчивый снежный покров наблюдались до конца марта, а череда оттепелей способствовала уплотнению снега как на полях, так и в лесополосах.

В начале весны (11 марта 2018 г.) для определения характера снегоотложения перед весенним снеготаянием были проложены снегомерные профили через лесополосы. По их результатам установлены величины снегозапасов (таблица 1), так как они являются одним из лимитирующих факторов формирования поверхностного стока талых вод [2].

Таблица 1 – Величины снегозапасов в агролесоландшафтах под влиянием лесополос плотной и продуваемой конструкций на склонах северо-восточной и восточной экспозиций, мм

Элемент агролесоландшафта	Экспозиция склона			
	северо-восточная		восточная	
	лесополоса плотной конструкции	лесополоса продуваемой конструкции	лесополоса плотной конструкции	лесополоса продуваемой конструкции
Поле	58,8	53,3	39,2	35,4
Верхний шлейф	119,5	87,4	98,2	86,5
Лесополоса	111,5	75,3	111,1	91,3
Нижний шлейф	85,5	63,7	75,1	62,8
Средневзвешенное значение снегозапасов в агролесоландшафте	71,6	60,4	64,7	51,7

Максимальное средневзвешенное значение снегозапасов в агроландшафте под воздействием лесополосы плотной конструкции, расположенной на склоне северо-восточной экспозиции (71,6 мм). Разница с лесонасаждением такой же конструкции на восточном склоне составляет 6,9 мм. В полевой части различие между ними составляет 19,6 мм, в зоне верхнего шлейфа – 21,3 мм, а нижнего – 10,4 мм, в насаждении – 0,4 мм.

Преобладающее направление метелей зимой 2017-2018 гг. – северо-восточное. При нем расположение на склоне изучаемых лесополос удовлетворяет условиям [6] эффективной дальности их ветроломного влияния, поэтому по отношению к ветровым потокам при метелях лесонасаждения расположены практически в одинаковых условиях. Агрофоном на северо-восточном склоне был подсолнечник. После его уборки (в третьей декаде декабря) на поле осталась стерня высотой до 80 см, которая в свою очередь способствовала накоплению снега в полевой части (58,8 мм). На склоне восточной экспозиции выращивалась озимая пшеница. Ее высота значительно ниже, поэтому величина снегозапасов здесь составила 39,2 мм.

Под влиянием лесополос продуваемой конструкции снега на 8,7 мм больше отложилось на склоне северо-восточной экспозиции. При этом в поле стерня подсолнечника накопила 53,3 мм снега, а озимая пшеница – 35,4 мм. В верхнем шлейфе величина снегозапасов практически одинаковая, но в самой лесной полосе разница составила 16,0 мм. Так, в лесонасаждении на склоне восточной экспозиции снега накопилось больше, что можно объяснить следующим: стерня подсолнечника способствовала его

задержанию, а из-за небольшой высоты озимой пшеницы часть снега сдувалась в лесонасаждение, скорость ветрового потока при прохождении через него снижалась, что способствовало снегоотложению.

Заключение. На эффективность защитных лесных насаждений и перераспределение снега в агролесоландшафте большое влияние оказывает размещение лесополос на водосборе по отношению к господствующим направлениям метелей. При этом необходимо учитывать характер и количество выпадения осадков, периоды оттепелей (в течение которых происходит уплотнение снежного покрова, и он становится менее подвержен переносу), ветровой режим при метелях, параметры лесополос и агрофона. Сложившиеся погодные условия зимы 2017-2018 гг. способствовали большему накоплению снега в агролесоландшафте на склоне северо-восточной экспозиции. Этому также способствовали более эффективное расположение лесополос относительно направления господствующих метелей и агрофон, сформировавшийся к началу зимы. Накопление снега в насаждении является дополнительным источником влаги для деревьев и кустарников.

Библиографический список

1. Барабанов, А.Т. Оценка стокорегулирующей роли противозрозионных приемов с позиции закона лимитирующих факторов стока талых вод [Текст] / А.Т. Барабанов // Научно-агрономический журнал. – 2017. – Т. 1. – №2-1(101). – С. 10-13.
2. Барабанов, А.Т. Роль стокорегулирующих лесополос в регулировании снегоотложения и промерзания почв в Европейской части РФ [Текст] / А.Т. Барабанов, А.В. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №2(46). – С. 85-90.
3. Бабошко, О.И. Таблицы хода роста робинии лжеакации в смешанных по составу лесонасаждениях Доно-Донецкого лесомелиоративного района [Текст] : рекомендации / О.И. Бабошко, В.В. Танюкевич. – Новочеркасск, 2015. – 16 с.
4. Бычкова, В.И. Краткосрочный численный прогноз метелей [Текст] / В.И. Бычкова, К.Г. Рубинштейн // Труды гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2012. – №347. – С. 126-143.
5. Бычкова, В.И. Численное моделирование возникновения и развития снежной метели при помощи модели WRF-ARW [Текст] / В.И. Бычкова, В.Л. Петров, К.Г. Рубинштейн // Труды Гидрометцентра России. – №353. – С. 46-62.
6. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация. Экспериментальная оценка, расчет, проектирование [Текст] / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. – 220 с.
7. Гутерман, И.Г. Распределение ветра над северным полушарием [Текст] / И.Г. Гутерман. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 246 с.
8. Дюнин, А.К. В царстве снега [Текст] / А.К. Дюнин. – М.: Наука, 1983. – 161 с.
9. Мартынов, А.Н. Основы лесного хозяйства и таксация леса [Текст] : учеб. пособие / А.Н. Мартынов [и др.]. – СПб.: ООО Изд-во «Лань», 2008. – 327 с.
10. Jeffrey S. Deems. Quantifying scale relationships in snow distributions. – Dissertation...Dr.(Phil.). – Colorado: Colorado State University, 2007. – 134 p.
11. Yang J., Yau M.K., Fang X., Pomeroy J.W. A triple-moment blowing snow-atmospheric model and its application in computing the seasonal wintertime snow mass budget / Hydrology and Earth System Sciences. – №14. – 2010. – pp. 1063-1079.

Reference

1. Barabanov, A. T. Ocenka stokoreguliruyushej roli protivozerozionnyh priemov s pozicii zakona limitiruyuschih faktorov stoka talyh vod [Tekst] / A. T. Barabanov // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. – 2017. – T. 1. – №2-1(101). – S. 10-13.
2. Barabanov, A. T. Rol' stokoreguliruyuschih lesopolos v regulirovanii snegootlozheniya i promerzaniya pochv v Evropejskoj chasti RF [Tekst] / A. T. Barabanov, A. V. Kulik // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2017. – №2(46). – S. 85-90.

3. Baboshko, O. I. Tablicy hoda rosta robinii lzheakacii v smeshannyh po sostavu lesonasazhdeniyah Dono-Doneckogo lesomeliorativnogo rajona [Tekst] : rekomendacii / O. I. Baboshko, V. V. Tanyukevich. – Novocherkassk, 2015. – 16 s.
4. Bychkova, V. I. Kratkosrochnyj chislennyj prognoz metelej [Tekst] / V. I. Bychkova, K. G. Rubinshtejn // Trudy gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo centra Rossijskoj Federacii. – 2012. – №347. – S. 126-143.
5. Bychkova, V. I. Chislennoe modelirovanie vzniknoveniya i razvitiya snezhnoj meteli pri pomoschi modeli WRF-ARW [Tekst] / V. I. Bychkova, V. L. Petrov, K. G. Rubinshtejn // Trudy Gidrometcentra Rossii. – №353. – S. 46-62.
6. Garshinev, E. A. Jerozionno-gidrologicheskij process i lesomelioraciya. Jeksperimental'naya ocenka, raschet, proektirovanie [Tekst] / E. A. Garshinev. – Volgograd: VNIALMI, 2002. – 220 s.
7. Guterman, I. G. Raspredelenie vetra nad severnym polushariem [Tekst] / I. G. Guterman. – L.: Gidrometeoizdat, 1965. – 246 s.
8. Dyunin, A. K. V carstve snega [Tekst] / A. K. Dyunin. – M.: Nauka, 1983. – 161 s.
9. Martynov, A. N. Osnovy lesnogo hozyajstva i taksaciya lesa [Tekst] : ucheb. posobie / A. N. Martynov [i dr.]. - SPb.: OOO Izd-vo "Lan", 2008. – 327 s.
10. Jeffrey S. Deems. Quantifying scale relationships in snow distributions. - Dissertation...Dr.(Phil.). - Colorado: Colorado State University, 2007. – 134 p.
11. Yang J., Yau M.K., Fang X., Pomeroy J.W. A triple-moment blowing snow-atmospheric model and its application in computing the seasonal wintertime snow mass budget / Hydrology and Earth System Sciences. – №14. – 2010. – P. 1063-1079.

E-mail: anastasiya-kulik@yandex.ru

УДК 519.237.8

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОЦЕНОК СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС
RECOGNITION METHOD FOR CALCULATION OF EVALUATIONS
THE STATE OF SHELTERBELTS**

К.А. Олейникова, аспирант

Х.А. Oleynikova

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

*Federal research centre of agroecology, complex melioration and protective afforestation RAS,
Volgograd*

Рассмотрена возможность применения метода распознавания образов, в частности алгоритма распознавания, основанного на вычислении оценок для определения состояния полевых защитных лесных полос. В качестве объекта исследования выбраны полевые защитные лесные полосы Михайловского района Волгоградской области. Для определения таксационных характеристик методом круговых реласкопических площадок заложены пять пробных площадей для ясеня зеленого и дуба черешчатого. Натурные измерения проводились согласно лесоустроительной инструкции. По полученным таксационным характеристикам лесных полос была сформирована матрица наблюдений. В качестве признаков были взяты средняя высота, средний диаметр, полнота, бонитет, запас, категории состояния насаждений. Однако количество показателей, характеризующих состояние данного объекта исследования, не является определяющим и может меняться. Значения признаков в матрице были стандартизированы для определения эталонного образа и интегрального показателя уровня развития (d_i) полевых защитных полос. В результате были получены средние значения интегрального показателя уровня развития ясеня зеленого и дуба черешчатого. Применение интегрального показателя уровня развития при моделировании прогноза состояния полевых защитных лесных полос позволит объективно оценивать состояние и продуктивность древесных пород в различных агроэкосистемах, в том числе с учетом временных факторов.

The article considers possibility of using recognition method, in particular the recognition algorithm for calculation of evaluations the state of shelterbelts. The study was carried out in the Mikhailovskiy district of the Volgograd region. To determine the inventories characteristics were laid five trial plots for ash green and oak tree by the method of circular platforms. All field measurements were carried out according to the forest management instructions. According to the received taxation characteristics of shelterbelts was formed a matrix of observations. As signs were taken mean height, mean diameter, density, bonitet, stock, categories of plantation status, however the number of indicators characterizing the state of the given research object is not determinative and may change. The values in the matrix were standardized for determine the reference image and integral index of development shelterbelts. As a result were obtained the average values of the integral of development (d_i) shelterbelts for ash green and oak tree. The application of the integral index of development d_i in the modeling of the forecast of the condition of shelterbelts makes it possible to objectively assess the condition and productivity of tree species in various agroecosystems, including taking into account temporal factors.

Ключевые слова: *полезащитные лесные полосы, таксация, распознавание образов, оценка состояния защитных лесных полос, интегральный показатель уровня развития.*

Key words: *shelterbelts, inventory, recognition method, evaluation of shelterbelts, integral index of development.*

Введение. При анализе состояния агроэкосистем, к которым относятся полезащитные лесные полосы, необходимо учитывать большое число разнородных показателей (параметров или признаков), характеризующих состояние объекта исследования. Из-за большого объема информации описать процессы, происходящие в объекте исследования, находящегося в состоянии динамического нестационарного равновесия, и дать строгое математическое описание изучаемого объекта не представляется возможным. Обращение к менее строгим в этом смысле методам многомерного сравнительного анализа, основанным на методе распознавания, вполне закономерно. Данные подходы используют в качестве исходной информации: наборы описаний-наблюдений объектов, предметов, ситуаций или процессов – при этом каждое отдельное наблюдение записывается в виде вектора значений отдельных от его свойств-признаков. Выборки признаковов описаний являются простейшими стандартизованными представлениями первичных исходных данных, которые возникают в различных предметных областях в процессе сбора однотипной информации. Первые работы в области теории распознавания и классификации появились в 30-х годах прошлого столетия и были связаны с байесовской теорией принятия решений (работы Неймана, Пирсона), применением разделяющих функций к задаче классификации (Фишер), решением вопросов проверки гипотез (Вальд) [2]. Значительный вклад в развитие таксономических методов внесли работы Вроцлавской школы математики [9]. Алгоритмы таксономии и анализа данных используются в различных исследованиях: в экономической географии, сельском хозяйстве [9], промышленности [1, 3, 10], радиофизике [13], молекулярной биологии [12], а также в педагогике [11], археологии [7], спорте [4], филологии [8] и других современных науках. В данной работе этот метод применен для расчета оценки состояния защитных лесных полос.

Материалы и методы. Наблюдения проводились на территории Михайловского района, расположенного в северо-западной части Волгоградской области. Выбор района исследований обусловлен достаточно благоприятными климатическими и почвенными условиями для выращивания древесных пород, в частности полезащитных лесных полос. Для определения таксационных показателей были выбраны чистые по составу полезащитные лесные полосы из ясеня зеленого (*Fraxinus lanceolata*), координаты 50°07'20.9" с.ш., 43°15'50.3" в.д и дуба черешчатого (*Quercus robur*), координаты 50°08'28.9" с.ш., 43°12'17.0" в.д. Натурные измерения проводились согласно лесоустроительной инструкции

[6]. Состояние насаждения определялось по категориям состояния согласно приказу МПР РФ от 16.09.2016 №480. В каждой лесной полосе было заложено по 5 пробных площадей методом круговых реласкопических площадок полнотомером Биттерлиха. В процессе таксационных работ осуществлялись следующие измерения: координаты местоположения пробных площадок определялись с помощью GPS приемника GARMIN Oregon 650; высота дерева измерялась оптическим высотомером SUUNTO; диаметр измерялся мерной вилкой Haglöf Sweden в двух взаимно перпендикулярных направлениях на высоте 1,3 м от корневой шейки; образцы (керны) для определения возраста деревьев и величины текущего прироста отбирались с помощью возрастного бура Haglöf Sweden. Число годовичных колец на кернях подсчитывалось с помощью определителя годовичных колец Haglof Tree Core Reader. На основе этих данных определялась сумма площадей сечения, запас насаждения, полнота; класс бонитета – устанавливался по таблицам проф. М. М. Орлова в зависимости от возраста и высоты преобладающей породы. При определении класса бонитета учитывалось происхождение древостоя: семенное или порослевое. Состояние насаждения оценивалось по категориям состояния в процентах от запаса.

Таксационные данные являются признаками конкретной пробной площади, записываются в виде матрицы с неотрицательными элементами, в столбцах которой расположены одноименные показатели, в строках – все определяющие единичные показатели одного из образцов.

Поскольку данные имеют разную размерность и разные порядки величин необходимо стандартизировать значения признаков по формуле [5]:

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{S_k}, \quad k \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad (1)$$

где x_{ik} – значение признака k для единицы i ; $\bar{x}_k$ – среднее арифметическое значение признака k ; S_k – стандартное отклонение признака k ; z_{ik} – стандартизованное значение признака k для единицы i .

После стандартизации данных проводится построение эталонного образа (P_0), относительно которого будет оцениваться состояние насаждений на пробных площадях. С этой целью все признаки делятся на стимуляторы и дестимуляторы. Стимуляторы – это признаки, высокие значения которых желательны для данного аспекта исследования, а дестимуляторы – признаки с противоположными свойствами. Наибольшие значения стимуляторов и наименьшие значения дестимуляторов образуют координаты искомого эталона [9]. В нашем исследовании к стимуляторам относятся такие показатели, как средняя высота, средний диаметр, полнота, бонитет, запас, категории состояния «здоровые», «ослабленные»; к дестимуляторам – категории состояния «сильно ослабленные», «усыхающие», «свежий сухостой», «старый сухостой».

Для сравнения пробных площадей с эталонным образом проводится процедура поиска ближайшей окрестности, которая основана на использовании метрики, заданной на множестве пар точек признакового пространства. Расстояние между отдельными точками-единицами (пробными площадями) и точкой P_0 , обозначается c_{io} и рассчитывается следующим образом:

$$c_{io} = \left[\sum_{s=1}^n (z_{is} - z_{0s})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad i \in \{1, 2, \dots, m\}, \quad (2)$$

где z_{is} – стандартизованное значение признака k для единицы i ; z_{0s} – эталонный образ развития признака k .

Оценка состояния лесной полосы проводится с использованием интегрального показателя уровня развития (d_i), который зависит от расстояния пробной площади до эталонного образца [9]:

$$d_i = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}, \quad (3)$$

где:

$$c_0 = \bar{c}_0 + 2S_0, \quad (4)$$

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_{i0}, \quad (5)$$

$$S_0 = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (c_{i0} - \bar{c}_0)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Данный показатель d_i является положительной величиной и с вероятностью, близкой к нулю, может оказаться больше единицы. Интерпретировать показатель следует так: объект находится на более высоком уровне развития (т.е. имеет лучшее состояние), чем ближе значение показателя d_i к единице.

Результаты и обсуждение. В результате обследования получено множество неоднородных признаков, описывающих состояние полевых защитных лесных полос. В таблице 1 представлены данные измерений на каждой пробной площади, необходимые для расчета интегрального показателя уровня развития лесной полосы.

Таблица 1 – Таксационные характеристики полевых защитных лесных полос

№ ПП	Состав	Возраст, лет	Средние показатели		Полнота	Бонитет	Запас, м ³	Категории состояния					
			высота, м	диаметр, см				здоровые	ослабленные	сильно ослабленные	усыхающие	свежий сухостой	старый сухостой
1	10 ЯЗ	44	16	16	0,9	1	140	29	39	20	12	-	-
2	10 ЯЗ	42	11	12	0,5	3	50	-	-	20	20	60	-
3	10 ЯЗ	44	15	16	0,8	1	120	36	47	15	2	-	-
4	10 ЯЗ	44	17	16	0,8	1	140	57	38	5	-	-	-
5	10 ЯЗ	42	12	12	0,7	3	80	-	13	70	17	-	-
6	10 Д	44	19	20	0,7	1	180	46	21	10	8	-	15
7	10 Д	44	18	20	0,6	1	140	-	18	24	21	-	37
8	10 Д	44	18	20	0,7	1	160	34	32	20	5	-	9
9	10 Д	44	19	20	0,7	1	180	30	25	22	16	-	7
10	10 Д	44	18	16	0,7	1	160	13	15	30	21	-	21

Анализ показал, что средний возраст ясеня зеленого составляет 43 года, дуба черешчатого – 44 года. Средняя высота ясеня зеленого достигает 14 м, дуба черешчатого – 18 м. Средний диаметр составляет соответственно 14 и 20 см. Средний запас для насаждения из ясеня зеленого составляет 110 м³, для дуба черешчатого – 160 м³. На пробных площадях из ясеня зеленого преобладают ослабленные и сильно ослабленные деревья, на пробных площадях из дуба – здоровые и ослабленные.

На основании данных таблицы 1 сформирована матрица наблюдений. Количество строк матрицы соответствует число пробных площадей, а количеству столбцов – число признаков каждой пробной площади (кроме возраста). В столбцах матрицы расположены одноименные показатели, а в строках – все определяющие единичные показатели пробных площадей.

Таблица 2 – Матрица наблюдений

X=	16	16	0.9	1	140	29	39	20	12	0	0
	11	12	0.5	3	50	0	0	20	20	60	0
	15	16	0.8	1	120	36	47	15	2	0	0
	17	16	0.8	1	140	57	38	5	0	0	0
	12	12	0.7	3	80	0	13	70	17	0	0
	19	20	0.7	1	180	46	21	10	8	0	15
	18	20	0.6	1	140	0	18	24	21	0	37
	18	20	0.7	1	160	34	32	20	5	0	9
	19	20	0.7	1	180	30	25	22	16	0	7
	18	16	0.7	1	160	13	15	30	21	0	21

В результате обработки матрицы по формулам (1) – (6) была составлена таблица 3. Обобщенный эталон развития для всех пробных площадей составил 9,025. Для отдельных пробных площадей эталон колеблется от 3,311 (ПП№4) до 9,000 (ПП№2). Следовательно, уровень развития изменяется в диапазоне от 0,003 до 0,633.

Ясень зеленый на пробных площадях №2 и №5 имеет самый низкий интегральный показатель уровня развития. Пробные площади с №3, №4, №8 имеют более высокий интегральный показатель уровня развития, по сравнению с другими пробными площадями.

Таблица 3 – Результаты вычисления оценок состояния

№ ПП	Расстояние, c_{i0}	Обобщенный эталонный образ, c_0	Интегральный показатель уровня развития, d_i
1	4,005	9,025	0,556
2	9,000		0,003
3	3,879		0,570
4	3,311		0,633
5	7,671		0,150
6	4,096		0,546
7	6,919		0,233
8	3,844		0,574
9	4,510		0,500
10	5,997		0,335

Полученные значения среднего интегрального показателя уровня развития d_i ясеня зеленого составляет 0,38, а среднее значение d_i дуба черешчатого – 0,44. Более высокий интегральный показатель развития дуба черешчатого определяется его более высокой продуктивностью в схожих лесорастительных условиях по сравнению с ясенем зеленым.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали, что использование алгоритма распознавания, основанного на вычислении оценок, вполне оправдано, однако список таксационных показателей (признаков), описывающих состояние лесной полосы, приведенный в данной работе, не является исчерпывающим и может быть расширен. При-

менение метода распознавания образов позволит объективно оценивать состояние и продуктивность защитных лесных полос в агроэкосистемах, в том числе с учетом временных факторов. Интегральный показатель уровня развития d_i может быть использован при моделировании и прогнозировании состояния полезных лесных полос.

Библиографический список

1. Городнов, В.П. Таксономический анализ как метод оценки конкурентоспособности промышленной продукции [Текст]/ В.П. Городнов, Т.В. Романчик // Бизнесинформ. – 2010. – №2. – С. 24-28.
2. Журавлев, Ю.И. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения [Текст] / Ю.И. Журавлев, В.В. Рязанов, О.В. Сенько. – М.: Издательство Фазис, 2005. – 161 с.
3. Котеленец, А.А. Совершенствование методов оценки технического уровня угольных шахт и объединений [Текст] : дисс. к. э. н.: 08.00.05 / А.А. Котеленец. – М., 1984. – 171 с.
4. Лебедь, Ф.Л. Метод построения двухмерного таксономического пространства для классификации игр и видов спорта [Текст]/ Ф.Л. Лебедь // Теория и практика физической культуры. – 2002. – №8. – С. 18-26.
5. Лепский, А.Е. Математические методы распознавания образов [Текст]/ А.Е. Лепский, А.Г. Броневиц. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
6. Лесоустроительная инструкция [Текст]. – М.: Рослесхоз, 2012. – 54 с.
7. Нестеров, С.П. Таксономический анализ минусинской группы погребений с конём [Текст]/ С.П. Нестеров // Проблемы реконструкций в археологии. – Новосибирск, 1985. – С. 111-121.
8. Новиков, Л.А. Таксономия языковых единиц. Опыт метаописания [Текст]/ Л.А. Новиков // Филологические науки. – 2002. – №6. – С. 36-46.
9. Плюта, В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях. Методы таксономии и факторного анализа [Текст]/ В. Плюта. – М.: Статистика, 1980. – 151 с.
10. Саблина, Н.В. Использование метода таксономии для анализа внутренних ресурсов предприятия [Текст]/ Н.В. Саблина, В.А. Теличко // Бизнесинформ. – 2009. – №3. – С. 78-82.
11. Чошанов, М.А. Обзор таксономий учебных целей в педагогике США [Текст]/ М.А. Чошанов // Педагогика. – 2000. – №4. – С. 86-91.
12. Horton, P. Probabilistic Classification System for Predicting the Cellular Localization Sites of Proteins Horton P., Nakai K.A // Intelligent Systems in Molecular Biology. 1996. – P. 109-115.
13. Ryazanov, V.V. One approach for classification (taxonomy) problem solution by sets of heuristic algorithms // Proceedings of the 9-th Scandinavian Conference on Image Analysis, Uppsala, Sweden, 6-9 June 1995. - Vol.2. - P.997-1002.

Reference

1. Gorodnov, V. P. Taksonomicheskij analiz kak metod ocenki konkurentosposobnosti promyshlennoj produkcii [Tekst]/ V. P. Gorodnov, T. V. Romanchik // Biznesinform. – 2010. – №2. – S. 24-28.
2. Zhuravlev, Yu. I. Raspoznavanie. Matematicheskie metody. Programmaya sistema. Prakticheskie primeneniya [Tekst] / Yu. I. Zhuravlev, V. V. Ryazanov, O. V. Sen'ko. – M.: Izdatel'stvo Fazis, 2005. – 161 s.
3. Kotelenec, A. A. Sovershenstvovanie metodov ocenki tehničeskogo urovnya ugoľnyh shaht i ob'edinenij [Tekst] : diss. k. je. n.: 08.00.05 / A. A. Kotelenec. – M., 1984. – 171 s.
4. Lebed', F. L. Metod postroeniya dvuhmernogo taksonomicheskogo prostranstva dlya klassifikacii igr i vidov sporta [Tekst]/ F. L. Lebed' // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. – 2002. – №8. – S. 18-26.
5. Lepskij, A. E. Matematicheskie metody raspoznavaniya obrazov [Tekst]/ A. E. Lepskij, A. G. Bronevich. – Taganrog: Izd-vo TTI YuFU, 2009. – 155 s.
6. Lesoustroitel'naya instrukciya [Tekst]. – M.: Roslesxoz, 2012. – 54 s.

7. Nesterov, S. P. Taksonomicheskij analiz minusinskoj gruppy pogrebenij s konjom [Tekst]/ S. P. Nesterov // Problemy rekonstrukcij v arheologii. – Novosibirsk, 1985. – S. 111-121.
8. Novikov, L. A. Taksonomiya yazykovykh edinic. Opyt metaopisaniya [Tekst]/ L. A. Novikov // Filologicheskie nauki. – 2002. – №6. – S. 36-46.
9. Plyuta, V. Sravnitel'nyj mnogomernyj analiz v jekonomicheskikh issledovaniyah. Metody taksonomii i faktornogo analiza [Tekst]/ V. Plyuta. – M.: Statistika, 1980. – 151 s.
10. Sablina, N. V. Ispol'zovanie metoda taksonomii dlya analiza vnutrennih resursov predpriyatiya [Tekst]/ N. V. Sablina, V. A. Telichko // Biznesinform. – 2009. – №3. – S. 78-82.
11. Choshanov, M. A. Obzor taksonomij uchebnykh celej v pedagogike SShA [Tekst]/ M. A. Choshanov // Pedagogika. – 2000. – №4. – S. 86-91.
12. Horton, P. Probablistic Classification System for Predicting the Cellular Localization Sites of Proteins Horton P., Nakai K.A // Intelligent Systems in Molecular Biology. 1996. – P. 109-115.
13. Ryazanov, V.V. One approach for classification (taxonomy) problem solution by sets of heuristic algorithms // Proceedings of the 9-th Scandinavian Conference on Image Analysis, Uppsala, Sweden, 6-9 June 1995. – Vol.2. – P. 997-1002.

E-mail: foreigner-13@mail.ru

УДК 633.2.03

ВИДЫ И СОРТА ТРАВ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ РАВНИННЫХ ПАСТБИЩ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

THE TYPES AND VARIETIES OF HERBS FOR THE RESTORATION OF LOWLAND GRASSLAND IN EASTERN CISCAUCASIA

С.Н. Сивцева¹,

Л.П. Рыбашлыкова², кандидат сельскохозяйственных наук

S.N. Sivceva¹, L. P. Rybashlykova²

¹Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
Ставропольский край с. Ачикулак, Россия

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

¹North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, amelioration
and protective afforestation RAS, Stavropol Krai, Achikulak

²Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS,
Volgograd

В статье дана оценка экологического состояния деградированных пастбищ Восточного Предкавказья, приведены результаты исследований интродуцированных видов многолетних трав по адаптации, развитию, росту, урожайности фитомассы. Основной целью исследований было изучение видов и сортов пастбищных многолетних злаковых трав, выявление их продукционного потенциала и долголетия для использования в реставрации пастбищных земель. Для проведения исследований был заложен опытный участок с монокомпонентными посевами многолетних злаковых трав озимого типа развития. Способ посева многолетних трав – сплошной, ширококорядный 45 и 70 см. Определение продуктивности кормовых трав проводили укосным методом в 3-х кратной повторности с 1 м². Урожайность многолетних трав колебалась по годам в зависимости от вида растений, способа посева и фазы вегетации. Максимальная урожайность фитомассы была получена на 3-й год жизни при ширококорядном способе посева. Высокую продуктивность зеленой массы обеспечивали пырей удлиненный Ставропольский 10 – 15,9–14,3 т/га, и пырей удлиненный солончаковый – 15,2–14,3 т/га, пырей средний Ставропольский 1 – 14,5–13,4 т/га, житняки и кострецы от 7,0 до 9,7 т/га. Несмотря на снижение продуктивности фитомассы, с четвертого года жизни урожайность остается высокой и имеет превосходство в 6–8 раз над аборигенными видами. Введение интродуцируемых видов и сортов в широкое производство будет способствовать увеличению ассортимента кормовых трав, а также укреплению кормовой базы региона.

The ecological condition of degraded pastures in the Eastern Caucasus has been assessed in the article, the results of studies of introduced species of perennial grasses for adaptation, development, growth, and productivity of phytomass have been presented. The main purpose of the research was to study the species and varieties of grazing perennial grasses, their productive potential and longevity for use in the restoration of grazing lands. For carrying out researches the test site with monocrop component crops of long-term grasses of winter type of development has been established. Wide-row 45 and 70 cm method of sowing perennial grasses-continuous has been used. Measurement of the forage grasses productivity carried out by the diagonal method in 3-fold repetition from 1 m². The yield of perennial grasses fluctuated over the years depending on the plant species, the method of sowing and the phase of vegetation. The maximum yield of phytomass was obtained for 3 years of life with a wide-range method of sowing. High productivity of green mass was provided by Wheatgrass elongated Stavropol 10 – 15,9–14,3 t/ha, and Wheatgrass elongated salt – to 15,2–14,3 t/ha, wheat grass medium Stavropol 1 – 14,5–13,4 t/ha, Zitnjaki from 7,0 to 9,7 t/ha. Despite the decline in productivity of phytomass in the fourth year of life, the yield of forage mass remains high and has a 6–8 times advantage over native species. Introduction species into wide production will help to increase the assortment of forage grasses, as well as strengthen of the regional forage base.

Ключевые слова: пастбища Восточного Предкавказья, деградированные угодья, многолетние травы, интродукция, адаптация, урожайность, развитие, фитомелиорация.

Key words: pastures of the Eastern Caucasus, degraded lands, perennial grasses, introduction, adaptation, yield, development, phytomelioration.

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2016-0507. «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны РФ» ФНЦ агроэкологии РАН

Введение. Животноводство – один из основных источников обеспечения полноценного питания человека. Залогом развития и экономической эффективности животноводства является кормовая база. Проблема полноценного кормления животных особенно остро встает в сухостепных аридных регионах, для которых характерен засушливый климат, резкие перепады круглогодичных температур, засоление и обеднение почв [3].

Природные пастбища Восточного Предкавказья расположены в засушливом климате на песчаных землях, являются подножным кормом для животных, однако около 70 % пастбищ сбито, большая часть этих территорий находится в неудовлетворительном состоянии. Причины опустынивания на 87 % обусловлены нерациональным использованием природных растительных ресурсов и только на 13 % природными условиями [1]. Эффективным методом восстановления пастбищного травостоя является фитомелиорация, которая способствует улучшению и восстановлению пастбищного травостоя, повышая потенциал деградированных угодий с помощью трав-мелиорантов [6].

Анализ многолетних исследований показывает, что улучшение сбитых естественных полупустынных угодий должно базироваться на засухо- и солеустойчивых, дающих стабильные урожаи кормовых растений [5]. Поэтому подбор кормовых растений является неотъемлемой частью целого комплекса мероприятий по улучшению кормовых угодий в жестких условиях полупустынь и пустынь [2].

В связи с этим перспективным является использование кормовых растений, хорошо приспособленных к условиям региона [7, 8].

Большое значение при улучшении деградированных угодий имеет состав высеваемых растений [10]. Травы должны быть долголетними, хорошо переносить выпас скота и быстро отрастать, давая достаточное количество корма к следующему стравливанию [9].

Целью исследований являлся отбор лучших сортов растений – интродуцентов по показателям роста, устойчивости и продуктивности в многолетнем онтогенезе.

Материалы и методы. Исследования проводили на базе опытной станции Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН на протяжении 2004–2017 гг. Для испытаний были приняты следующие виды кормовых трав Ставропольской селекции: пырей удлиненный сорт Ставропольский 10, пырей удлиненный сорт Солончаковый, пырей средний сорт Ставропольский 1, кострец безостый сорт Вегур, кострец безостый сорт Ставропольский 35, житняк гребневидный сорт Викрав, житняк сибирский сорт Новатор.

Климат района исследований засушливый (ГТК 0,2–0,5). Годовая сумма осадков колеблется от 150 до 300 мм. Абсолютный максимум температуры воздуха достигает в июле +40...45 °С. Преобладают иссушающие юго-восточные ветры.

Почвы опытного участка светло-каштановые преимущественно легкосуглинистого и супесчаного гранулометрического состава разной степени солонцеватости.

При проведении полевых опытов использовались методики Б.А. Доспехова, НИИ кормов им. Вильямса и другие общепринятые методики по постановке и проведению полевых исследований. Полевые опыты закладывали на делянках площадью – 25 м², повторность четырехкратная, способ посева сплошной, рядовой, ширина междурядья 0,45 и 0,7 м. Биометрические измерения (высота растений, количество генеративных побегов) растений проводили через каждые 10 дней. Фенологические наблюдения проводили через каждые 5 дней. Определяли следующие фазы развития растений: кущение, выход в трубку, колошение, созревание. Определение урожайности проводили укосным методом в трехкратной повторности с 1 м².

Результаты и обсуждение. В укреплении кормовой базы животноводства Восточного Предкавказья могут сыграть роль высокоурожайные сорта [4].

Наблюдения за ростом и развитием кормовых трав показали их устойчивость в многолетнем онтогенезе и превосходство перед аборигенными видами. Начало вегетации (весеннее отрастание) у испытываемых видов многолетних кормовых трав с учетом местных почвенно-климатических условий приходится на первую декаду марта, и к апрелю высота растений в среднем составляет 18–25 см, в то время как пастбищные травы имеют высоту в этот период 2–4 см (полыни, эфемероиды, эфемеры). В весенний период высота растений многолетних трав в 3–4 раза выше, в летний период – в 3–5 раз, по сравнению с контролем. На рост и развитие растений большое влияние оказывает доступная влага.

Таблица 1 – Динамика роста интродуцированных растений
в весенне-летний период по способам посева, 2003–2010 гг.

Вид растений	Способ посева	Годы наблюдений			
		2004-2005		2006-2010	
		высота, см			
		весна	лето	весна	лето
Контроль (природное пастбище)		26	37	20	28
Пырей удлиненный солончаковый	сплошной	119	144	57	117
	широкорядный	140	152	82	125
Пырей удлиненный Ставропольский 10	сплошной	118	143	69	131
	широкорядный	133	159	86	141
Пырей средний Ставропольский 1	сплошной	78	134	53	109
	широкорядный	98	145	79	122
Житняк сибирский Новатор	сплошной	94	104	43	81
	широкорядный	96	108	59	94
Житняк гребневидный Викрав	сплошной	95	102	40	96
Кострец безостый Ставропольский 35	сплошной	98	115	42	115
Кострец безостый Вегур	сплошной	100	117	45	106

С четвертого года развития у многолетних трав происходит акклиматизация и высота растений несколько снижается. Преимущество в росте принадлежит широко-рядным посевам (на 10-60 см), по сравнению со сплошным (таблица 1). При оптимальных условиях роста растений интродуценты к осени формируют густой травостой благодаря кущению злаковых многолетних трав.

Высокую продуктивность зеленой массы обеспечивали пырей удлиненный Ставропольский 10 – 15,9–14,3 т/га и пырей удлиненный солончаковый – 15,2–14,3 т/га, немного уступал им пырей средний Ставропольский 1 – 14,5–13,4 т/га, тогда как житняки и кострецы только от 7,0 до 9,7 т/га. Динамика накопления фитомассы растениями – интродуцентами многолетних трав складываются их двух периодов: вегетационного (от всходов до выхода в трубку) и генеративного (от фазы выхода в трубку до полной спелости). Установлено, что многолетние травы на 3-й год жизни формируют максимальный урожай зеленой массы. Если в весенний период пырей удлиненный солончаковый обеспечивал на сплошном посеве урожайность 8,0 т/га, на широко-рядном – 10 т/га, то пырей удлиненный Ставропольский 10 и пырей средний Ставропольский 1 соответственно 6,0 и 11,3 т/га, 5,0 и 9,7 т/га, что, по сравнению с естественной растительностью, масса которой (0,5–0,6 т/га), в 20 раз больше. Отмечено также, что житняки и кострецы с урожайностью зеленой массой 2,5–3,0 т/га уступают пыреям в 3–4 раза. Такая закономерность прослеживается с урожайностью и в другие фазы вегетации: выход в трубку – продуктивность пыреев увеличивается в 2–2,5 раза, в частности, у пырея удлиненного солончакового урожай зеленой массы составляет 17,2–27,2 т/га, у пырея удлиненного Ставропольского 10 – 14,8–28,7 т/га, у пырея среднего Ставропольский 1 – 10,3–10,8 т/га, у кострецов безостых – 3,2–3,4 т/га, у житняков – 3,8–4,8 т/га.

В фазу колошения лидирует пырей удлиненный Ставропольский 10 с массой – 24,8–30,0 т/га, затем идет пырей удлиненный солончаковый с массой – 27,9–28,6 т/га, у пырея среднего Ставропольский 1 урожайность равна 16,0–19,8 т/га, у житняков и кострецов – 7,5–8,0 т/га.

Таблица 2 – Продуктивность кормовых трав в многолетних посевах на песчаных почвах Восточного Предкавказья (2004-2017 гг.)

Культура	Способ посева	Урожайность, т/га					
		2004-2007 гг.		2008-2012 гг.		2013-2017 гг.	
		весна	лето	весна	лето	весна	лето
Пырей средний «Ставропольский 1»	Сплошной	8,7	12,1	3,2	4,9	2,5	3,9
	Ширина – 45 см	10,6	13,1	3,4	5,8	-	-
	Ширина – 70 см	11,1	11,5	3,8	6,0	-	-
Пырей удлиненный «Ставропольский 10»	Сплошной	11,9	15,1	4,3	8,2	3,2	4,7
	Ширина – 45 см	12,9	19,1	5,1	8,9	4,8	6,6
	Ширина – 70 см	13,9	20,0	5,3	9,6	5,7	7,6
Пырей удлиненный солончаковый	Сплошной	9,2	14,6	4,4	7,0	2,9	4,7
	Ширина – 45 см	13,5	16,1	5,1	9,0	4,3	6,5
	Ширина – 70 см	14,3	16,7	5,7	10,4	4,9	7,3
Житняк сибирский «Новатор»	Сплошной	4,4	6,8	3,1	4,0	1,4	2,2
	Ширина – 45 см	5,1	6,4	4,3	5,8	2,2	3,4
	Ширина – 70 см	5,9	6,8	5,0	7,4	2,5	3,8
Кострец безостый «Вегур»	Сплошной	5,9	10,4	4,8	6,8	3,6	5,9
	Ширина – 45 см	6,3	8,4	3,9	7,1	-	-
	Ширина – 70 см	6,8	11,5	4,2	7,4	-	-
Кострец безостый «Ставропольский 35»	Сплошной	4,7	8,7	3,4	5,8	3,4	5,3
Житняк гребневидный	Сплошной	2,9	5,3	3,3	4,7	2,8	4,3

На четвертый и пятый годы жизни у испытываемых видов произошло снижение кормовой продуктивности: у пырея удлиненного Ставропольский 10 на 15,5 т/га, у солончакового – на 8,3 т/га, у пырея среднего Ставропольский 1 – на 14,8 т/га, а у житняка сибирского «Новатор», наоборот, произошло увеличение урожайности в 2 раза. Сплошные посевы по кормовой продуктивности уступают широкоягодным, у житняков разница составила – 2,7 т/га, у пырея среднего – 10,2 т/га, у пырея удлиненного солончакового – 3,3 т/га, у пырея удлиненного Ставропольский 10 – 6,0 т/га (таблица 2).

Многолетние травы, в отличие от однолетних, обладают свойством образовывать новые побеги после стравливания. Эта особенность регенерации, то есть нового побегообразования сохраняется длительное время, иногда десятилетия (13–14 лет). Травы-интродуценты ценны тем, что, кроме высокой продуктивности, устойчивости, долговечности, имеют способность самовозобновляться путем обсеменения (кострец безостый Ставропольский 35, кострец безостый Вегур и пырей средний Ставропольский 1).

Пастбище способно самореконструироваться. Поэтому рациональное использование травостоя является гарантией возобновления и омоложения растений, а значит, и повышения долголетия культурных пастбищ.

По результатам исследования многолетних кормовых трав большой интерес для создания агрофитоценозов длительного использования со стабильной продуктивностью растений и устойчивой их адаптивностью к конкретным условиям произрастания представляют: пырей удлиненный (*Agropyrum elongatum* Host.) солончаковый, пырей удлиненный сорт Ставропольский 10, пырей средний (*Agropyrum intermedia* Host.) сорт Ставропольский 1 – верховые высокорослые, рыхлокустовые, дерновинные многолетние злаки озимого типа развития, с мощной хорошо развитой мочковатой корневой системой. Кусты плотные прямостоячие. Хорошо отрастают после скашивания. От начала отрастания до первого скашивания – 80 дней, от первого укоса до второго – 85 дней, на семена – 150 дней. Характеризуются высокой степенью адаптации к природным условиям: устойчивы к засухе, к болезням и вредителям, морозоустойчивы.

Основные достоинства: растения сенокосно-пастбищного типа использования. Образуют плотную дернину. Обладают долголетием, имеют высокую кормовую продуктивность на протяжении более 14 лет. Хорошо отрастают как в весенний, так и в осенний период.

Кострец безостый (*Bromus inermis* Leyss) сорт Вегур – весной трогается в рост очень рано, давая большое количество зеленого корма. Продолжительность периода от начала весеннего отрастания до первого укоса составляет 50–55 дней (высота растений 140–165 см), до полной спелости семян – 100–110 дней. Устойчив к засухе, к вредителям и болезням. В первом укосе облиственность составляет 65–70 %, во втором – 100 %.

Житняк гребневидный (*Agropyrum pectiniforme* R. Et. Sch.) сорт Викрав – растение озимого типа развития, имеет мощную, хорошо развитую мочковатую корневую систему. Куст прямостоячий, плотный. Продолжительность периода от начала отрастания до первого укоса – 60 дней, от первого до второго – 70 дней, на семена – 100 дней. Сорт устойчив к заморозкам, к болезням и вредителям, обладает хорошей засухоустойчивостью.

Основные достоинства: пригоден для сенокосно-пастбищного типа использования, для солонцеватых почв. Имеет хорошую кормовую продуктивность в течение 10 лет.

Таким образом, перечисленные виды многолетних злаковых трав могут быть использованы для экологического улучшения деградированных агроландшафтов кормовых угодий.

Заключение. Многолетние исследования показали, что такие виды растений, как кострец безостый Ставропольский 35, «Вегур», пырей средний Ставропольский 1, пырей удлиненный Ставропольский 10, пырей удлиненный солончаковый, житняк си-

бирский «Новатор», житняк гребневидный «Викрав» в посевах зарекомендовали себя как перспективные фитомелиоранты, имеющие стабильную урожайность кормовой массы на протяжении 13–14 лет.

Активный рост и прирост фитомассы происходит в весенний период с апреля по май (1,5–2,6 т/га) и в раннелетний период с мая по июнь – 4,5–6,0 т/га.

Перспективные виды многолетних трав-интродуцентов имеют превосходство в 6–8 раз по кормовой продуктивности перед аборигенными видами.

Преимущество в росте, в урожайности фитомассы многолетних трав Ставропольской селекции имеют ширококорядные посевы, по сравнению со сплошными.

Урожайность многолетних кормовых трав изменяется по фазам вегетации.

Необходимо также отметить, что практическое значение многолетних трав-интродуцентов многогранно: они закрепляют песчаные земли от ветровой эрозии, уменьшая дефляционные процессы, восстанавливают плодородие почвы, улучшают пастбищный травостой и видовое разнообразие, повышают продуктивность, улучшают качество и питательность корма.

Низкая урожайность природных деградированных пастбищ Восточного Предкавказья сдерживает развитие животноводства, особенно овцеводство, а поэтому повышение продуктивности данных угодий имеет большое народнохозяйственное значение. Повышение кормоемкости полупустынных пастбищ в аридных условиях позволяет значительно увеличить поголовье и продуктивность животных.

Библиографический список

1. Романенко, Г.А. Проблемы деградации, охраны и восстановления продуктивности сельскохозяйственных земель России [Текст]/ Г. А. Романенко. – М.: ВНИИА, 2007. – 76 с.
2. Рыбашлыкова, Л.П. Пастбищные экосистемы Сарпинской низменности и интродукция лекарственных растений [Текст]/ Л.П. Рыбашлыкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 3(59). – С. 117-120.
3. Рыбашлыкова, Л.П. Опыт интродукции кормовых растений в условиях капельного орошения полупустынной зоны Северного Прикаспия [Текст]/ Л.П. Рыбашлыкова // Напряги розвитку сучасних систем землеробства : матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 110-річчю від дня народження професора С.Д. Лисогорова . – 2013. – С. 382-386.
4. Сорта многолетних трав для кормопроизводства в аридных условиях [Текст]/ В.В. Кравцов, В.А. Кравцов, Н.В. Надмидов, И.Н. Ивашенко // Кормопроизводство. – 2013. – декабрь. – С. 17-18.
5. Степанов, А.Ф. Перспективные кормовые растения природной флоры [Текст]/ А.Ф. Степанов, М.П. Чупина, С.П. Чибис // Региональная научно-практическая конференция, посвященная 65-летию образования факультета ТС в АПК (МЕХФАК)/ ФГБОУ ВО Омский ГАУ. – Омск, 2016. – С. 190-193.
6. Турко, С. Ю. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с использованием высокопродуктивных фитомелиорантов [Текст]/ С.Ю. Турко, А.К. Кулик, М.В. Влащенко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 5. – С. 58-61.
7. Тютюма, Н.В. Интродуцируемые дикорастущие кормовые растения в обогащении пастбищных экосистем Поволжья [Текст]/ Н.В. Тютюма, Г.К. Булахтина, Н.И. Кудряшова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №3 (43). – С.1-6.
8. Тютюма, Н.В. Прием биологической рекультивации деградированных естественных пастбищ в аридной зоне Северного Прикаспия [Текст]/ Н.В. Тютюма, Г.С. Егорова, Г.К. Булахтина. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – 96 с.
9. Шамсутдинов, З.Ш. Создание долгодетных пастбищ в аридной зоне Средней Азии [Текст]/ З.Ш. Шамсутдинов. – Ташкент: ФАН, 1975. – 176 с.
10. Culleton N Et al. Seletion in the mixtures of grasses by creation the pastures of purporpose. Farm Food. Res. 1985.128. P.28-29.

Reference

1. Romanenko, G. A. Problemy degradacii, ohrany i vosstanovleniya produktivnosti sel'sko-hozyajstvennyh zemel' Rossii [Tekst]/ G. A. Romanenko. – M.: VNIIA, 2007. – 76 s.
2. Rybashlykova, L. P. Pastbishnye jekosistemy Sarpinskoj nizmennosti i introdukcija le-karstvennyh rastenij [Tekst]/ L. P. Rybashlykova // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zem-ledeliya. – 2015. – № 3(59). – S.117-120.
3. Rybashlykova, L. P. Opyt introdukcii kormovyh rastenij v usloviyah kapel'nogo orosheniya polupustynnoj zony Severnogo Prikaspiya [Tekst]/ L. P. Rybashlykova // Napryami razvitku suchas-nih sistem zemlerobstva: materialy Mizhnarodnoï naukovopraktichnoï internet-konferencii pris-vyachenoï 110-richchyu vid dnya narodzhennya profesora S. D. Lisogorova . – 2013. – S. 382-386.
4. Sorta mnogoletnih trav dlya kormoproizvodstva v aridnyh usloviyah [Tekst]/ V.V. Kravcov, V. A. Kravcov, N. V. Nadmidov, I. N. Ivashenenko // Kormoproizvodstvo. – 2013. – dekabr'. – S. 17-18.
5. Stepanov, A. F. Perspektivnye kormovye rasteniya prirodnoj flory [Tekst]/ A. F. Stepanov, M. P. Chupina, S. P. Chibis // Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyaschennaya 65-letiyu obrazovaniya fakul'teta TS v APK (MEHFAK)/ FGBOU VO Omskij GAU. – Omsk, 2016. – S. 190-193.
6. Turko, S. Yu. Vosstanovlenie degradirovannyh pastbish na legkih pochvah s ispol'zovaniem vysokoproduktivnyh fitomeliorantov [Tekst]/ S. Yu. Turko, A. K. Kulik, M. V. Vlasenko // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2014. – № 5. – S. 58-61.
7. Tyutyuma, N. V. Introduciруемые дикорастущие кормовые растения в обогасчении past-bishnyh jekosistem Povolzh'ya [Tekst]/ N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina, N. I. Kudryashova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obra-zovanie. – 2016. – №3 (43). – S.1-6.
8. Tyutyuma, N. V. Priem biologicheskoy rekul'tivacii degradirovannyh estestvennyh pastbish v aridnoj zone Severnogo Prikaspiya [Tekst]/ N. V. Tyutyuma, G. S. Egorova, G. K. Bulahtina. – Vol-gograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. – 96 s.
9. Shamsutdinov, Z. Sh. Sozdanie dolgoletnih pastbish v aridnoj zone Srednej Azii [Tekst]/ Z. Sh. Shamsutdinov. – Tashkent: FAN, 1975. – 176 s.
10. Culleton, N Et al. Seletion in the mixtures of grasses by creation the pastures of purpor-pose. Farm Food. Res. 1985.128. – P.28-29.

E-mail: achikylak356890@mail.ru

УДК: 631.671

**ВОДНЫЙ БАЛАНС И СТРУКТУРА СУММАРНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ
ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ ПРИ ПОЛИВЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ
WATER BALANCE AND STRUCTURE OF THE TOTAL WATER CONSUMPTION
OF THE SAREPTA MUSTARD AT WATERING BY LIVESTOCKING STRAWS**

А.С. Овчинников, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е.В. Пустовалов, старший преподаватель

A.S. Ovchinnikov, E.V. Pustovalov

*Волгоградский государственный аграрный университет
Volgograd State Agrarian University*

Представлена технология возделывания горчицы сарептской с применением орошения животноводческими стоками КРС. Исходя из экономических соображений и санитарно-гигиенических требований к орошению животноводческими стоками был назначен поверх-ностный полив по тупым затопляемым бороздам. Результаты исследований доказывают рацио-нальность использования животноводческих стоков для орошения горчицы. В структуре сум-марного водопотребления на долю оросительной воды приходится от 43,3 % до 66,3 %, когда

как в условиях естественного орошения основным источником влаги являются почвенные влагозапасы. На формирование одной тонны продукции при орошении требуется 1953,7-2360,7 м³ воды. Наиболее оптимальным следует считать вариант с поддержанием заданного предполивного порога влажности на уровне 70 % НВ и разбавлением стоков водой в соотношении 1 : 1, поскольку данному варианту соответствует максимальная урожайность (1,77 т/га) с минимальным значением коэффициента водопотребления (1953,7 м³/т).

The technology of cultivation of mustard with application of irrigation by cattle-breeding drains of cattle is presented. Based on economic considerations and sanitary and hygienic requirements for irrigation by livestock drains, superficial watering was introduced along bluntly flooded furrows. The results of the studies prove the rationality of using livestock drains for irrigation of mustard. In the structure of total water consumption, irrigation water accounts for 43.3% to 66.3%, when in natural irrigation conditions the main source of moisture is soil moisture reserves. The formation of one ton of products during irrigation requires 1953.7-2360.7 m³ of water. The best option is to maintain the predetermined moisture threshold at 70% НВ and dilute the runoff with water in a ratio of 1: 1, since this option corresponds to the maximum yield (1.77 t / ha) with a minimum water consumption factor (1953.7 m³ / m).

Ключевые слова: горчица сарептская, животноводческие стоки, режим орошения горчицы, водопотребление горчицы, коэффициент водопотребления горчицы.

Key words: mustard, livestock drains, mustard irrigation regime, mustard water consumption, water consumption coefficient of mustard.

Введение. В стратегии развития сельского хозяйства Волгоградской области большую роль отводят развитию масличной отрасли. Особое внимание уделяется производству и переработке масла семян горчицы [5, 6]. Неприхотливость и высокие адаптивные свойства горчицы к изменению условий окружающей среды во многом определили ее как культуру, возделываемую на богаре. Эти свойства привели к тому, что при вводе новых орошаемых территорий наибольшее предпочтение сельхозпроизводители отдают овощным и кормовым культурам [4].

В условиях Волгоградской области одним из ключевых факторов получения стабильных урожаев является орошение [2, 9, 10, 8]. Все чаще аграрии обращают свое внимание на использование сточных вод животноводческих комплексов для повышения плодородия сельскохозяйственных угодий [1, 3, 7].

Основная цель наших исследований – разработка оптимального водного режима почвы и технологии орошения горчицы сарептской животноводческими стоками КРС.

Материалы и методы. Исследования по изучению режимов орошения горчицы животноводческими стоками проводились с 2013 по 2015 гг. на базе сельскохозяйственного предприятия ООО «СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области. Полевой опыт проводили по двухфакторной схеме. Фактор А (водный режим почвы) включал в себя следующий набор вариантов: А₁ – 70 % НВ; А₂ – 60-70 % НВ (60 % НВ – в период всходы-цветение, 70 % НВ в период цветение-созревание); А₃ – 60 % НВ. Фактор В был представлен тремя вариантами разбавления стоков чистой водой: В₁ – 1 : 1; В₂ – 1 : 2; В₃ – 1 : 3. За контроль был принят вариант с естественным увлажнением (без орошения).

Почвы опытного участка светло-каштановые, по своему механическому составу тяжелосуглинистые. Поверхностный уклон составляет 0,003 – 0,008. Грунтовые воды залегают на глубине 6,8-7,4 м.

Орошение на опытном участке проводили поверхностным способом по тупым затопляемым бороздам. На наш взгляд, данный способ полива экономически целесообразен и наиболее отвечает санитарно-гигиеническим и агромелиоративным требованиям. Внесение стоков происходит непосредственно на поверхность земли, что исключает

контакт с растениями. Борозды нарезаются шириной 0,2 м и глубиной 0,12 м с интервалом 0,9 м. Вода к бороздам подавалась по системе гибких трубопроводов. Удельный расход воды на 1 п.м. составил 0,5 л/с.

Глубина промачивания определялась в соответствии с глубиной залегания основной массы корней. Согласно периодам развития эта величина составила 0,3 м в фазу всходов – розетки листьев, 0,5 м в фазу ветвления и 0,8 м в фазы цветения – созревания. Соответственно, при водно-физических свойствах почвы поливные нормы составляли 300-950 м³/га.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия в 2013-2014 гг. были максимально схожи и характеризуются как засушливые (ГТК=0,34). Условия сухого 2015 года оказались более благоприятными для роста и развития горчицы (ГТК=0,63). За вегетационный период в 2013 году выпало 76,5 мм осадков, в 2014 году – 62,1 мм, в 2015 году – 145,1 мм.

Для регулирования влажности в активном слое почвы при пороговом значении 70 % НВ в 2013-2014 годах понадобилось 4 полива оросительной нормой 2400 м³/га. Объем подаваемой воды за один полив колебался от 300 до 800 м³/га в зависимости от фазы развития и глубины промачиваемого слоя. В 2015 году подача оросительной воды сократилась до 2100 м³/га, а регулирование влажности почвы проводилось тремя поливами. Первый полив проводился нормой 500 м³/га, последующие – 800 м³/га. Межполивные периоды были неоднозначными: 15, 16 и 25 дней в 2013 году; 19, 21 и 18 дней в 2014 году; 20 и 19 дней в 2015 году.

Для поддержания влажности почвы на уровне 60-70 % НВ в 2013 и 2014 годах потребовалось провести три полива, оросительной нормой 2100 м³/га, а в 2015 году два полива со снижением оросительной нормы до 1600 м³/га. Поливные нормы по данному варианту составили 500-800 м³/га в 2013-2014 годах и 800 м³/га – в 2015 году. Продолжительность между поливами длилась в 2013 году 18 и 25 дней, в 2014 году – 19 и 23 дня, в 2015 году – 16 дней.

Режим орошения 60 % НВ, по сравнению с другими режимами, поддерживался меньшим количеством поливов (2 полива в 2013-2014 г.г. и 1 полив в 2015 году). Соответственно оросительные нормы составили 1450 м³/га и 950 м³/га. Поливы проводились нормами от 500 до 950 м³/га. В 2013 году от первого до второго полива прошло 23 дня, а в 2014 году – 25 дней.

Суммарное водопотребление, согласно фазам развития горчицы, изменяется по одновершинной кривой, с максимумом в период цветения – зеленого стручка (таблица 1). С начала посева и до всходов водопотребление не столь значительное (89 м³/га). С появлением всходов потребление влаги постепенно возрастает и достигает своего пика в фазу цветения – зеленого стручка. В среднем это значение изменялось с 235 м³/га до 781-1146 м³/га. В дальнейшем, в фазу зеленого стручка – созревания наблюдается снижение водопотребления до 573-997 м³/га.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление горчицы
(в среднем за 2013-2015 гг.), м³/га

Фаза развития	Предполивной порог влажности почвы, % НВ			
	70	60-70	60	Контроль
Посев – всходы	89	89	89	89
Всходы – розетка листьев	235	235	235	235
Розетка листьев – ветвление	292	263	263	263
Ветвление – цветение	708	648	648	564
Цветение – зеленый стручок	1146	1050	955	781
Зеленый стручок – созревание	997	874	772	573
Посев – созревание	3467	3160	2963	2506

С повышением оросительной нормы возрастает и потребление влаги. Об этом свидетельствуют среднегодовое значения водопотребления за период вегетации. На контрольном варианте с естественным увлажнением этот показатель составил 2506 м³/га. На варианте с жестким режимом орошения (60 % НВ), где оросительные нормы были минимальными (950-1450 м³/га), суммарное водопотребление составило 2963 м³/га. Увеличение объема воды, подаваемой в период вегетации, позволило повысить значение суммарного водопотребления в среднем до 3160-3467 м³/га.

В условиях орошения основным источником пополнения почвенной влаги является оросительная норма. На варианте, где формирование урожая проходило в условиях естественного увлажнения, основным источником влаги были почвенные влагозапасы (62,3 %). Остальная доля (37,7 %) приходилась на атмосферные осадки.

С повышением предполивного порога влажности почвы отмечается возрастание доли оросительной воды в структуре суммарного водопотребления. Так, на варианте с режимом 70 % НВ доля оросительной нормы составила 66,3 %, на варианте с режимом 60-70 % НВ – 61,2 %, на варианте с режимом 60 % НВ – 44,3 %. На долю осадков приходится от 27,3 до 31,9 % от общего водопотребления. Самый низкий процент в структуре суммарного водопотребления приходится на потребление воды из почвенных влагозапасов (6,4-24,8 %).

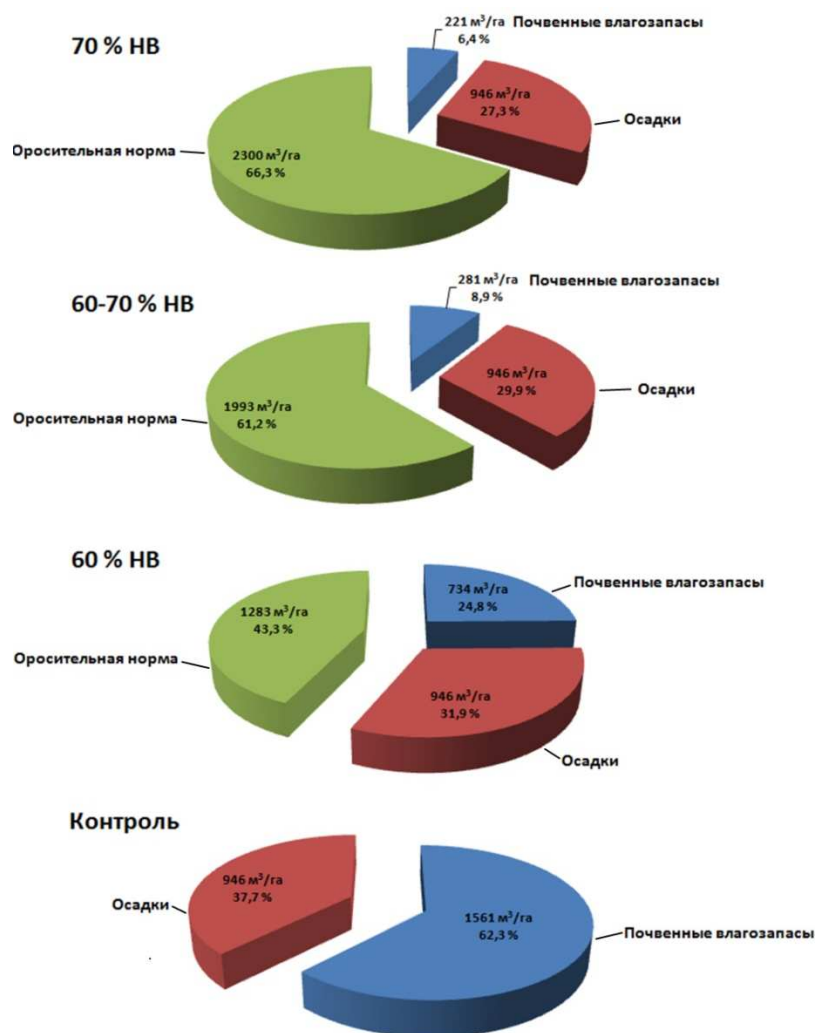


Рисунок 1 – Структура суммарного водопотребления горчицы (в среднем за 2013-2015 гг.)

Рациональность орошения и эффективность потребления влаги, в том числе оросительной воды, выражается коэффициентом водопотребления (таблица 2). В годы исследований значения коэффициентов водопотребления находились в обратной зависимости от водного режима почвы, чего нельзя сказать о затратах оросительной воды на формирование одной тонны продукции, которые возрастали прямо пропорционально повышению предела заданного предполивного порога влажности почвы.

Контрольный вариант в наших исследованиях характеризуется самыми высокими показателями коэффициента водопотребления (3511,3 м³/т). В зависимости от порогового уровня влажности почвы коэффициенты водопотребления были ниже, чем на контрольном варианте на 28,7-37,4 %. Максимальная урожайность горчицы (1,67-1,77 т/га) соответствует режиму 70 % НВ. При этом затраты воды на формирование одной тонны продукции на данном варианте оказались самыми низкими (1953,7-2070,7 м³/т). С точки зрения затрат оросительной воды, данный режим оказался наименее выгодным. Здесь для получения одной тонны урожая потребовалось 1312,4-1391,1 м³ оросительной воды. Самыми высокими показателями коэффициентов водопотребления (2360,7-2213,5 м³/т) и самыми низкими затратами оросительной воды (965,8-1031,5 м³/т) характеризуется режим с предельным снижением влажности почвы не ниже 60 % НВ.

При оценке влияния степени разбавления стоков на водопотребление горчицы можно отметить, что наиболее экономично расходовали влагу растения, которые поливались стоками, разбавленными в соотношении 1 : 1 ($K_b=1953,7-2213,5$ м³/т). Увеличение степени разбавления с 1 : 1 до 1 : 2 и 1 : 3 приводило к снижению урожайности и, как следствие, к повышению коэффициента водопотребления в среднем на 3,3-6,5 %.

Таблица 2 – Коэффициенты водопотребления и затраты оросительной воды
(в среднем за 2013-2015 гг.)

Вариант опыта		Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Затраты оросительной воды, м ³ /т
Предполивной порог влажности почвы, % НВ	Степень разбавления					
70	1 : 1	1,77	3467	2300	1953,7	1312,4
	1 : 2	1,72			2010,7	1350,1
	1 : 3	1,67			2070,7	1391,1
60-70	1 : 1	1,59	3160	1933	1976,6	1228,9
	1 : 2	1,54			2045,1	1271,2
	1 : 3	1,49			2108,7	1309,8
60	1 : 1	1,34	2965	1283	2213,5	965,8
	1 : 2	1,29			2293,6	1000,8
	1 : 3	1,25			2360,7	1031,5
Контроль		0,78	2506	-	3212,8	-

Закключение. Результаты наших исследований доказывают зависимость суммарного водопотребления горчицы от динамики поступления в почву оросительной воды. С началом проведения вегетационных поливов объем потребляемой влаги возрастает с 263 до 292 м³/га, а проведение поливов на более ранних стадиях развития горчицы способствует более интенсивному потреблению влаги в последующие фазы развития.

В условиях естественного увлажнения основным источником влаги являются почвенные влагозапасы (62,3 %). В условиях орошения основным источником влаги является оросительная норма (43,3-63,3 %). При этом доля оросительной воды в структуре суммарного водопотребления возрастает с повышением заданного предполивного порога влажности почвы.

Высокие показатели урожайности (1,25-1,77 т/га) и низкие коэффициенты водопотребления (1953,7-2360,7 м³/т) свидетельствуют о рациональности орошения горчицы животноводческими стоками. Наилучшие показатели ($K_v=1953,7$ м³/т) соответствуют варианту с поддержанием заданного предполивного порога влажности на уровне 70 % НВ и разбавлением 1 : 1.

Библиографический список

1. Агеенко, О.М. Биоэнергетическая эффективность использования животноводческих сточных вод при выращивании кукурузы [Текст] / О.М. Агеенко, С.Я. Семенов // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 3. – С. 42-46.
2. Ахмедов, А. Д. Научно-экспериментальное обоснование техники и технологии внутрипочвенного орошения кормовых культур в условиях Юга России [Текст] : монография / А.Д. Ахмедов, Е.П.Боровой. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. – 336 с.
3. Гостищев, Д.П. Экологические проблемы охраны окружающей среды при орошении сточными водами и животноводческими стоками [Текст] / Д.П. Гостищев, Н.В. Хватыш, Д.С. Валиев // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 3 (23). – С. 238-250.
4. Жуйков, А.Г. Влияние орошения на количественно-качественные показатели урожая семян горчицы разных видов [Текст] / А.Г. Жуйков // Вестник Курганской ГСХА. – 2014. – № 3 (11). – С. 27-29.
5. Медведев, Г.А. Эффективность рапса ярового и горчицы сизой в подзоне светлокаштановых почв Волгоградской области [Текст] / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3 (35). – С. 58-62.
6. Михальков, Д.Е. Опыт возделывания масличных культур семейства капустные (Brassicaceae) в Волгоградской области [Текст] / Д.Е. Михальков, Е.С. Семенова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 3. – № 31-1. – С. 65-66.
7. Овчинников, А. С. Экологические основы и эффективность возделывания сельскохозяйственных культур с применением нетрадиционных органических удобрений в условиях орошения [Текст] : монография / А.С. Овчинников. – Волгоград: ФГОУ ВПО ВГСХА, 2009. – 236 с.
8. Семенов, С. Я. Современные эколого-мелиоративные технологии: идеи и разработки [Текст] / С.Я Семенов, С.С. Марченко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2016. – № 1 (15). – С. 92-102.
9. Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье [Текст]: монография / М.С. Григоров, А.С. Овчинников, Е.П. Боровой, А.Д. Ахмедов. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2010. – 244 с.
10. Технология выращивания сельскохозяйственных культур при оптимальном водосбережении [Текст] / А.С. Овчинников, М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова // Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2015. – С. 122-123.

Reference

1. Ageenko, O. M. Bioenergeticheskaya jffektivnost' ispol'zovaniya zhivotnovodcheskih stochnyh vod pri vyraschivanii kukuruzy [Tekst] / O. M. Ageenko, S. Ya. Semenenko // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2017. – № 3. – S. 42-46.
2. Ahmedov, A. D. Nauchno-jeksperimental'noe obosnovanie tehnik i tehnologij vnutripochvennogo orosheniya kormovyh kul'tur v usloviyah Yuga Rossii [Tekst] : monografiya / A. D. Ahmedov, E. P. Borovoj. – Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2014. – 336 s.
3. Gostishev, D. P. Jekologicheskie problemy ohrany okruzhayushej sredy pri oroshenii stochnymi vodami i zhivotnovodcheskimi stokami [Tekst] / D. P. Gostishev, N. V. Hvatysh, D. S. Valiev // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. – 2016. – № 3 (23). – S. 238-250.
4. Zhujkov, A. G. Vliyanie orosheniya na kolichestvenno-kachestvennye pokazateli urozhaya semyan gorchicy raznyh vidov [Tekst] / A. G. Zhujkov // Vestnik Kurganskoy GSXA. – 2014. – № 3 (11). – S. 27-29.

5. Medvedev, G. A. Jefferktivnost' rapsa yarovogo i gorchicy sizoj v podzone svetlo-kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti [Tekst] / G. A. Medvedev, D. E. Mihal'kov, N. G. Ekaterinicheva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2014. – № 3 (35). – S. 58-62.

6. Mihal'kov, D. E. Opyt vzdelyvaniya maslichnyh kul'tur semejstva kapustnye (Brassicaceae) v Volgogradskoj oblasti [Tekst] / D. E. Mihal'kov, E. S. Semenova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – T. 3. – № 31-1. – S. 65-66.

7. Ovchinnikov, A. S. Jekologicheskie osnovy i jfferktivnost' vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur s primeneniem netradicionnyh organicheskikh udobrenij v usloviyah orosheniya [Tekst] : monografiya / A. S. Ovchinnikov. – Volgograd: FGOU VPO VGSXA, 2009. – 236 s.

8. Semenenko, S. Ya. Sovremennye jekologo-meliorativnye tehnologii: idei i razrabotki [Tekst] / S. Ya. Semenenko, S. S. Marchenko // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki. – 2016. – № 1 (15). – S. 92-102.

9. Sovremennye perspektivnye vodosberegayuschie sposoby poliva v Nizhnem Povolzh'e [Tekst]: monografiya / M. S. Grigorov, A. S. Ovchinnikov, E. P. Borovoj, A. D. Ahmedov. – Volgograd: FGOU VPO Volgogradskaya GSXA, 2010. – 244 s.

10. Tehnologiya vyraschivaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur pri optimal'nom vodosberezhenii [Tekst] / A. S. Ovchinnikov, M. P. Mescheryakov, V. S. Bocharniov, O. V. Bocharnikova // Problemy racional'nogo ispol'zovaniya prirodohozyajstvennyh kompleksov zasushlivyh territorij: sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Volgograd, 2015. – S. 122-123.

E-mail: pustovalov-evgeniy@mail.ru

УДК 631.453

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

HEAVY METALS IN SOILS OF DRY STEPPE ZONE IN VOLGOGRAD REGION

Е.А. Иванцова^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А.Н. Водолазко¹, аспирант

Е.А. Ivantsova^{1,2}, A.N. Vodolazko¹

¹ ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет

² ФГБНУ Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия,
Астраханская область, Черныйярский район, с. Соленое займище

¹ Volgograd State University

² Caspian Research Institute of arid farming

Рассматривается проблема загрязнения почв земель сельскохозяйственного назначения тяжелыми металлами в пределах сухостепной почвенной зоны Волгоградской области. За основу были взяты результаты проведения агроэкологического мониторинга почв на реперных участках. Приведены результаты исследования, включающего в себя определение среднего уровня концентрации отдельных элементов за временной период 2000-2017 гг. на каждом реперном участке. В статье отражена география проведения исследований, которая включает 9 административных районов центральной и южной части Волгоградской области. Также отмечены условия расположения реперных участков. Описана методика проведения исследования, а также первичные источники данных. Определены загрязняющие элементы, по которым проводились исследования. Проведена математическая обработка полученных результатов и представлены диаграммы концентрации загрязняющих элементов в почвах на реперных участках. Выявлены тяжелые металлы, по которым имеются превышения предельно допустимых значений. Выявлены реперные участки с наибольшими и наименьшими концентрациями загрязняющих элементов. Сделана сравнительная характеристика содержания отдельных загрязняющих элементов в почвах. По результатам исследования сформулированы выводы о загрязнении почв в пределах выбранной зоны, а также о возможных причинах загрязнения.

The article deals with the problem of soil contamination of agricultural lands by heavy metals within the dry steppe zone in Volgograd region. The results of agroecological monitoring of soils at reference sites were taken as a basis. The results of the study, which includes the determination of the average level of concentration of individual elements for the period 2000-2017 on every control plot. The article reflects the geography of research, which includes 9 administrative districts of the central and southern parts of the Volgograd region. The conditions of the location of the reference plots are also marked. The technique of the study, as well as primary data sources are described. The polluting elements on which researches were carried out are defined. Mathematical processing of the obtained results is carried out and diagrams of polluting elements concentration in soils on reference sites are presented. The heavy metals on which there are exceedances of limit values are revealed. Control plots with the highest and lowest concentrations of contaminants were identified. The comparative characteristic of the content of separate polluting elements in soils is made. According to the research results the conclusions about the pollution of soils within the selected area, as well as about the possible causes of contamination.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, загрязнение тяжелыми металлами, ПДК, реперные участки, подвижные формы, валовые формы, почвы Волгоградской области.*

Key words: *heavy metal, heavy metal pollution, maximum permissible concentration, control plots, movable forms, gross forms, the soils of the Volgograd region.*

Введение. Почвы земель сельскохозяйственного назначения являются одним из основных элементов структуры агроэкосистемы. Качественное состояние почв имеет определяющее значение в стабильном развитии природно-хозяйственных систем. Важными характеристиками качественного состояния почв являются эколого-токсикологическая и радиологическая. Повышенное содержание тяжелых металлов и радионуклидов оказывает негативное воздействие не только на состояние агроэкосистем, но и на здоровье человека. Таким образом, данные исследования являются актуальными для Волгоградской области как сельскохозяйственного региона. К тяжелым металлам относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева с атомным весом свыше 50 а.е.м, такие как Ni, Cu, Zn, Mo, As, Cd, Hg, Fe, Pb, Mn [8, 9].

Тяжелые металлы имеют свойство накапливаться в организмах растений и животных, перемещаясь по трофической цепи, и могут являться причиной опасных заболеваний. Присутствие повышенных концентраций тяжелых металлов в почвах нарушает функционирование почвенных микроорганизмов, режим питания растений и агрохимические свойства почв [6, 12].

Основными загрязнителями почв среди тяжелых металлов являются свинец, цинк, медь, никель и др. Основными источниками поступления в окружающую среду тяжелых металлов являются промышленные предприятия и автотранспорт. В частности, основную опасность представляет использование этилированного бензина. Содержание токсичных элементов в почвах вблизи предприятий и автодорог может в разы превышать предельно допустимые нормы. На сегодняшний день эффективными способами сокращения содержания тяжелых металлов в почвах является фиторемедиация и применение агрохимических препаратов [2, 4, 11].

Проблемой загрязнения почв территории Волгограда и Волгоградской области занимаются многие молодые исследователи. Можно выделить работу Н.Ю. Белозубовой, посвященную изучению загрязнения почв и особенностям миграции токсичных элементов кадмия, свинца и алюминия в трофических цепях агроценозов Волгоградской области, прилегающих к промышленным центрам. Проводились исследования содержания в почвах г. Волгограда и водных объектах области тяжелых металлов, соответствие концентраций допустимым нормам [1, 5, 3].

Проблема загрязнения почв тяжелыми металлами постоянно является актуальной. Особого внимания при изучении этого явления требует выявление загрязнения почв, используемых в сельскохозяйственных целях, поскольку в конечном итоге токсичные элементы из почвы попадают в продукты питания и могут являться причиной заболеваний.

Объектом данного исследования являлись земли сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области.

Предметом исследования являлось определение содержания подвижных форм тяжелых металлов и радиологических показателей пахотного горизонта почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной зоны Волгоградской области.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы «Волгоградский». Центр агрохимической службы осуществляет агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения в соответствии с «Методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках». Выявление содержания тяжелых металлов, долгоживущих радионуклидов и изотопов осуществлялось в соответствии с «Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [7].

Результаты и обсуждение. Данные о загрязненности почв тяжелыми металлами получены в результате проведения многолетнего агроэкологического мониторинга на реперных участках, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения в техногенно-загрязненных зонах, вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, городов, на полях, где ранее интенсивно применялись средства химизации.

Реперные участки (21 участок) расположены на территории Городищенского, Дубовского, Иловлинского, Калачевского, Ленинского, Светлоярского, Среднеахтубинского, Суrowикинского и Фроловского административных районов.

Эколого-токсикологическая оценка почв проводилась по следующим элементам:

Подвижная форма: цинк (Zn), кадмий (Cd), свинец (Pb), никель (Ni), медь (Cu).

Валовая форма: мышьяк (As), ртуть (Hg). ПДК элементов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Предельно допустимые концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/кг [9]

Подвижная форма					Валовая форма	
Zn	Cd (ОДК)	Pb	Ni	Cu	As	Hg
23,0	0,5-2,0	6,0	4,0	3,0	2	2,1

В результате проведения многолетнего мониторинга на реперных участках были получены данные о содержании исследуемых химических элементов в почве. На основе полученных данных были выявлены средние многолетние концентрации загрязняющих элементов в почвах на реперных участках и построены диаграммы концентрации элементов.

Содержание в почвах на реперных участках подвижных форм цинка, кадмия и валовой формы ртути не превышало значений ПДК и ОДК в течение всего изучаемого временного периода. Более того, концентрации данных тяжелых металлов в почвах в разы ниже уровня ПДК. Так, максимальная среднемноголетняя концентрация цинка

зафиксирована на реперных участках №6 в Иловлинском районе и №16 в Среднеахтубинском районе и составляла 6,96 мг/кг и 6,91 мг/кг соответственно. Минимальная концентрация данного элемента выявлена на реперных участках №11 и №12 в Дубовском районе – 3,79 мг/кг и 3,37 мг/кг соответственно.

Значительно ниже ОДК и содержание в почвах реперных участков кадмия, причем среднесуточная концентрация этого элемента на всех участках далека даже от нижней границы ОДК и находится в пределах 0,1-0,13 мг/кг.

Также находится на много порядков ниже уровня ПДК и содержание в почвах реперных участков ртути. При значении ПДК для ртути 2,1 мг/кг, среднесуточная концентрация элемента в почвах находилась в пределах 0,014-0,025 мг/кг.

В результате анализа данных по другим загрязняющим элементам были выявлены значительные превышения уровней ПДК по никелю, меди и мышьяку. Показатели концентрации тяжелых металлов приведены на рисунках 1-4.

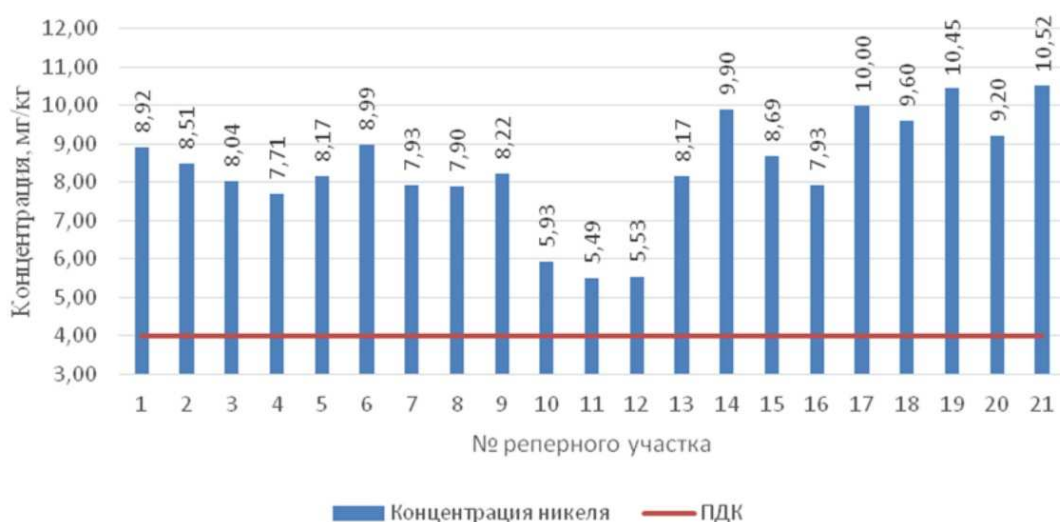


Рисунок 1 – Среднесуточная концентрация никеля (Ni) в почве на реперных участках

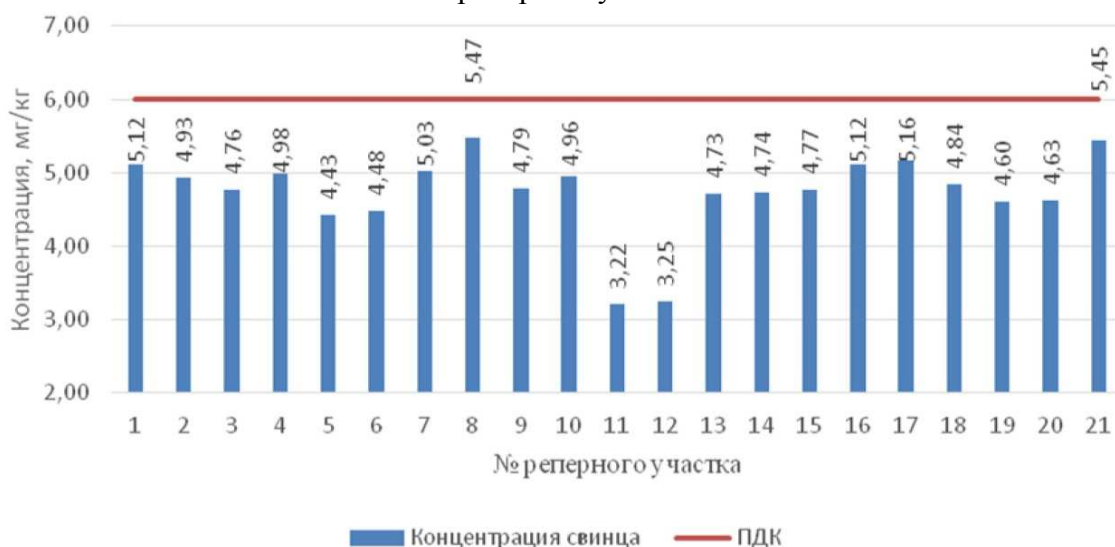


Рисунок 2 – Среднесуточная концентрация свинца (Pb) в почве на реперных участках

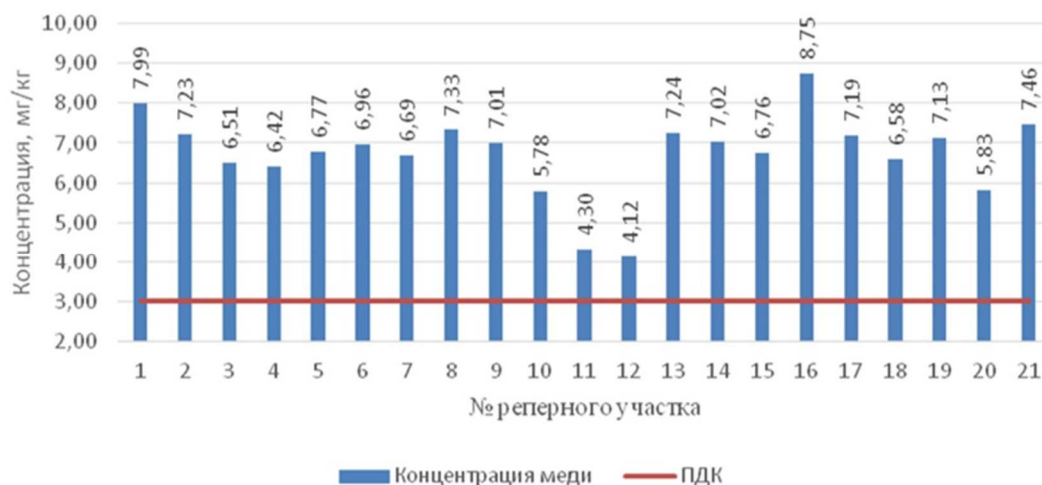


Рисунок 3 – Среднемноголетняя концентрация меди (Cu) в почве на реперных участках

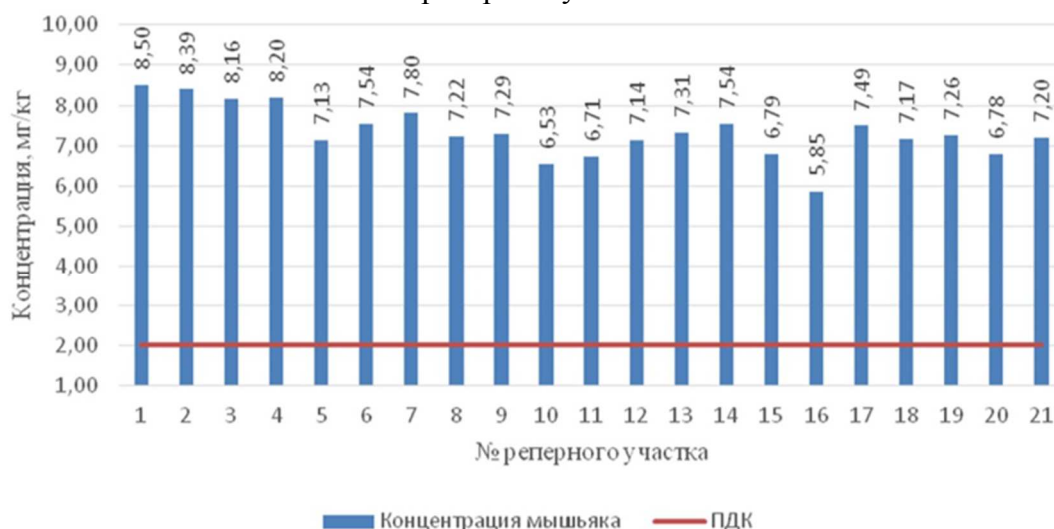


Рисунок 4 – Среднемноголетняя концентрация мышьяка (As) в почве на реперных участках

Примечание к рисункам 1-4.

Реперные участки: Городищенский р-н – 1, 2, 7, 10, 21; Дубовский р-н – 11, 12; Иловлинский р-н – 5, 6; Калачевский р-н – 3, 4, 17; Ленинский р-н – 13, 14; Светлоярский р-н – 8, 9; Среднеахтубинский р-н – 15, 16; Суровикинский р-н – 18; Фроловский р-н – 19, 20

Вычисления содержания никеля в почвах реперных участков позволили выявить значительные превышения уровня ПДК на многих из них. Наименьшие значения зафиксированы на реперных участках №10 – Городищенский район, №11 и №12 – Дубовский район, где превышение составило менее, чем в 1,5 раза. На остальных реперных участках зафиксировано превышение ПДК в 2-2,5 раза. Наибольшие значения зафиксированы на реперных участках №14 – Ленинский р-н, №17 – Калачевский р-н, №19 – Фроловский р-н и №21 – Городищенский р-н. Повышенное содержание никеля на данных участках относительно остальных может быть обусловлено расположением данных участков недалеко от крупных автодорог (в пределах 200-300 м). На рисунке 1 представлена диаграмма среднемноголетней концентрации никеля на реперных участках в зоне исследования.

Среднемноголетняя концентрация свинца в почвах реперных участков не превышала значения ПДК. На реперных участках №8 – Светлоярский р-н и №21 – Городищенский р-н зафиксированы наибольшие значения среднемноголетней концентрации свинца, которые близки к ПДК. Наименьшие значения зафиксированы на реперных участках №11 и №12 – Дубовский район.

Концентрация в почвах меди превышала значение ПДК на всех реперных участках. Наименьшие значения зафиксированы на реперных участках №11 и №12 – Дубовский р-н, где содержание меди в почве превышает ПДК менее, чем в 1,5 раза. Наибольшие значения зафиксированы на реперных участках №1 – Городищенский р-н и №16 – Среднеахтубинский р-н, на которых концентрация меди превышала ПДК в 2,5 и 3 раза соответственно. На остальных реперных участках содержание меди также превышает ПДК в 2-2,5 раза. Повышенное содержание меди на реперных участках №1 и №16 может быть связано с расположением участков вблизи промышленных предприятий.

Содержание в почвах валовой формы мышьяка превышает ПДК на всех реперных участках. Наибольшие значения зафиксированы на реперных участках №1, №2 – Городищенский р-н, №3 и №4 – Калачевский р-н, где ПДК была превышена в 4 раза. Наименьший уровень содержания мышьяка зафиксирован на реперном участке №16 – Среднеахтубинский р-н. Здесь ПДК была превышена почти в 3 раза. На остальных реперных участках уровень ПДК был превышен в 3-3,5 раза.

Заключение. В результате проведенных исследований были выявлены превышения ПДК по подвижным формам никеля и меди, а также превышения ПДК по валовой форме мышьяка. Данные загрязнения тяжелыми металлами носят постоянный характер, так как рассчитывался средний показатель за временной период 2000-2017 гг. Подвижными формами тяжелых металлов наиболее сильно загрязнены почвы реперных участков, находящихся вблизи крупных автодорог и промышленных предприятий. Наименьшее загрязнение подвижными формами имеют почвы на реперных участках Дубовского района, что можно объяснить отсутствием близлежащих промышленных объектов. Наибольшие уровни превышения ПДК по мышьяку также наблюдаются на реперных участках, расположенных вблизи промышленных предприятий.

Помимо отрицательного влияния отдельных элементов на состояние почв и растений, стоит учитывать комплексное воздействие всего ряда тяжелых металлов. При этом содержание в пределах нормы отдельных элементов может оказывать усугубляющий эффект на почву и живые организмы. Подвижные формы тяжелых металлов наиболее опасны: создается угроза перемещения этих элементов по трофическим цепям и накопления их в растениях, а также в организмах человека и животных, потребляющих эти растения.

Таким образом, исследование показывает, что на территории Волгоградской области имеются земли сельскохозяйственного назначения, подверженные постоянному загрязнению тяжелыми металлами. Загрязнение обусловлено, прежде всего, антропогенной деятельностью. Основными источниками такого загрязнения являются промышленные предприятия, автотранспорт, а также интенсивное использование средств химизации.

Библиографический список

1. Белозубова, Н.Ю. Оценка эколого-токсикологического состояния почв Волгоградской области [Текст] / Н.Ю. Белозубова // Качество жизни человека в нестабильном мире: материалы выступлений XV Международного социального конгресса. – М., 2016. – С. 326-330.
2. Вишнева, Ю.С. Влияние автотранспорта на загрязнение почвенного покрова г. Архангельска тяжелыми металлами [Текст] / Ю.С. Вишнева, Л.Ф. Попова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: естественные науки. – 2016. – №2. – С. 32-41.

3. Динамика изменения содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах Волгограда [Текст] / И.В. Спиридонова, А.А. Околелова, Н.Г. Кокорина, А.С. Иванова // Плодородие. – 2010. – №4. – С. 42-43.
4. Косинова, И.И. Исследование загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почвы придорожной территории автодороги М-4 в Воронежской области [Текст] / И.И. Косинова, С.И. Фонова // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М., 2015. – С. 418-422.
5. Лобанов, М.П. Загрязнение тяжелыми металлами территории Волгоградской области [Текст] / М.П. Лобанов, Т.А. Трофимов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №1 (9). – С. 12-16.
6. Мажайский, Ю.А. Влияние загрязнения тяжелыми металлами почвы на ее свойства и экологические показатели [Текст] / Ю.А. Можайский, В.Ф. Евтюхин, Т.М. Гусева // Сергеевские чтения: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. – М., 2014. – С. 438-442.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
8. Никифоров, С.В. Загрязнение почвы тяжелыми металлами и методы их снижения [Текст] / С.В. Никифоров // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – №1. – С. 229-231.
9. Полетаева, Е.А. Загрязнение почвы тяжелыми металлами [Текст] / Е.А. Полетаева, Л.И. Ковалева // II Лужские научные чтения, современное научное знание: теория и практика: материалы Международной научно-практической конференции. – С-Пб., 2014. – С. 83-86.
10. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 [Электронный ресурс] / Библиотека ГОСТов и нормативов. – 2015. – 25 августа. – Режим доступа: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46714/.
11. Федоров, П.Е. Оценка загрязнения почвы тяжелыми металлами вблизи автодороги с использованием кресс-салатного теста [Текст] / П.Е. Федоров // Региональное образование 21 века: проблемы и перспективы. – 2012. – №2. – С. 207-209.
12. Экологическая опасность загрязнения почвы тяжелыми металлами (на примере свинца) [Текст] / Л.В. Мосина, Э.А. Довлетярова, С.Ю. Ефремова, Ж. Норвосурэн // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2012. – №29. – С. 383-386.

Reference

1. Belozubova, N. Yu. Ocenka jekologo-toksikologicheskogo sostoyaniya pochv Volgogradskoj oblasti [Tekst] / N. Yu. Belozubova // Kachestvo zhizni cheloveka v nestabil'nom mire: materialy vystuplenij XV Mezhdunarodnogo social'nogo kongressa. – М., 2016. – С. 326-330.
2. Vishnevaya, Yu. S. Vliyanie avtotransporta na zagryaznenie pochvennogo pokrova g. Arhangel'ska tyazhelymi metallami [Tekst] / Yu. S. Vishnevaya, L. F. Popova // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: estestvennye nauki. – 2016. – №2. – С. 32-41.
3. Dinamika izmeneniya soderzhaniya valovyh form tyazhelyh metallov v pochvah Volgograda [Tekst] / I. V. Spiridonova, A. A. Okolelova, N. G. Kokorina, A. S. Ivanova // Plodorodie. – 2010. – №4. – С. 42-43.
4. Kosinova, I. I. Issledovanie zagryazneniya tyazhelymi metallami poverhnostnogo sloya pochvy pridorozhnoj territorii avtodorogi M-4 v Voronezhskoj oblasti [Tekst] / I. I. Kosinova, S. I. Fonova // Sergeevskie chteniya. Inzhenerno-geologicheskie i geojekologicheskie problemy gorodskih aglomeracij: materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geojekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii. – М., 2015. – С. 418-422.
5. Lobanov, M. P. Zagryaznenie tyazhelymi metallami territorii Volgogradskoj oblasti [Tekst] / M. P. Lobanov, T. A. Trofimov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2008. – №1 (9). – С. 12-16.

6. Mazhayskij, Yu. A. Vliyanie zagryazneniya tyazhelymi metallami pochvy na ee svoystva i [kologicheskie pokazateli [Tekst] / Yu. A. Mozhayskij, V. F. Evtyuhin, T. M. Guseva // Sergeevskie chteniya: materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geojekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii. – GOROD, 2014. – S. 438-442.

7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Tekst] / Pod red. L. M. Derzhavina, D. S. Bulgakova. – M.: FGNU "Rosinformagroteh", 2003. – 240 s.

8. Nikiforov, S. V. Zagryaznenie pochvy tyazhelymi metallami i metody ih snizheniya [Tekst] / S. V. Nikiforov // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2014. – №1. – S. 229-231.

9. Poletaeva, E. A. Zagryaznenie pochvy tyazhelymi metallami [Tekst] / E. A. Poletaeva, L. I. Kovaleva // II Luzhskie nauchnye chteniya, sovremennoe nauchnoe znanie: teoriya i praktika: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – S-Pb., 2014. – S. 83-86.

10. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v pochve. Gigienicheskie normativy GN 2.1.7.2041-06 [Elektronnyj resurs] / Biblioteka GOSTov i normativov. – 2015. – 25 avgusta. – Rezhim dostupa: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46714/.

11. Fedorov, P. E. Ocenka zagryazneniya pochvy tyazhelymi metallami vblizi avtotrassy s ispol'zovaniem kress-salatnogo testa [Tekst] / P. E. Fedorov // Regional'noe obrazovanie 21 veka: problemy i perspektivy. – 2012. – №2. – S. 207-209.

12. Jekologicheskaya opasnost' zagryazneniya pochvy tyazhelymi metallami (na primere svinca) [Tekst] / L. V. Mosina, Je. A. Dovletyarova, S. Yu. Efremova, Zh. Norvosur'n // Izve-stiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V. G. Belinskogo. – 2012. – №29. – S. 383-386.

E-mail: ivantsova.volgu@mail.ru

УДК 631.52:633.34

МОБИЛИЗАЦИЯ ГЕНОФОНДА И РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИОННОГО УЛУЧШЕНИЯ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ MOBILIZATION OF THE GENE FUND AND THE RESULTS OF SELECTION IMPROVEMENT OF SOY IN THE IRRIGATION CONDITIONS

В.В. Толоконников¹, доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

О.Г. Чамурлиев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Т.С. Кошкарлова¹, младший научный сотрудник

Г.П. Канцер¹, научный сотрудник

V.V. Tolokonnikov¹, O.G. Chamurliiev², T.S. Koshkarova¹, G.P. Cancer¹

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

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Farming

²Volgograd State Agrarian University

Во Всероссийском научно-исследовательском институте орошаемого земледелия изучен значительный объем генофонда сои различного эколого-географического происхождения. Выделены источники хозяйственно-ценных признаков, таких как высокая продуктивность (3,5 т/га) в орошаемых посевах, (сортобразцы Скороспелка 3, Бельцкая 80, Миорица, Букурия, Линия 9084-Молдова, Находка – Хабаровский край) скороспелость (91-110 дней) в сочетании с продуктивностью (3 т/га) (генотипы Восток 417 – Амурская область, Харьковская 80, Фэтон – Украина, Бара – Краснодарский край, Линия 62 – Молдова, Эванс - США), пригодность к механизированной уборке (линии и сорта Browneag ИС – 10 – Венгрия, К 003, Бельцкая 82 - Молдова), содержание сырого протеина в семенах (до 40 %) (сорта Мрия – Украина, HERB 606 -

Румыния). Использование лучших представителей изучаемого генофонда в селекционном процессе в качестве одной из родительских форм при гибридизации, или экспериментальном мутагенезе способствовало выведению сортов сои Волгоградка 1 (районирован с 1991 года), ВНИИОЗ 86 (в Госреестре с 2002 года), ВНИИОЗ 76 (2003 г.), ВНИИОЗ 31 (2011 г.), Волгоградка 2 (в ГСИ с 2018 года). В статье показана поэтапная эффективность селекционного улучшения сои в условиях орошения. Многолетнее проведение плановой научной селекции способствовало росту урожайности сои с 2,25 т/га (перед периодом 1985-1987 гг.) до 3,02 т/га к настоящему времени. Благодаря селекции уменьшился вегетационный период у выведенных сортов (91-111 дней) по сравнению с возделываемыми ранее (108-120 дней). Улучшилась пригодность сортов к комбайновой уборке за счет увеличения высоты прикрепления нижних бобов (0,11-0,17 м). Возросло содержание сырого протеина в семенах (до 42,8 %).

A significant amount of the soybean gene pool of various eco-geographical origin was studied in the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture. Sources of economically valuable traits, such as high productivity (3.5 t / ha) in irrigated crops, are identified (Variety specimens of Skorospel 3, Belskaya 80, Mioritsa, Bucuria, Line 9084- Moldova, Nakhodka-Khabarovsk area) early maturity (91-110 days) in combination with productivity (3 tons / ha) (genotypes Vostok 417 - Amur Region, Kharkov 80, Phaeton - Ukraine, Bara - Krasnodar Territory, Line 62 - Moldova, Evans - USA), suitability for mechanized harvesting (lines and varieties Browneag IS - 10 - Hungary, K 003, Balti 82 - Moldova), the content of crude protein in seeds x (40%) (grade Mrija - Ukraine, HERB 606 - Romania). The use of the best representatives of the gene pool studied in the selection process as one of the parental forms during hybridization, or experimental mutagenesis, promoted the excretion of soybean varieties Volgogradka 1 (zoned since 1991), VNIIOZ (ARSRIIF) 86 (in the State Register since 2002) VNIIOZ(ARSRIIF) 76 (2003) VNIIOZ (ARSRIIF) 31 (2011), Volgogradka 2 (in the ICG from 2018). The article shows the step-by-step effectiveness of soybean selection improvement in irrigation conditions. Many years of planned scientific selection contributed to an increase in the yield of soybeans from 2.25 t / ha (before the period 1985-1987) to 3.02 t / ha by now. Due to the selection, the vegetative period in the cultivated varieties (91-111 days) decreased compared with those cultivated earlier (108-120 days). The suitability of varieties for combine harvesting has improved due to an increase in the height of attachment of the lower beans (0.11-0.17 m). The content of crude protein in seeds has increased (up to 42.8%).

Ключевые слова: соя, селекция, сорта, хозяйственно-ценные признаки, гибридизация, индивидуальный отбор, урожайность, вегетационный период.

Key words: soybean, selection, varieties, economically valuable signs, hybridization, individual selection, yield, vegetation period.

Введение. Недостаток белка в питании людей и рационах кормления животных до сих пор остаётся острой проблемой в сельском хозяйстве Российской Федерации. В развитых странах обеспеченность белковыми продуктами в значительной степени решается за счёт возрастания объёмов производства сои. Посевы этой культуры в мире превысили 118 млн га при средней урожайности семян 2,5 т/га.

В нашей стране, несмотря на интенсивный рост посевных площадей сои – до 2,7 млн га – в 2017 году, урожайность остаётся невысокой – 1,5 т/га. Потребности народного хозяйства в высокобелковом сырье удовлетворяются лишь на 35 %. Необходима интенсификация отечественного производства сои как стратегической отрасли, так как селекция и семеноводство являются важнейшими научными факторами производственного обеспечения сои во многих стран мира.

Одной из биологических особенностей сои является особая чувствительность к фотопериодизму. Её селекция наиболее эффективна в микрозональном ареале территорий, где на каждый градус северной широты (110 км) необходим свой сорт. Для условий Волгоградской области, имеющей протяжённость с севера на юг 400 км, необходимо создавать несколько сортов, приспособленных к возделыванию в соответствующей почвенно-климатической микрозоне.

Соя – культура муссонного климата, и в засушливых условиях её рентабельное возделывание тесно связано с развитием орошения. На территории Волгоградской области научно обоснованное расширение посевов под эту культуру с орошением в пятилетней перспективе составляет около 50-100 тыс. га. Требуется усиление научного обеспечения областного Агропрома, в том числе и селекционными методами проведения исследований.

Материалы и методы. В период с 1983 по 2017 год изучалось от 2194 до 7900 сортообразцов и селекционных форм сои различного эколого-географического происхождения, в том числе созданных в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ВНИИОЗ) [3, 6, 9, 1]. Исходный материал изучался в семи селекционно-сортоиспытательных питомниках: коллекционном, гибридизации, гибридов, отбора, селекционном 1-го и 2-го года, контрольном, предварительного и конкурсного испытаний.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова» (ВИР) [3, 4], ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур» [2], ФГБН «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» [8, 1] применительно к условиям орошения – ФГБНУ «ВНИИОЗ» [9, 5, 7].

Лучшие сортообразцы вошли в генофонд рабочей коллекции сои – лаборатории селекции и семеноводства ФГБНУ ВНИИОЗ (200 наименований), представленной продуктивными (8 %), скороспелыми (20 %) высокобелковыми (11 %), пригодными к механизированной уборке (17 %), устойчивыми к болезням и вредителям (10 %), с повышенной симбиотической активностью (3 %), засухоустойчивостью (9 %) и различным характером габитуса куста и роста стебля (22) сортообразцами.

Результаты и обсуждение. На первоначальных этапах селекционного процесса 1983-1984 гг. в питомниках преобладали распространенные в посевах того времени высокорослые, среднеспелые и поздние сорта, такие как Белоснежка, Мерит, Кировоградская 5, Бельцкая 82 и другие. В условиях орошения урожайный потенциал этих сортов – до 2-х т/га зерна, реализовывался в условиях производства не полностью (до 1,5 т/га). Селекционная оценка показала, что главными причинами недостаточной отзывчивости сортов на оросительную воду являются низкое прикрепление первых бобов на растении от поверхности почвы (около 0,1 м и менее), приводящее к значительным уборочным потерям зерна (до 30 % биологического урожая), продолжительный вегетационный период, не укладывающийся в летне-осеннее время года – июнь-сентябрь, что приводило к слабому наливу бобов верхнего яруса и недобору полноценного урожая. Формируемый стеблестоем избыток биомассы оказывал отрицательное влияние на устойчивость растений к полеганию.

Исходя из этого была сформулирована задача – создать отзывчивые на орошение рентабельными прибавками урожайности, адаптированные к жёстким климатическим условиям Нижнего Поволжья сорта с полным созреванием зерна в течение сентября, пригодностью к уборке современными комбайнами, с расположением бобов растения на уровне 0,15 м, иммунностью или толерантностью к основным болезням (бактериальный ожог) и вредителям (акациевая огнёвка).

Чтобы решить поставленную задачу, важно было усилить и сконцентрировать поисковые исследования на глубоком изучении мирового генофонда, этапов эволюции сои в культуре, построении перспективной модели рентабельно урожайного, пригодного к мехуборке, с различными сроками гарантированного созревания и

«удобного» в семеноводстве сорта, выявлении существующих в коллекции Вир и конструировании новых доноров, которые соответствовали бы обозначенным требованиям.

На основе периодического скрининга сортообразцов (1984-1986; 2011-2013; 2013-2015 гг.) выявлены лучшие генотипы – источники важных хозяйственно-полезных признаков и свойств. В группе среднескороспелых сортов (111-120 дней) формированием высокой продуктивности (3,5 т/га зерна и более), превзошедшей стандартные сорта (Мерит и ВНИИОЗ 76) на 12 % и более, характеризовались такие сорта, как Скороспелка 3, Бельцкая 80, Миорица, Букурия и Линия 9084 (Молдова), Находка (Хабаровский край).

Среди изучавшейся группы скороспелых сортов с продолжительностью вегетационного периода 91-110 дней наибольшую урожайность (3 т/га) по сравнению со стандартами (Белоснежка и ВНИИОЗ 86) дали следующие сорта и образцы: Восток 417 (Амурская область), Харьковская 80, Фазтон (Украина), Бара (Краснодарский край) Линия 62 (Молдова), образец СН 1470-20-1 (Беларусь), Эванс (США).

Достаточной для проведения качественной механизированной уборки высотой прикрепления нижних бобов (0,15-0,20м) характеризовались линии и сорта зарубежной селекции: Browneag ИС – 10 (Венгрия), К 003, Линия 8994, Миорица, Бельцкая 82 (Молдова) Фазтон (Украина).

Повышенное (до 40 %), по сравнению со стандартом ВНИИОЗ 76 (до 33,9 %), содержание сырого протеина накапливали семена иностранных сортов: Мрия (Украина), ИС – 10 (Венгрия), Harovinton (Канада), Herb 606 (Румыния), СН 147-20-1 (Белоруссия).

Использование в селекционном процессе выделенных из мировой коллекции ВИР перспективных генотипов в качестве одного из родительских форм при гибридизации привело к получению новых сортообразцов сои, отзывчивых на орошение:

- Линия 233: (Находка х Скороспелка 3), короткостебельная (0,5-0,6 м) детерминантная с высокой долей зерна в общей биомассе (до 50 %).

- Линия 214: (индивидуальный отбор из естественного гибрида, обнаруженного в посевах сорта Амурская 042), среднестебельная (0,7-0,8 м), несущая аллели Dt1/Dt2 полудетерминантного роста высокоустойчивая к полеганию и с высоким содержанием сырого протеина в семенах (до 40 %).

- Линия 212: (индивидуальный отбор из сорта Амурская 042), скороспелая (95 дней), с высоким накоплением белка (до 40,9 %) в семенах.

- ВНИИОЗ 91: (индивидуальный отбор из мутанто-гибридной популяции, полученной радиационным облучением линии 12-16 – Волгоградка 1х Волжана дозой 3000 рентген), высокоурожайный (до 3,5 т/га зерна). Сортообразец внесён в Каталог Мировой коллекции ВИР под номером К – 9998.

- Волжана: (Белоснежка х Эванс), скороспелый (до 100 дней), продуктивный (до 3,2 т/га), высокое прикрепление нижних бобов на растении (0,15-0,18 м), повышенное содержание в семенах сырого протеина (40-45 %) и жира (20-21 %), устойчив к бактериальному ожогу и вирусной мозаике. Сортообразец находится в Каталоге ВИР: К-9991.

- ВНИИОЗ 152: (индивидуальный отбор из мутантной популяции сорта Прогресс, семена которого перед посевом были обработаны сульфадимезином), скороспелый, (104 дня), продуктивный (3,1 т/га зерна), пригодный к комбайновой уборке (до 0,15 м высота прикрепления нижнего боба). Сортообразец внесён в Каталог ВИР: К-10001.

- ВНИИОЗ 131: (индивидуальный отбор из сорта Скороспелая 3 после облучения семян дозой 16000 рентген и 2-х годовичного их пересева), карликовая линия (0,27-0,33 м) с законченным типом роста, несёт гены пятилисточности Lf2 и очень малой длины (0,02 м) черешка, высокая концентрация сырого протеина (до 43 %) и жира (до 20 %) в семенах. Сортообразец находится в Каталоге ВИР: К – 10000.

Полученные сортообразцы при использовании в селекционной работе показали высокую сортообразующую способность. Линия 214 послужила основой для выведения сорта Волгоградка 1 (районирован в Волгоградской и Уральской области Казахстана с 1991 года). Двухкратным индивидуальным отбором из сортообразца Волжана получен сорт ВНИИОЗ 86 (в Госреестре с 2002 года). Проведением значительного отбора (около 1 тыс.) индивидуальных растений из Линии 212 и тщательной комплексной их оценки выведен сорт ВНИИОЗ 76 (внесён в Госреестр в 2003 году). На основе проведения многолетней сложной гибридизации между сортами Волгоградка 1, Волжана и Линия 233 выведен сорт ВНИИОЗ 31 (в Госреестре с 2011 года). Путём гибридизации сортов ВНИИОЗ 31 и ВНИИОЗ 152 создан (совместно с ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет») сорт Волгоградка 2 (в Госсортоиспытании с 2018 года).

Многолетнее проведение плановой научной селекции способствовало росту урожайности сои с 2,25 т/га (ранее периода 1985-1987 гг.) до 3,02 т/га к настоящему времени (таблица 1).

Таблица – 1 Динамика поэтапного селекционного улучшения сои в условиях орошения

Сорт	Годы сортоиспытаний	Урожайность, т/га	Отклонение от стандарта, т/га	Продолжительность вегетационного периода, дн.	Высота прикрепления нижнего боба, м	Содержание сырого протеина в семенах, %
Волгоградка 1	1985-1987	2,51	0,26	108	0,15	42,8
ВНИИОЗ 86	1997-1999	2,21	0,23	91	0,11	31
ВНИИОЗ 76	2000-2002	2,7	0,22	111	0,16	33,4
ВНИИОЗ 31	2006-2008	3,01	0,26	111	0,12	36,4
Волгоградка 2	2015-2017	3,02	0,29	107	0,17	37,8

НСР₀₅

0.11-023

Благодаря селекции уменьшился вегетационный период у выведенных сортов (91-111 дней) по сравнению с возделываемыми ранее (108-120 дней). Улучшилась пригодность сортов к комбайновой уборке за счёт увеличения высоты прикрепления нижних бобов (0,11-0,17 м). Возросло содержание сырого протеина в семенах (31-42,8 %).

Заключение. Изучен генофонд сои коллекции ВИР и выделены перспективные для селекции в посевах с орошением генотипы. В результате поэтапного селекционного улучшения сои выведены различные по срокам созревания высокопродуктивные сорта Волгоградка 1, ВНИИОЗ 86, ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 31, Волгоградка 2, расширение посевов под которыми позволит повысить рентабельность производства сои.

Библиографический список

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (по состоянию на 2017 год) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://reestr.gossort.com/>.
2. Зайцев, Н.И. Особенности селекции и технологии выращивания семян масличных культур в зоне неустойчивого увлажнения Северного Кавказа [Текст] / Н.И. Зайцев. – Ростов на Дону: ООО «Азовпечать», 2012. – 136 с.
3. Кружилин, И.П. Каталог Мировой коллекции ВИР. Соя [Текст] / И.П. Кружилин, В.В. Толоконников, М.А. Вишнякова // Исходный материал для селекции сои в богарных и орошаемых условиях Нижнего Поволжья. – Санкт-Петербург, 2000. – Вып. 706. – 58 с.

4. Комолых, В.О. Особенности сортов сои нового поколения селекции ДВ НИИСХ (Иван Караманов Батя) [Текст] /В.О. Комолых, О.М. Комолых, Р.В. Комолых // «Пути повышения эффективности исследования генетических ресурсов зернобобовых в селекции: Международная научная конференция. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 59-62.
5. Методы селекции и семеноводства сои в условиях орошения [Текст]/ В.В. Толоконников, А.А. Новиков, Т.С. Кошкарлова, С.В. Иленева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 3(43). – С. 55-59.
6. Перспективные образцы сои для условий орошения [Текст] /В.В. Толоконников И.В. Сеферова, Г.П. Канцер, Т.С. Кошкарлова // Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых в селекции: Международная научная конференция. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 97-99.
7. Совершенствование селекции в условиях орошения [Текст]/ В.В. Толоконников, И.П. Кружилин, Т.С. Кошкарлова, Г.П. Канцер// Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: материалы Международной научно-практической интернет-конференции, посвящённой 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель. – Волгоград, 2016. – С. 272-280.
8. Соя на Дальнем Востоке [Текст] / А.П. Ващенко, Н.В. Мудрик, П.П. Фисенко, Л.А. Дега, Н.В. Чайка, Ю.С. Капустин. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 435 с.
9. Толоконников, В.В. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологий возделывания и селекция адаптированных к природным условиям Нижнего Поволжья сортов сои [Текст]: автореф. дисс. докт. с.-х. наук. 06.01.01; 06.01.05/ Толоконников Владимир Васильевич. – Волгоград, 2010. – 48 с.

Reference

1. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopuschennyh k ispol'zovaniyu (po sostoyaniyu na 2017 god) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://reestr.gossort.com/>.
2. Zajcev, N. I. Osobennosti selekcii i tehnologii vyraschivaniya semyan maslichnyh kul'tur v zone neustojchivogo uvlazhneniya Severnogo Kavkaza [Текст] / N. I. Zajcev. – Rostov na Donu: ООО “Azovpechat”, 2012. – 136 s.
3. Kruzhilin, I. P. Katalog Mirovoj kollekcii VIR. Soya [Текст] /I. P. Kruzhilin, V. V. Tolokonnikov, M. A. Vishnyakova // Isходnyj material dlya selekcii soi v bogarnyh i oroshaemyh usloviyah Nizhnego Povolzh'ya. – Sankt-Peterburg, 2000. – Vyp. 706. – 58 s.
4. Komolyh, V. O. Osobennosti sortov soi novogo pokoleniya selekcii DV NIISX (Ivan Karamanov Batya) [Текст] /V. O. Komolyh, O. M. Komolyh, R. V. Komolyh // “Puti povysheniya jffektivnosti issledovaniya geneticheskikh resursov zernobobovyh v selekcii: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya. – Sankt-Peterburg, 2016. – S. 59-62.
5. Metody selekcii i semenovodstva soi v usloviyah orosheniya [Текст]/ V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, T. S. Koshkarova, S. V. Ileneva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 3(43). – S. 55-59.
6. Perspektivnye obrazcy soi dlya uslovij orosheniya [Текст] /V. V. Tolokonnikov I. V. Seferova, G. P. Kancer, T. S. Koshkarova // Puti povysheniya jeffektivnosti ispol'zovaniya geneticheskikh resursov zernobobovyh v selekcii: Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya. – Sankt-Peterburg, 2016. – S. 97-99.
7. Sovershenstvovanie selekcii v usloviyah orosheniya [Текст]/ V. V. Tolokonnikov, I. P. Kruzhilin, T. S. Koshkarova, G. P. Kancer// Melioraciya v Rossii: potencial i strategiya razvitiya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy internet-konferencui, posvyaschjionnoj 50-letiyu masshtabnoj programmy razvitiya melioracii zemel'. – Volgograd, 2016. – S. 272-280.
8. Soya na Dal'nem Vostoke [Текст] / A. P. Vaschenko, N. V. Mudrik, P. P. Fisenko, L. A. Dega, N. V. Chajka, Yu. S. Kapustin. - Vladivostok: Dal'nauka, 2010. - 435 s.
9. Tolokonnikov, V. V. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe obosnovanie tehnologij vozdel'yvaniya i selekciya adaptirovannyh k prirodnyim usloviyam Nizhnego Povolzh'ya sortov soi [Текст]: avtoref. diss. dokt. s.-h. nauk. 06.01.01; 06.01.05/ Tolokonnikov Vladimir Vasil'evich. – Volgograd, 2010. – 48 s.

E-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru

УДК 635.63,338,432

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАЩИВАНИЯ
ПАРТЕНОКАРПИЧЕСКИХ ГИБРИДОВ ОГУРЦОВ
КОРНИШОННОГО ТИПА****ECONOMIC EFFICIENCY OF PARTHENOCARPIC CUCUMBER HYBRIDS
OF GHERKIN TYPE CULTIVATION****Т.В. Мухортова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**И.И. Климова**, младший научный сотрудник**Л.В. Богосорьянская**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник**T. V. Mukhortova, I. I. Klimova, L.V. Bogosoryanskaya***ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия»*,

Приведена структура общей биологической урожайности изучаемых гибридов огурцов, %-ое соотношение ранней и основной урожайности. Рассчитана экономическая эффективность выращивания раннего урожая партенокарпических гибридов огурца с уровнем рентабельности 40,5-104,3 % и окупаемостью затрат 1,44-2,04 руб./руб. Экономическая эффективность общей биологической урожайности гибридов, полученной на уровне 114,7-143,9 т/га, была достаточно высока. Себестоимость 1 т плодов варьировала от 3016,6 до 2404,4 руб./т, при цене реализации 80,0 тыс руб./т уровень рентабельности возрос со 165,2 (гибрид Бетховен F₁) до 232,7 % (у гибрида Шопен F₁). У остальных этот показатель или приближен к 200,0 % или незначительно превышает этот уровень.

The structure of the total biological yield of the studied cucumber hybrids, the % ratio of the early and main yields. Economic efficiency of cultivation of early harvest of parthenocarpic hybrids of cucumber with level of profitability of 40,5-104,3% and payback of expenses of 1,44-2,04 RUB is calculated. The economic efficiency of the total biological yield of hybrids obtained at the level of 114,7-143,9 t/ha was quite high. The cost of 1 ton of fruit ranged from 3016,6 to 2404,4 RUB. / t, with the selling price of 80 RUB. / t, the level of profitability increased from 165,2 (hybrid Betho veins F₁) to 232,7 % (Chopin hybrid F₁). For the rest, this figure is either close to 200.0% or slightly higher than this level.

Ключевые слова: ранняя урожайность, общая урожайность, себестоимость, валовая прибыль, чистый доход, рентабельность, окупаемость затрат.

Key words: early yield, total yield, cost, gross profit, net income, profitability, payback period costs.

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0722-2014-0008

«Разработать улучшенные агротехнологии возделывания овощных культур в зоне светло-каштановых почв Прикаспия в условиях капельного способа полива»

Введение. Овощеводство открытого грунта аридных территорий Нижнего Поволжья сопряжено с прямым влиянием целого ряда абиотических факторов – почвенных и климатических, от которых во многом зависит эффективность ведения отрасли. Овощные культуры, возделываемые в аридных условиях, при наличии значительного дефицита почвенной и атмосферной влажности, могут быть жизнеспособны и наиболее продуктивны лишь в условиях орошения [7].

Огурец как культура муссонного климата биологически и морфологически приспособлен для потребления большого количества поливной воды, что объясняется также высоким продуционным потенциалом, ведь урожай зеленца формируется в течение одних – двух суток, и на образование продукции расходуется новый объем водных ресурсов. Перевод овощеводства на капельное орошение позволяет значительно экономить поливную во-

ду из пресных источников, что в свою очередь снижает финансовые издержки, заложенные в технологическую карту, а также стабилизирует экологическую обстановку территории, на которой выращивается овощная товарная продукция [4, 6, 8].

Выращивание огурца даже при капельном орошении является весьма энергоемким процессом, на 75-80 % состоящим из ручного труда, включающим ручные прополки, регулярные сборы – до 20-25 за вегетацию, оправку плетей после каждого сбора, сортировку собранной продукции по фракциям согласно существующим ГОСТ.

Остальные операции рассчитаны на применение механизированного труда (до 25 % от общих затрат): проведение междурядных обработок орудиями с подрезающими рабочими органами для борьбы с сорняками и рыхления верхних почвенных горизонтов с целью улучшения аэрации корнеобитаемого слоя; механизированная комплексная защита растений от сорняков, вредителей и болезней; основная и предпосевная обработки почвы. Посев производится в зависимости от назначения посадок – в промышленных масштабах или для сортоизучения – механизированным или ручным способом.

Возделывание огурца, как и многих других овощных культур, переводится на зональные и ресурсосберегающие технологии, предусматривающие эффективное расходование финансовых, материальных и энергетических ресурсов, обуславливающих получение стабильной прибыли и высокой окупаемости вложенных затрат [5].

Составляющими элементами экономической эффективности при разработке таких технологий являются выбор современных адаптированных сортов и гибридов, обладающих устойчивостью к стрессорам и высоким потенциалом урожайности; создание оптимальных режимов минерального питания и водопотребления; проведение комплексных защитных мероприятий с целью максимального сохранения урожая и получения товарной продукции высокого качества [2, 5].

В расходную часть суммы общих затрат входят следующие составляющие: стоимость семян, удобрений и пестицидов, поливной воды, ГСМ, фонд заработной платы с начислениями, амортизация и текущий ремонт, а также прочие прямые затраты.

В доходной части – стоимость валового продукта или прибавка урожая изучаемых гибридов относительно контрольного (стандартного) показателя по сложившейся цене реализации. Очевидно, что цена реализации – один из основных экономических показателей, ведь благодаря высокой востребованности огурцов ранних и средних сроков созревания партенокарпических или с преимущественно женским типом цветения, а также с пучковым типом завязи поддерживается достаточно высокий уровень цен [9].

Сортоизучение гибридов огурца нового поколения с женским типом цветения – партенокарпиков проходило в 2015-2016 гг. на опытном поле ФГБНУ «ПНИИАЗ» в условиях капельного орошения.

Целью изучения являлось выявление наиболее перспективных гибридов с комплексом хозяйственно ценных признаков, с высокой степенью адаптивности и потенциала урожайности для зоны Нижнего Поволжья.

Направление исследований является актуальным, имеет большое научное и практическое значение, так как позволяет установить взаимосвязь генотипических особенностей с биотическими и абиотическими факторами для получения планируемого урожая в любых погодных условиях.

Материалы и методы. Почвы опытного орошаемого участка светло-каштановые, среднесуглинистые, низкой степени солонцеватости; содержат гумуса 1,1 %, легкогидролизуемого азота 6-9 мг, подвижного фосфора 2-4 мг, обменного калия 50-55 мг/100 г почвы. Реакция почвенного раствора pH – 7,6. Плотность пахотного слоя высокая 1,36-1,38 г/м³.

Полевой опыт закладывался в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» Б.А. Доспехова (1985 г.), «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» В.Ф. Белика (1992 г.) [1, 3]; расчет экономической эффективности был проведен на основе финансовых затрат, заложенных в технологической карте, и фактических затрат в расчете на 1 га по методике С.В. Мельникова [5].

Схема закладки опыта: ширина междурядий 2,8 м, между гнездами 0,5 м – по 2 семени в гнезде, S делянки = $15 \text{ м} \times 2,8 \text{ м} = 42,0 \text{ м}^2$ густота – 40,0 тыс. раст./га.

Материал изучения: длинноплетистые партенокарпические гибриды F₁ корншонного типа (плод длиной 9-14 см): Бетховен, Моцарт, Рихтер, Сальери, Шопен, Штраус, Шуберт, Прокофьев – так называемая музыкальная серия.

Результаты и обсуждение. Структура общей биологической урожайности (ранняя и основная урожайность). Сев гибридов огурца был приурочен по годам изучения к дате с устойчивым прогреванием посевного слоя почвы 3-5 см до 16-18 °С, это совпадало с первой декадой мая - 10-11 числа. Сбор первых плодов был проведен 2.07-4.07. За 15 дней была определена ранняя урожайность плодов огурцов, % от общей урожайности и общая биологическая урожайность (таблица 1).

Таблица 1 – Биологическая урожайность гибридов огурцов-партенокарпиков, среднее за 2015-2016 гг.

№	Гибриды F ₁	Биологическая урожайность			Биологическая урожайность общая, т/га
		Ранняя, т/га	%	Основная, т/га	
	Денек - St	47,1	46,1	55,1	102,2
1	Бетховен	41,4	36,1	73,3	114,7
2	Моцарт	40,6	30,4	93,5	134,1
3	Рихтер	40,6	32,2	85,6	126,2
4	Сальери	44,0	33,2	88,5	132,5
5	Шопен	58,9	40,9	85,0	143,9
6	Штраус	53,0	42,2	72,6	125,6
7	Прокофьев	40,5	31,8	86,9	127,4
8	Шуберт	46,4	32,8	95,2	141,6
	НСР ₀₅	2,3		4,3	6,5

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что при НСР₀₅ = 2,3 т/га преимущество по уровню ранней урожайности имеют гибриды: Шопен – 58,9 т/га и Штраус – 53,0 т/га, что составило от общей урожайности 40,9 и 42,2 %. У гибридов Моцарт, Рихтер и Прокофьев ранняя урожайность была практически одинаковой; 40,6-40,5 т/га. От 41,4 до 46,4 т/га была сформирована урожайность у гибридов Бетховен, Сальери и Шуберт.

Наиболее высокий уровень общей урожайности 143,9 т/га получен у гибрида Шопен, что на 41,7 т/га выше урожайности контрольного гибрида Денек, взятого за стандарт (102,2 т/га) при НСР₀₅ = 4,3 т/га.

Гибрид Шуберт также показал значительное превышение над стандартом – на 39,4 т/га с урожайностью в изучении 141,6 т/га.

Гибрид Бетховен сформировал наименьшую общую урожайность в сортоизучении – 114,7 т/га при НСР₀₅ = 6,5 т/га, что лишь на 12,5 т/га превысило урожайность контрольного варианта. Урожайность остальных гибридов укладывается в интервал 125,6 т/га (гибрид Штраус) – 134,1 т/га (гибрид Моцарт) плодов, что указывает на значительный потенциал всех без исключения гибридов огурцов нового поколения.

Экономическую целесообразность вложения средств в возделывание указанных гибридов можно отследить по результатам проведенного экономического анализа. Цена реализации ранней продукции взята из расчета 12,0 тыс. руб./т; основного урожая – 8,0 тыс. руб./т (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Экономическая эффективность выращивания раннего урожая гибридов огурцов, средняя за 2015-2016 гг.

№	Гибрид F ₁	Ранняя урожайность, т/га	Себестоимость, руб./т	Валовая прибыль, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Экономическая эффективность, руб./руб.
	Денек F ₁ -St	41,7	7346,1	565,2	219,2	63,4	1,63
1	Бетховен	41,4	8357,5	493,2	147,2	42,5	1,43
2	Моцарт	40,6	8522,2	487,2	141,2	40,8	1,41
3	Рихтер	40,6	8522,2	487,2	141,2	40,8	1,41
4	Сальери	44,0	7863,6	528,0	182,0	52,6	1,53
5	Шопен	58,9	5874,4	706,8	360,8	104,3	2,04
6	Штраус	53,0	6528,3	636,0	290,0	83,8	1,84
7	Прокофьев	40,5	8543,2	486,0	140,0	40,5	1,41
8	Шуберт	46,4	7456,9	556,8	210,8	60,9	1,61

Так как в основу расчетов взята биологическая, а не хозяйственная урожайность, полученные экономические показатели несколько завышены относительно производственных условий.

В таблице 2 представлена экономическая эффективность раннего урожая плодов огурца за период 15 дней или семь проведенных сборов. Только два гибрида Шопен F₁ и Штраус F₁ были более урожайными, чем гибрид Денек F₁, принятый за стандарт. Себестоимость 1 т плодов огурцов у этих гибридов минимальная в изучении – 5874,4 и 6528,3 рубля за 1 т. У стандарта, гибридов Сальери F₁ и Шуберт F₁ себестоимость уложилась в интервал 7346,1-7456,9 руб./т [5].

Максимальный чистый доход в размере 360,0 тыс. руб./га был получен у гибрида Шопен F₁, а также 290,0 тыс. руб./га – у гибрида Штраус F₁. Уровень рентабельности при выращивании раннего урожая – 104,0 и 83,8 % – у них также максимальный в изучении. У гибрида Денек F₁ уровень рентабельности достаточно высок – 63,4 %, у гибрида Сальери F₁ – 52,6 %; у гибрида Шуберт F₁ – 60,9 %, что подтверждает высокую доходность всех гибридов огурца при получении ранней урожайности. Показатель окупаемости вложенных затрат только подтверждает этот вывод. Экономическая эффективность варьирует от 1,41 до 2,04 руб./руб. вложенных затрат.

Экономический анализ возделывания огурцов и получения общего биологического урожая за сезон приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Экономическая эффективность выращивания урожая гибридов огурцов (общая), среднее за 2015-2016 гг.

№	Гибрид F ₁	Ранняя урожайность, т/га	Себестоимость, руб./т	Валовая прибыль, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Экономическая эффективность, руб./руб.
	Денек -St	102,2	3385,5	817,6	471,6	136,3	2,36
1	Бетховен	114,7	3016,6	917,6	571,6	165,2	2,65
2	Моцарт	134,1	2580,2	1072,8	726,8	210,1	3,10
3	Рихтер	126,2	2741,7	1009,6	663,6	191,8	2,92
4	Сальери	132,5	2611,3	1060,0	714,0	206,4	3,06
5	Шопен	143,9	2404,4	1151,2	805,2	232,7	3,33
6	Штраус	125,6	2754,8	1004,8	658,8	190,4	2,90
7	Прокофьев	127,4	2715,9	1019,2	673,2	194,6	2,95
8	Шуберт	141,6	2443,5	1132,8	786,8	227,4	3,27

Как видим, с увеличением урожайности плодов, в зависимости от используемых гибридов и количества сборов, от минимальной 102,2 т/га у стандарта Денек F₁ до максимальной 143,9 т/га – у гибрида Шопен F₁, значительно снизилась себестоимость производства плодов огурца с 3385,5 руб. за 1 т до 2404,4 руб./т – у гибрида Шопен F₁ и 2443,5 руб./т – у гибрида Шуберт F₁. Чистый доход варьировал от 471,6 тыс. руб./га у стандарта Денек F₁ до 805,2 тыс. руб./га, причем все гибриды без исключения показали высокий уровень чистого дохода, что подтверждается показателями рентабельности, от 136,3 % у стандарта Денек F₁ до 232,7 % у гибрида Шопен F₁. Окупаемость вложенных затрат – один из важных показателей при расчете экономической эффективности возделывания гибридов огурцов нового поколения. Среди всех гибридов, находившихся в изучении, высокой окупаемостью вложенных средств обладают все без исключения, лучшие по этому показателю следующие: Шопен F₁ – 3,33 руб./руб.; Шуберт F₁ – 3,27; Моцарт F₁ – 3,10; Сальери F₁ – 3,06 руб./руб.

Окупаемость гибрида Денек F₁, принятого за стандарт, находится на уровне 2,36 руб./руб., приближены к нему гибриды Бетховен F₁ – 2,65 руб./руб.; Рихтер F₁ – 2,92; Штраус F₁ – 2,90; Прокофьев F₁ – 2,95 руб./руб.

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Возделывание в открытом грунте длинноплетистых партенокарпических гибридов огурцов корншонного типа, обладающих коротким сроком созревания 40-48 дней, позволяет получать значительный объем раннего урожая от 31,8 % до 42,2 % от общего урожая с урожайностью плодов 40,5-53,0 т/га при НСР₀₅ = 6,5 т/га. Общая биологическая урожайность за 23 сбора составила от 114,7 (гибрид Бетховен F₁) до 143,9 т/га (гибрид Шопен F₁) при НСР₀₅ = 6,5 т/га.

2. Проведенный экономический анализ показал возможный резерв получения чистого дохода и высокой окупаемости затрат при выращивании партенокарпических гибридов нового поколения как раннего, так и общего урожая.

Чистый доход при выращивании раннего урожая составил от 140,0 тыс.руб./га у гибрида Прокофьев F₁ до 360,8 тыс.руб./га у гибрида Шопен F₁ с уровнем рентабельности 40,5-104,3 %. Рентабельность выращивания остальных гибридов также достаточно высока и находится в указанном интервале.

3. Высокий уровень общей урожайности изучаемых гибридов гарантирует высокую экономическую стабильность и окупаемость финансовых затрат. Даже при самом низком уровне урожайности в изучении у гибрида Бетховен F₁ 114,7 т/га получен достаточно высокий чистый доход 571,6 тыс.руб./га с уровнем рентабельности 165,2 % и окупаемостью вложенного рубля – 2,65 рубля.

При максимальной в изучении урожайности гибрида Шопен F₁ – 143,4 т/га плодов огурца чистый доход возрос до 805,2 тыс.руб./га и рентабельности 232 % при окупаемости 3,33 руб./руб. затрат.

Библиографический список

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта [Текст] /Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Звонкова, И.Ю. Эффективность возделывания огурцов в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья [Текст]/ И.Ю. Звонкова, В.Н. Павленко, Т.В. Мухортова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2012. – № 3 (35). – С. 29-33.
3. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [Текст]/ Под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.
4. Матвеев, В.П. Овощеводство [Текст]/ В.П. Матвеев, М.И. Рубцов. – М.: Изд-во Колос, 1978. – 424 с.

5. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях с.-х. процессов [Текст]/ С.В. Мельников, В.Р. Алешин, П.М. Рошин. – 2-е изд, перераб. и доп. – Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1980. – 168 с.

6. Мухортова, Т.В. Урожайность и параметры экологической адаптивности гибридов огурца агрофирмы «СеДеК» при капельном орошении в условиях Северо-Западного Прикаспия [Текст]/ Т.В. Мухортова, И.Ю. Звонкова, В.Н. Павленко// Аграрный научный журнал. – 2017. – № 4. – С. 20-24.

7. Мухортова, Т.В. Эффективность выращивания огурца в зависимости от изучаемых сортов при капельном способе орошения [Текст]/ Т.В. Мухортова, Л.П. Рыбашлыкова // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – М.: ООО «Стинг». – 2010. – №3. – С. 22-25.

8. Мухортова, Т.В. Научные параметры возделывания коллекции огурцов агрофирмы «СеДеК» в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья при капельном орошении [Текст]/ Т.В. Мухортова, А.Н. Бондаренко // Современные тенденции развития аграрного комплекса: материалы Международной науч. прак. конференции. – с.Соленое Займище, 2016. – С. 501-506.

9. Сравнительная эффективность возделывания пчелоопыляемых гибридов огурцов и гибридов с женским типом цветения (партенотипов) в условиях капельного орошения Нижнего Поволжья [Текст]/ И.Ю. Звонкова, Павленко В.Н, Т.В. Мухортова, Е.В. Полухина // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 12. – с.Соленое Займище. С. 55-60.

Reference

1. Dosphehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] /B. A. Dosphehov. – М.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.

2. Zvonkova, I. Yu. Jefferktivnost' vozdel'yvaniya ogurcov v usloviyah svetlo-kashtanovykh pochv Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ I. Yu. Zvonkova, V. N. Pavlenko, T. V. Muhortova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P. A. Kostycheva. – 2012. – № 3 (35). – S. 29-33.

3. Metodika opytnogo dela v ovoschevodstve i bahchevodstve [Tekst]/ Pod red. V. F. Belika. – М.: Agropromizdat, 1992. – 319 s.

4. Matveev, V. P. Ovoschevodstvo [Tekst]/ V. P. Matveev, M. I. Rubcov. – М.: Izd-vo Kolos, 1978. – 424 s.

5. Mel'nikov, S. V. Planirovanie jeksperimenta v issledovaniyah s.-h. processov [Tekst]/ S. V. Mel'nikov, V. R. Aleshin, P. M. Roschin. – 2-е изд, перераб. и доп. – Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1980. – 168 с.

6. Muhortova, T. V. Urozhajnost' i parametry jekologicheskoy adaptivnosti gibridov ogurca agrofirmy "SeDeK" pri kapel'nom oroshenii v usloviyah Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Tekst]/ T. V. Muhortova, I. Yu. Zvonkova, V. N. Pavlenko// Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2017. – № 4. – S. 20-24.

7. Muhortova, T. V. Jefferktivnost' vyraschivaniya ogurca v zavisimosti ot izuchaemykh sortov pri kapel'nom sposobe orosheniya [Tekst]/ T. V. Muhortova, L. P. Rybashlykova // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. – М.: ООО "String". – 2010. – №3. – S. 22-25.

8. Muhortova, T. V. Nauchnye parametry vozdel'yvaniya kollekcii ogurcov agrofirmy "SeDeK" v usloviyah svetlo-kashtanovykh pochv Nizhnego Povolzh'ya pri kapel'nom oroshenii [Tekst]/ T. V. Muhortova, A. N. Bondarenko // Sovremennye tendencii razvitiya agrarnogo kompleksa: materialy Mezhdunarodnoj nauch. prak. konferencii. – GOROD, 2016. – S. 501-506.

9. Sravnitel'naya jfferktivnost' vozdel'yvaniya pcheloopylyaemykh gibridov ogurcov i gibridov s zhenskim tipom cveteniya (partenokarpikov) v usloviyah kapel'nogo orosheniya Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ I. Yu. Zvonkova, Pavlenko V. N, T. V. Muhortova, E. V. Poluhina // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. - 2017. - № 12. - S. 55-60.

E-mail: bogosoryanskaya@mail.ru

УДК 712.253 (470.325)

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕНДРОПАРКА
НА ПРИМЕРЕ П.Г.Т. ВЕЙДЕЛЕВКА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**
**SPECIFICS OF PARK DESIGN FEATURED BY THE VEYDELEVKA TOWN
EXAMPLE IN BELGOROD REGION**

А.М. Пятых¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Н.А. Куликова², кандидат сельскохозяйственных наук
Е.В. Трунова³, магистр

A. M. Pyatykh¹, N.A. Kulikova², E. V. Trunova³

¹ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина»

²Волгоградский государственный аграрный университет

³ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина»

¹Belgorod state agricultural University named. V. Ya. Gorin

²Volgograd State Agrarian University

³Belgorod state agricultural University named. V. Ya. Gorin

Рассмотрены вопросы по реализации программы «Зелёная столица», позволяющей благоустроить различные территории Белгородской области и создать комфортные условия населению. Основным средством достижения этих задач является озеленение территорий различного назначения. Для выявления характерных особенностей растений в данном регионе, для оценивания биоразнообразия и решения практического использования древесно-кустарниковой растительности в хозяйствах необходимо проводить научную работу по изучению флоры, что возможно осуществить в ботанических садах, дендропарках и т.п. Дендропарки позволяют не только решать научные вопросы, но и выполняют культурно-просветительную работу, а также являются важным элементом в системе градостроительства. При грамотном подборе посадочного древесного и кустарникового материала возможно расширить рекреационные ресурсы и создать дендропарк-питомник с разнообразными видами трав, кустарников и деревьев, в том числе с нехарактерными для данного региона растениями.

The article discusses the implementation of the program "Green capital", which allows to improve the various areas of the Belgorod region and create comfortable conditions for the population. The main means of achieving these objectives is landscaping areas for various purposes. In order to identify the characteristic features of plants in this region, to assess biodiversity and to solve the practical use of tree and shrub vegetation in farms, it is necessary to carry out scientific work on the study of flora, which can be carried out in Botanical gardens, arboretums, etc. Dendroparks allow to solve not only scientific issues, but also perform cultural and educational work, as well as are important elements in the system of urban development. With proper selection of planting wood and shrub material who - can expand recreational resources and create a arboretum-nursery, with a variety of species of herbs, shrubs and trees, including uncharacteristic plants for the region.

Ключевые слова. Белгородская область, ландшафтное благоустройство, зелёные насаждения, дендропарк, планировка территории, посадочные чертежи, генеральный план, растительная коллекция, посадочный материал, древесно-кустарниковая растительность.

Key word. Belgorod oblast, landscape, landscaping, landscaped areas, arboretum, grading and planting drawings, General layout, plant collection, planting material, trees and shrubs.

Введение. Реализация программы «Зелёная столица» в Белгородской области обуславливает необходимость улучшения комфортной среды обитания населения, обогащения насаждениями ландшафтов области, увеличения лесистости региона и проведению облесения меловых отложений.

В связи с динамикой роста благосостояния населения наблюдается интенсивное строительство частного жилья, что влечёт за собой разработку проектных работ по ландшафтному благоустройству сельских и городских поселений, включая территории различного назначения Белгородской области.

Для выполнения задач, поставленных Программой «Зелёная столица», необходимо иметь огромный перечень растительных элементов разного назначения, удовлетворяющих потребности каждого отдельного поселения, с возможностью грамотно их увязать между собой в общем планировочном решении населённых пунктов.

В Белгородской области в 2014 году правительством принято решение разработать проекты по обустройству и заложить дендропарки для каждого районного центра.

При создании ботанических садов, дендрариев, дендропарков появляется возможность вести на их территориях широкомасштабные научные работы по изучению флоры Земли. Особенно активно этими вопросами занимаются в тех регионах России, где есть необходимость в увеличении лесистых территорий.

Благодаря научным исследованиям, проводимым в дендропарках, возможно классифицировать всё растительное разнообразие, изучить биохарактеристики растений, определить назначение древесно-кустарниковых и травянистых насаждений. Дендропарки позволяют заниматься сохранением и воспроизводством генетических растительных ресурсов на базе фундаментальных и прикладных наук (генетика, селекция, дендрология, защитное лесоразведение).

Изучение биоразнообразия в дендропарках не ограничивается научными вопросами, наряду с ними выполняются культурно-просветительские и декоративно-эстетические функции. [1, 9, 7, 11].

Для Белгородской области в связи с развитием ландшафтного строительства и озеленения особенно актуально расширение ассортимента древесных растений, который может использоваться в разных административных районах. Совместное выращивание в дендропарках разнообразных таксонов, селекционных форм и сортов позволит рекомендовать наиболее декоративные и устойчивые образцы к активному внедрению не только на территории Белгородской области, но и в соседних регионах [3, 4].

На базе дендропарков проводятся экскурсии, выставки, организуются посещения тематических уголков, знакомство жителей с разнообразием дендрофлоры земного шара.

Дендропарки, как правило, становятся излюбленным местом рекреации. В них уместны зоны тихого отдыха и организации маршрутов для неспешных прогулок. Поэтому для современных дендропарков актуально проектирование планировочных структур, ориентированных на посетителей, относящихся к разнообразным возрастным группам.

Для обеспечения устойчивости системы озеленения поселений как в экологическом, так и в градостроительном отношении следует уделить огромное внимание дендропаркам для районных центров [5, 13].

Цель работы – показать специфику проектирования таких специализированных объектов ландшафтной архитектуры, как дендропарки. Проектные предложения подобных объектов, несомненно, должны демонстрировать развитие рекреационного потенциала территории. Однако основной задачей является создание условий для изучения опыта интродукции древесных и кустарниковых экзотов в условиях центрального парка культуры и отдыха.

Материалы и методы. В публикациях периодической литературы, в интернет-ресурсах, в электронно-библиотечных системах, материалах конференций, семинаров и других научно-практических мероприятий зарубежных и отечественных ученых, которые проводят исследования в области ботаники, дендрологии, ландшафтной архитекту-

ры, а также в области благоустройства и озеленения населенных пунктов, приводятся разнообразные материалы, обобщающие опыт создания дендрариев, арборетумов, ботанических садов и тематических коллекций разнообразных экзотов. Каждый подобный объект имеет специфику, связанную с градостроительной ситуацией территории проектирования.

Поселок городского типа Вейделевка, административный центр Вейделевского района Белгородской области, во многом типичен для южных регионов России. В связи с непростыми природно-климатическими условиями работы по его благоустройству и озеленению осложнены из-за ограниченности ассортимента декоративных древесных и кустарниковых растений. Поэтому создание коллекции и организация испытаний древесных экзотов весьма актуальны для районного центра. Из-за дефицита свободных территорий в районном центре для проектирования дендропарка отведена территория центрального парка.

В настоящее время центральный парк благоустроен с использованием всех средств ландшафтной архитектуры: имеется развитая сеть плоскостных сооружений с плиточным покрытием; планировочная система рациональна, адаптирована к существующему потоку посетителей; функциональные зоны оформлены в соответствии с требованиями современного паркового комплекса; как декоративные, так и утилитарные малые архитектурные формы выразительны. Проектирование дополнительных маршрутов в коллекционных зонах дендропарка не актуально.

Рельеф спокойный, не накладывающий ограничений при проектировании дендрологических коллекций.

В ходе эксплуатации парка на всей территории сформирован травостой, который можно охарактеризовать как садово-парковый газон, состояние газона хорошее.

На территории парка имеется разновозрастное насаждение с выраженными полянами и прогалинами. Ассортимент видов соответствует дубравному комплексу: дуб черешчатый, клен остролистный, липа мелколистная. Состояние деревьев различное, однако в ходе эстетической оценки их декоративность не всегда можно оценить как высокую. Необходимо отметить неравномерность расположения древесных массивов, куртин и групп по территории парка. В целом пространственная структура парка оптимальна для рекреации населения: имеются тенистые участки (полуоткрытый тип), а также достаточно живописные поляны и прогалы (открытый тип).

Результаты. Перечисленные особенности территории диктуют необходимость применения нестандартных решений при проектировании дендропарка. Мы предлагаем по возможности сохранить имеющиеся насаждения, а коллекцию проектируемых экзотов разместить не только на открытых участках, но и под пологом насаждений. Такой подход широко применяется в лесном хозяйстве при закладке подпологовых культур. Для данного дендропарка этот метод вполне уместен не только по технологичным и градостроительным причинам, но и по экологическим. Так, молодые растения под кронами существующих деревьев в условиях оптимального притенения должны обеспечить высокую приживаемость при посадке. В дальнейшем, в ходе периодических рубок ухода и формирования, коллекция будет выведена из-под кроны, что обеспечит оптимальные условия для её дальнейшего роста [12, 4].

В основу формирования коллекции экзотов положен географический принцип. В соответствии с этим принципом выделяются участки, которые используются для создания коллекций с максимально возможным количеством видов древесных растений с одинаковым географическим происхождением. На таких участках впоследствии можно будет достоверно выявить наиболее перспективные виды для дальнейшего использования в озеленении [9, 10].

По результатам обследования, а также по согласованию с заказчиком разработан проект географического зонирования коллекции для территории проектирования. Также разработан генеральный план (дендроплан), который демонстрирует местоположение коллекции на территории парка.



Рисунок 1 – Географическое зонирование

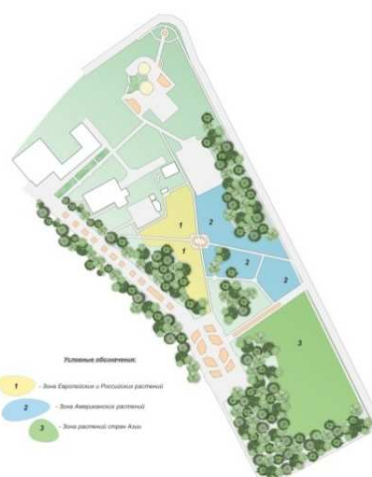


Рисунок 2 – Генеральный план

Как видно из генерального плана, планировка территории – сочетание элементов свободного стиля с регулярной дорожно-тропиночной сетью. Натурными обследованиями зафиксированы отдельные участки, которые и использованы для размещения коллекций. Их конфигурация сложная, неправильной формы, однако размещение по территории довольно компактное. Такое расположение участков снижает декоративный эффект коллекции дендропарка, но в то же время позволяет рационально разместить географические коллекции с учетом сложившейся планировочной структуры парка.

Коллекционные группы проектируемых древесных и кустарниковых растений формируют живописные ландшафтные структуры (массивы и группы). Коллекционные насаждения, на наш взгляд, органично сочетаются с открытыми пространствами. Луговые парковые газоны подчеркивают красоту коллекционных растений, обеспечивая единство облика территории. В ходе дальнейшего развития коллекционных растений сформируются насаждения дендропарка, в которых проявится контраст, обусловленный формовым и видовым разнообразием видов. Считаем, что в дальнейшем необходимо сохранить оптимальное сочетание полуоткрытых и закрытых пространств: ландшафтные древесные и кустарниковые группы на газоне открытых пространств коллекционных зон, что обеспечит декоративную привлекательность дендропарка и создаст наилучшие условия для произрастания экзотов. Также разработан ассортимент видов, который демонстрирует не только видовое, сортовое и формовое разнообразие, но и эстетические свойства интродуцентов.

Помимо чертежей стадии «Проект», нами разработан ряд чертежей стадии «Рабочий проект». Они демонстрируют схемы взаимного размещения коллекционных участков географических зон, причем конфигурация групп и их строение одинаковы для каждого коллекционного вида. Это позволит облегчить работу по закладке дендропарка. Также условными обозначениями показано размещение посадочных мест. На выносках приведено количество высаживаемых растений, даны ссылки на посадочные ведомости [2, 8].

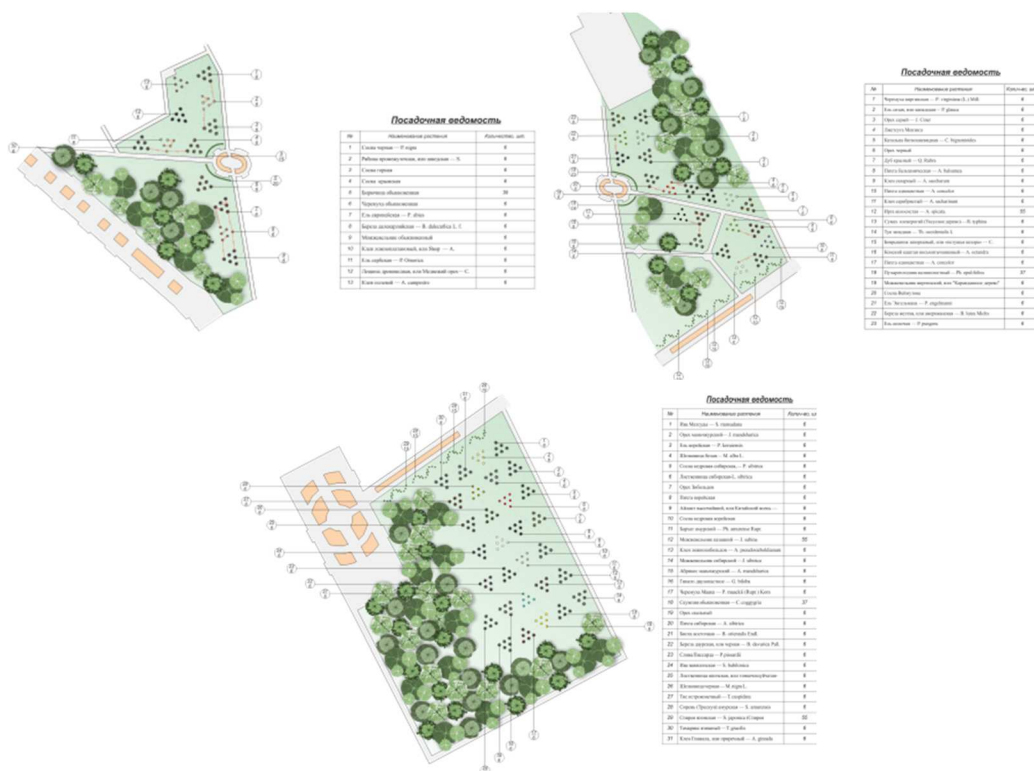


Рисунок 3 – Посадочные чертежи географических коллекций

Обсуждение. Особое внимание в проектных работах отведено разработке ассортимента перспективных видов для дендропарка п.г.т. Вейделевка. В зоне европейских растений проектируется 10 древесных видов и 3 кустарниковых (сосна черная, сосна крымская, сосна горная, ель европейская, ель сербская, можжевельник обыкновенный, клен ложноплатановый, рябина промежуточная, черемуха обыкновенная, береза далекарлийская, лещина древовидная, клен полевой, бирючина обыкновенная).

В зоне американских растений проектируется 15 древесных видов и 3 кустарниковых (сосна Веймутова, ель сизая, канадская, ель Энгельмана, ель колючая, лжетсуга Мензиса, пихта бальзамическая, пихта одноцветная, туя западная, можжевельник виргинский, черемуха виргинская, катальпа бигнониевидная, орех серый, орех черный, дуб красный, клен сахарный, клен серебристый, боярышник шпорцевый, конский каштан восьмитычинковый, береза желтая, сумах оленерогий, ирга колосистая, пузыреплодник калинолистный).

В зоне азиатских растений проектируется 28 древесных видов и 7 кустарниковых (ель корейская, сосна кедровая сибирская, сосна кедровая корейская, лиственница сибирская, лиственница японская, пихта корейская, пихта сибирская, биота восточная, тис остроконечный, можжевельник казацкий, можжевельник сибирский, ива Матсуды, орех маньчжурский, орех Зибольдтов, орех скальный, шелковица белая, шелковица черная, айлант высочайший, бархат амурский, клен ложнозибольдтов, абрикос маньчжурский, гинкго двулопастное, черемуха Маака, береза даурская, клен Гиннала, слива Писарда, ива вавилонская, скумпия кожевенная, сирень амурская, тамарикс изящный, спирея японская).

Проектируемая коллекция дендропарка состоит из 53 видов деревьев, коллекция кустарников включает 13 видов. Соотношение древесных и кустарниковых видов позволяет получить хорошо просматриваемое пространство дендропарка.

Также в проектной документации приведён расширенный ассортимент рекомендуемых видов.

Ведущие производители посадочного материала много внимания уделяют не только качеству выпускаемых саженцев, но и формовому разнообразию, которое обеспечивает особую декоративность ландшафтных композиций.

Следует обратить внимание на колонновидные формы ели колючей «Глаука», ели обыкновенной «Фастигиата», сосны обыкновенной «Фастигиата», туи западной «Смарагд», «Колумна» и «Брабант», которые перспективны при озеленении городских территорий, насыщенных воздушными коммуникациями. Также интересны низкорослые формы, которые удобны для оформления небольших пространств, например ель сизая «Нана», ель колючая «Глаука Глобоза», можжевельник обыкновенный «Колумнарис», «Мейер» и другие. Для садов регулярного стиля, а также для парадных ландшафтных композиций переднего плана востребованы шаровидные формы – туя западная «Глобоза», «Говея», «Даника», сосна горная «Мопс», «Компакта», сосна обыкновенная «Глобоза Виридис», сосна Веймутова «Пумила». Для оформления акцентных элементов планировки интересны формы с оригинальным ветвлением, а также плакучие формы: ели обыкновенная «Инверса», «Кронстона», «Виминалис», туя западная – «Филиформис», лиственница европейская и японская «Пендула». Также востребованы стелющиеся декоративные формы можжевельника китайского «Пфитцериана», можжевельника казацкого «Тамариксолистный», можжевельника горизонтального «Глаука», сосны горной «Мини Мопс» и «Хампи».

Работы по закладке дендропарка рекомендуем начинать либо ранней весной (конец марта – начало апреля до начала сокодвижения), либо поздней осенью (с середины октября и до заморозков). Такие сроки, как правило, обеспечивают высокую приживаемость посадочного материала с открытой корневой системой и снижают стоимость закладки коллекции. Сроки проведения посадочных работ могут быть существенно расширены в случае использования посадочного материала с закрытой корневой системой.

Группы коллекционных древесных растений высаживаются в места, которые определены приведенными посадочными чертежами.

Размещение древесных саженцев – 3х3 м – способствует формированию сомкнутых массивов, а также плотных ландшафтных групп. Для формирования древостоя с нормальным размещением растений шаг посадки – 5х5 м. Схема высадки групп приведена на генеральном плане.

При проектировании размещения коллекционных растений необходимо учитывать их разнообразие по форме кроны. Для деревьев с колонновидной формой кроны (тополь, туя и др.) площадь питания должна снижаться, а для растений с широкой раскидистой кроной (дуб, сосна) – увеличиваться. Обращаем внимание на необходимость соблюдения расстояния до бровки дорог – не менее 1-2 м.

Шаг посадки в рядовых насаждениях (живые изгороди, бордюры и т.д.) рекомендуется от 0,25 м (для низкорослых растений) до 1 - 1,5 м (высокорослых кустарников). Размещение кустарников в смешанных и чистых ландшафтных группах может колебаться от 1х1 м до 3х3 м. При этом учитывается отношение растений к свету и взаимная скорость роста растений.

Для природно-климатических условий территории проектирования обязательна организация работ по регулярному поливу саженцев, их временной подвязке к опоре.

Открытые пространства в рядах и междурядьях, а также пространства между группами, обеспечивающие живописность пейзажа, отводятся под газон. Это позволит облегчить проведение уходов за растениями и улучшает их экспозицию.

Заключение. Проектирование дендропарков для южных районов лесостепных и степных регионов Российской Федерации актуально в связи с развитием ландшафтного обустройства населенных пунктов. Закладка и последующее испытание ассортимента выращиваемой коллекции интродуцентов древесных и кустарниковых пород позволит дать рекомендации по особенностям агротехники экзотов в этой зоне [6].

Расширение и актуализация ассортимента посадочного материала положительно отразится при проектировании не только объектов городской среды, но и при проектировании усадеб.

Проектные предложения по созданию дендропарка на базе центрального парка п.г.т. Вейделевка демонстрируют пути развития и расширения рекреационного потенциала ключевого элемента городской планировки.

Создание сети подобных объектов в районных центрах южных регионов обеспечит отработку проектных предложений, адаптированных для каждого населенного пункта, а также позволит обосновать перечень перспективных экзотов.

Библиографический список

1. Боговая, И.О. Озеленение населенных мест [Текст] : учеб. пособие / И.О. Боговая, В.С. Теодоронский. – Изд. 2-е, стер. – СПб.: Лань, 2012. – 240 с. (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Гостев, В.Ф. Проектирование садов и парков [Текст] : учебник / В.Ф. Гостев, Н.Н. Юскевич. – М.: Лань, 2012. – 344 с.
3. Гурьева, Е.И. Формовое разнообразие декоративных древесных и кустарниковых пород в озеленении санаториев и домов отдыха [Текст] / Е.И. Гурьева, А.М. Пятых // Лесной журнал. – 2010. – №1. – С. 40-42.
4. Воронина, В. П. Дендрология [Текст] : учеб. пособие / В. П. Воронина, Е. А. Литвинов; ФГБОУ ВПО Волгогр. ГАУ. – Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2015. – 260 с.
5. Кругляк, В.В. Зональные особенности паркостроения [Текст] /В.В. Кругляк, Е.В. Золотарева. – Воронеж: ВГЛТА, 2003. – 196 с.
6. Кругляк В.В. Ландшафтное проектирование ботанических садов [Текст] /В.В. Кругляк, Е.А. Николаев. – Воронеж: ВГЛТА, 1997. – 48 с.
7. Кругляк, В.В. Дендрологические парки и ботанические сады России (на примере Центрально-Черноземных областей) [Текст] /В.В. Кругляк // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: материалы научно-производственной конференции. – Томск: Томский государственный университет, 2003. – С. 236-241.
8. Макаренко, В.П. Экологическая тропа как вид экотуризма в дендропарке [Текст] = Ecological Trail as a Type of Ecotourism in Abroretum [Текст] / В. П. Макаренко, Л. В. Шевцова, Е. А. Пислягина // Вестник Национальной академии туризма. – 2015. – № 3. – С. 36-38.
9. Негроров, О.П. Экологические основы оптимизации и управления городской среды. Экология города [Текст] / О.П. Негроров, Д.М. Жуков, Н.В. Фирсова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – 272 с.
10. Попов, В.К. Страницы истории лесных культур ВГЛТА [Текст] / В.К. Попов, И.В. Сухов. – Воронеж: ВГЛТА, 2002. – 144 с.
11. Теодоронский, В.С. Ландшафтная архитектура с основами проектирования [Текст] : учеб. пособие / В.С. Теодоронский, И.О. Боговая. – 2-е изд. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. – 304 с.
12. Степанищева, Э.И. Ревитализация природной среды в исторической застройке крупного города. [Электронный ресурс] - Электрон. дан. // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. – 2015. – № 8. – С. 174-180. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/journal/issue/295930> - Загл. с экрана.
13. Чернышов, М.П. Хвойные породы в озеленении центральной России [Текст] : научно-практическое издание /М.П. Чернышов [и др.]. – М.: Колос, 2007. – 328 с.

Reference

1. Bogovaya, I. O. Ozelenenie naselennyh mest [Tekst] : ucheb. posobie / I. O. Bogovaya, V. S. Teodoronskij. – Izd. 2-e, ster. – SPb.: Lan', 2012. – 240 s. (Uchebniki dlya vuzov. Special'naya literatura).
2. Gostev, V. F. Proektirovanie sadov i parkov [Tekst] : uchebnik / V. F. Gostev, N. N. Yuskevich. – M.: Lan', 2012. – 344 s.

3. Gur'eva, E. I. Formovoe raznoobrazie dekorativnykh drevesnykh i kustarnikovykh porod v oze-lenenii sanatoriev i domov otdyha [Tekst] / E. I. Gur'eva, A. M. Pyatyh // Lesnoj zhurnal. – 2010. – №1. – S. 40-42.
4. Voronina, V. P. Dendrologiya [Tekst] : ucheb. posobie / V. P. Voronina, E. A. Litvinov; FGBOU VPO Volgogr. GAU. – Volgograd : Volgogradskij GAU, 2015. – 260 s.
5. Kruglyak, V. V. Zonal'nye osobennosti parkostroeniya [Tekst] / V. V. Kruglyak, E. V. Zolotareva. – Voronezh: VGLTA, 2003. – 196 s.
6. Kruglyak V. V. Landshaftnoe proektirovanie botanicheskikh sadov [Tekst] / V. V. Kruglyak, E. A. Nikolaev. – Voronezh: VGLTA, 1997. – 48 s.
7. Kruglyak, V. V. Dendrologicheskie parki i botanicheskie sady Rossii (na primere Central'no-Chernozemnykh oblastej) [Tekst] / V. V. Kruglyak // Lesnoe hozyajstvo i zelenoe stroitel'stvo v Zapadnoj Sibiri: materialy nauchno-proizvodstvennoj konferencii. – Tomsk: Tomskij gosudarstvennyj universitet, 2003. – S. 236-241.
8. Makarenko, V. P. Jekologicheskaya tropa kak vid jekoturizma v dendroparke [Tekst] = Ecological Trail as a Type of Ecotourism in Aboretum [Tekst] / V. P. Makarenko, L. V. Shevcova, E. A. Pisyagina // Vestnik Nacional'noj akademii turizma. – 2015. – № 3. – S. 36-38.
9. Negrobov, O. P. Jekologicheskie osnovy optimizacii i upravleniya gorodskoj sredy. jekologiya goroda [Tekst] / O. P. Negrobov, D. M. Zhukov, N. V. Firsova. – Voronezh: Izd-vo VGU, 2000. – 272 s.
10. Popov, V. K. Stranicy istorii lesnykh kul'tur [Tekst] / V. K. Popov, I. V. Suhov. – Voronezh: VGLTA, 2002. – 144 s.
11. Teodoronskij, B.C. Landshaftnaya arhitektura s osnovami proektirovaniya [Tekst] : ucheb. posobie / B.C. Teodoronskij, I. O. Bogovaya. – 2-e izd. – M. : FORUM : INFRA-M, 2018. – 304 s.
12. Stepanischeva, Je. I. Revitalizaciya prirodnoj sredy v istoricheskoy zastrojki krupnogo goroda. [Elektronnyj resurs] - Elektron. dan. // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Student i nauka. – 2015. – № 8. – S. 174-180. – Rezhim dostupa: <http://e.lanbook.com/journal/issue/295930> – Zagl. s jekrana.
13. Chernyshov, M. P. Hvojnye porody v ozelenenii central'noj Rossii [Tekst] : nauchno-prakticheskoe izdanie / M. P. Chernyshov [i dr.]. – M.: Kolos, 2007. – 328 s.

E-mail: trjasi@list.ru

УДК 631.452

КАЧЕСТВО ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ СУХОСТЕПНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЗОНЫ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

SOIL QUALITY OF LAND FOR AGRICULTURAL PURPOSE OF THE SOIL DRY STEPPE ZONE IN VOLGOGRAD REGION

Е.А. Иванцова^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А.Н. Водолазко¹, аспирант

Е.А. Ivantsova^{1,2}, А.Н. Vodolazko¹

¹ ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет

² ФГБНУ Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия,
Астраханская область, Черныйский район, с. Соленое займище

¹ Volgograd State University

² Caspian Research Institute of arid farming

В статье представлены результаты исследования качественного состояния почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области. Представлен перечень современных методик бонитировки и обоснован выбор методики, по которой проводились исследования. За основу исследований были приняты данные многолетнего агро-экологического мониторинга почв, проводимого на реперных участках, которые заложены на

сельскохозяйственных угодьях, испытывающих длительное антропогенное воздействие. В статье отражена география проведения исследований, которая включает 9 административных районов центральной и южной части Волгоградской области. Также отмечены условия расположения реперных участков. Представлены результаты расчетов баллов почвенного бонитета для темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почв. Вычислялся балл бонитета по основным агрохимическим показателям, балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям (микроэлементам) и общий балл бонитета. Рассмотрена динамика изменения бонитета почв исследуемой территории за временной период с 2001 по 2015 гг. Выявлены и обоснованы несоответствия в показателях балла бонитета по основным и сопутствующим агрохимическим показателям. Динамика баллов бонитета почв представлена в виде графиков. Обобщенные результаты исследования сформулированы в выводах по проведенной работе.

The article presents the results of a study of the qualitative state of soils in agricultural land for the dry-steppe soil zone of the Volgograd Region. The list of modern methods of appraisal and justification of the choice of technique, which conducted the study. These research is based on data of long-term agro-ecological monitoring of soils is carried out on reference areas, which are founded in agricultural lands, experiencing long-term anthropogenic impact. The article describes the geography of the research, which includes 9 administrative districts of the central and southern part of the Volgograd region. Also noted conditions of the location of the reference plots. The results of calculations of soil bonitet scores for dark-chestnut, chestnut and light chestnut soils. The score of bonitet was calculated for the main agrochemical indicators, for concomitant agrochemical indicators (microelements) and a total score of bonitet. The dynamics of change bonitet soils of the study area over the time period from 2001 to 2015 is considered. Identified and justified the inconsistencies in the performance score of bonitet for major and concomitant agrochemical indicators. The dynamics of the scores of bonitet of soils are presented in graphs. The summarized results of the research are formulated in the conclusions of the work done.

Ключевые слова: плодородие, балл бонитета, реперные участки, земли сельскохозяйственного назначения.

Key words: fertility, bonitet score, reference sites, agricultural land.

Введение. В настоящее время в высокоразвитых странах техническое и технологическое обеспечение сельского хозяйства достигло высокого уровня. Увеличение урожайности осуществляется за счет применения систем точного земледелия, оценки состояния посевов и почвы с помощью беспилотных летательных аппаратов, применения комплексных удобрений и прочих высокотехнологичных приемов. В России такими приемами сельского хозяйства пользуются в некоторых регионах, ведущих активную сельскохозяйственную деятельность. Тем не менее, основной составляющей высокой урожайности и качества получаемой продукции остается естественное плодородие почв. Плодородие является предметом сравнительной оценки качества почв, которая выражается в баллах почвенного бонитета.

Существует множество определений понятия бонитировки почв. Чтобы понять суть данного явления, следует привести несколько примеров его определения.

Бонитировка почв – это сравнительная оценка качества почв, их производительной способности, плодородия [1]. Бонитировка почв – это специализированная классификация почв по их продуктивности, построенная на объективных признаках (свойствах) самих почв, наиболее важных для роста с.-х. культур и коррелирующих со средней многолетней урожайностью [11]. Бонитировка почв – это сравнительная оценка качеств почв по плодородию при сопоставимых уровнях агротехники и интенсивности земледелия [6].

Следовательно, бонитировка является уточненной агрономической группировкой почв, где учет качества по естественному плодородию выражается в баллах. Бонитировка позволяет выявить качественное состояние почв относительно сопоставимых участков, но, что важнее, – относительно оптимальных показателей плодородия для конкретного типа почв [5, 9].

В России вопросом бонитировки почв занимался такой видный ученый, как В.В. Докучаев, который вместе со своими учениками в 1884-1894 гг. провел земельно-оценочные работы в соответствии с качествами почв в Нижегородской и Полтавской губерниях. В дальнейшем Н.М. Сибирцев развил метод В.В. Докучаева по оценке почв, который получил название «естественно-исторического метода бонитировки почв».

В 1967 г. была составлена общесоюзная инструкция по бонитировке (качественной оценке) почв, разработанная под руководством С.С. Соболева [2].

Современные научные деятели ведут работу над совершенствованием методик бонитировки почв. Много внимания в исследованиях уделяется разработке методик бонитировки для конкретных типов почв, ландшафтов или агроклиматических зон. Так, разрабатываются основные принципы методики бонитировки почв неорошаемой пашни, внедряются дополнительные коэффициенты экологической нарушенности почв и т.д. Кроме того, бонитировочная оценка почв используется при расчете воздействия на почвенный покров и вычислении минимизации его эксплуатации [8, 10, 13].

В исследованиях экономической оценки земель, агропроизводственной группировки почв, а также почвенной бонитировки Волгоградской области стоит отметить таких научных деятелей, как М.Н. Ракутин и Е.Т. Дегтярева [3, 4].

Материалы и методы. Проведенные исследования были направлены на выявление динамики качественного состояния почв земель сельскохозяйственного назначения за период 2001-2015 гг. Информационной базой исследования послужили данные многолетнего агроэкологического мониторинга почв, проводимого федеральным государственным учреждением «Центр агрохимической службы «Волгоградский».

Мониторинг осуществлялся в производственных условиях на постоянно закрепленных реперных участках в соответствии с «Методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках» [7]. 21 реперный участок заложен в 9 районах зоны обслуживания ФГБУ «ЦАС «Волгоградский» (Дубовский, Городищенский, Иловлинский, Калачевский, Ленинский, Светлоярский, Среднеахтубинский, Суровикинский, Фроловский) и охватывает зону темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почв (рисунок 1).

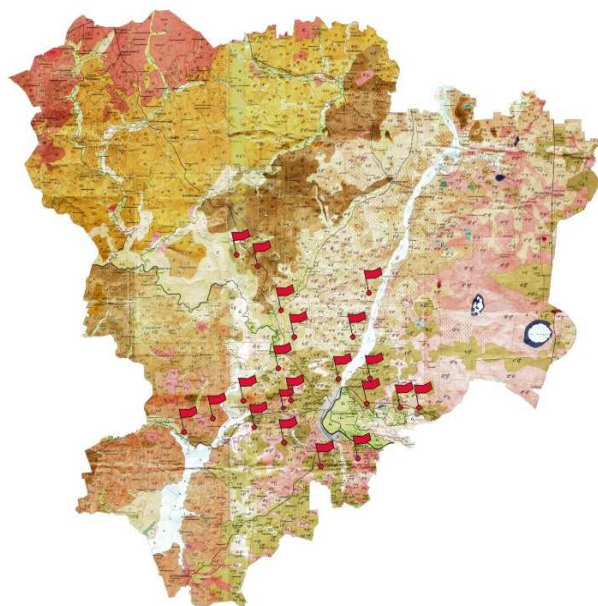


Рисунок 1 – Расположение реперных участков в границах почвенных зон Волгоградской области

Расчет балла плодородия почв осуществлялся по методу ЦИНАО. Этим методом оценивалась кислотность почв, содержание гумуса, фосфора, калия, основных микроэлементов (медь, цинк, кобальт, марганец).

Относительный балл плодородия почв по данному методу рассчитывался по следующей схеме [12]:

1. Определялся балл плодородия почв по каждому показателю (за исключением pH выше оптимума) по формуле (1):

$$B_n = \frac{X}{A} \cdot 100, \quad (1)$$

где B_n – относительный балл показателя плодородия почв; X – фактическое значение агрохимического показателя; A – оптимальное значение агрохимического показателя.

При pH выше оптимума применялась следующая формула (2):

$$B_{pH} = \frac{100 \cdot pH(opt)}{pH}, \quad (2)$$

где pH_{opt} – оптимальное значение кислотности; pH – фактическое значение кислотности.

Дополнительные условия при решении задачи:

- если рассчитанный оценочный балл основных показателей (pH, P_2O_5 , K_2O , гумус) больше 120, то результат приравнивается к 120;
- если оценочный балл сопутствующих показателей (Ca, Mg и др.) больше 100, то результат приравнивается к 100.

2. Устанавливался суммарный оценочный балл основных показателей (3):

$$B_1 = \frac{B_{pH} + B_{P_2O_5} + B_{K_2O} + B_G}{m}, \quad (3)$$

где m – количество показателей, участвующих в расчете.

3. Рассчитывался оценочный балл сопутствующих показателей (4):

$$B_2 = \frac{B_{Ca} + B_{Mg} + \dots B_V}{m}, \quad (4)$$

4. Рассчитывался общий оценочный балл по полю или участку (5):

$$B = 0,5 \cdot (B_1 + B_2). \quad (5)$$

Качественная характеристика почв осуществлялась в соответствии с интегрированной шкалой оценки почв и земель (таблица 1).

Таблица 1 – Интегрированная шкала оценки почв и земель [12, с. 34]

Класс бонитета почв и оценки земель	Балл бонитета почв и оценки земель	Общая характеристика качества почв и земель
X	91-100	Лучшие почвы и земли
IX	81-90	
VIII	71-80	
VII	61-70	Средние почвы и земли
VI	51-60	
V	41-50	
IV	31-40	
III	21-30	Худшие почвы и земли
II	11-20	
I	1-10	

Результаты и обсуждение. Балл бонитета выявлялся в пределах каждой почвенной зоны. Такое распределение позволяет сделать сравнительную оценку качественного состояния трех подтипов каштановых почв и выявить почвы, испытывающие большую нагрузку. Результаты проведенных расчетов отражены на рисунках 2-4.

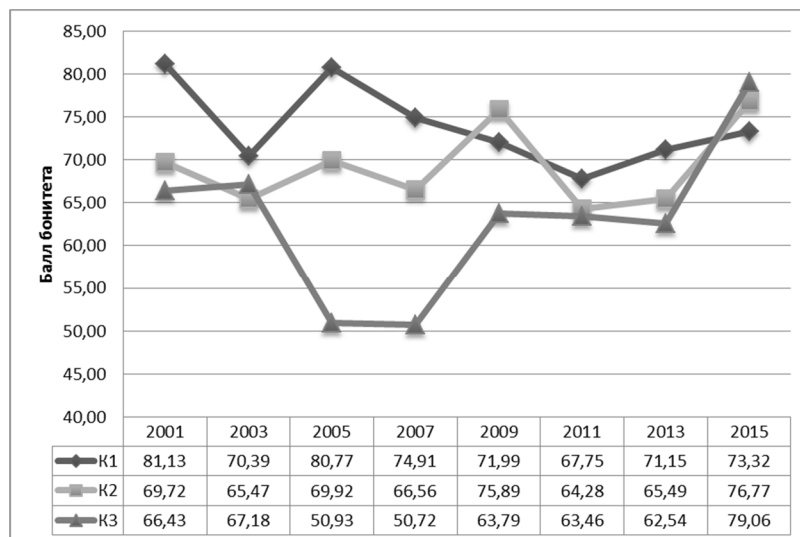


Рисунок 2 – Динамика общего балла бонитета на реперных участках для почвенных зон: K1 – светло-каштановых почв; K2 – каштановых почв; K3 – темно-каштановых почв

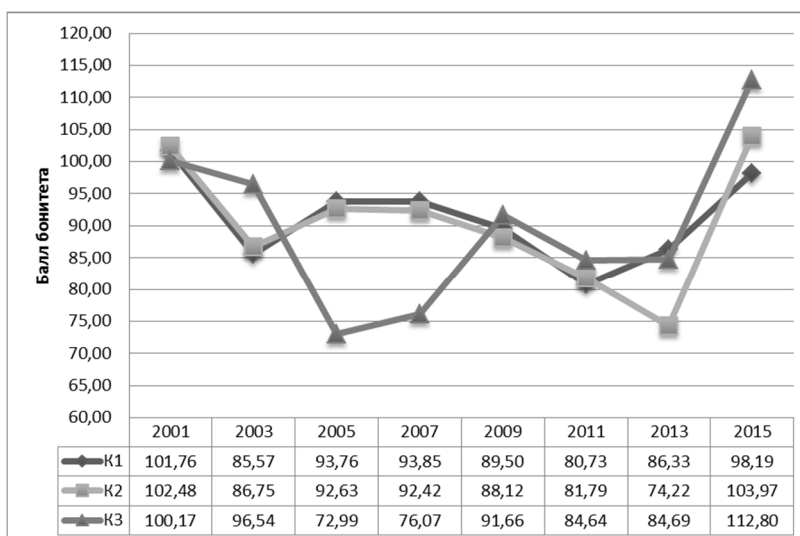


Рисунок 3 – Динамика балла бонитета по основным агрохимическим показателям на реперных участках для почвенных зон: K1 – светло-каштановых почв; K2 – каштановых почв; K3 – темно-каштановых почв

На рисунке 3 видно, что на протяжении всего периода исследований наибольший балл бонитета выявлен на светло-каштановых почвах. Самый низкий уровень балла бонитета характерен для темно-каштановых почв. Такое распределение связано с расчетом балла бонитета относительно оптимальных показателей для каждого типа почв. Это означает, что светло-каштановые почвы относительно оптимального значения находятся в лучшем состоянии, чем каштановые и темно-каштановые почвы (таб-

лица 1). Различна динамика балла бонитета для всех типов почв. Для светло-каштановых почв заметна общая тенденция снижения балла бонитета. Стоит отметить повышение балла бонитета с 2013 г. для всех типов почв.

График динамики балла бонитета по основным агрохимическим показателям в целом схож с графиком общего балла бонитета. Это может означать, что при данной методике расчета почвенного бонитета сопутствующие агрохимические (микроэлементы) показатели оказывают незначительное воздействие на формирование итогового результата бонитировки. Однако обеспеченность почвы микроэлементами является важным фактором, оказывающим влияние на количество и качество урожая сельскохозяйственных культур.

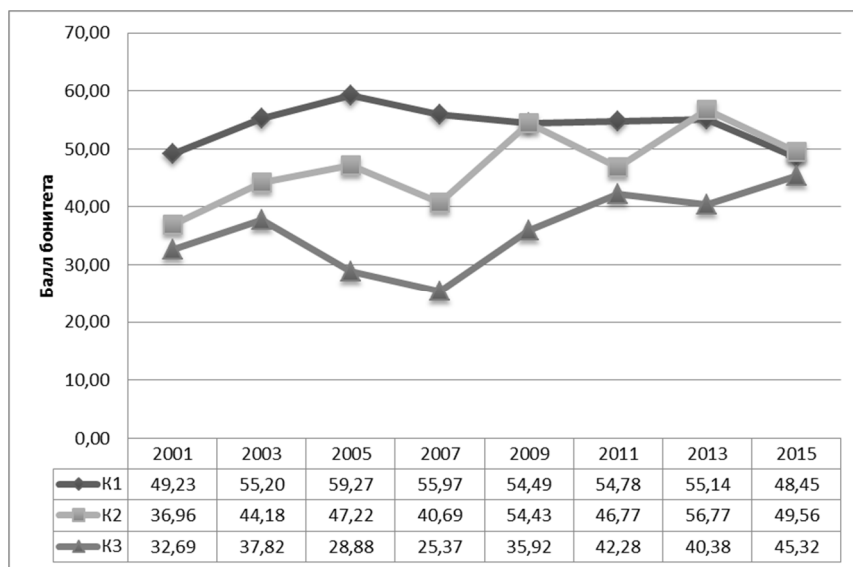


Рисунок 4 – Динамика балла бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям на реперных участках для почвенных зон: K1 – светло-каштановых почв; K2 – каштановых почв; K3 – темно-каштановых почв

Балл бонитета по сопутствующим агрохимическим показателям значительно ниже балла бонитета по основным показателям. Это означает, что все почвы зоны имеют дефицит микроэлементов и нуждаются в постоянном восполнении этих элементов.

Значения балла бонитета по сопутствующим показателям (микроэлементам) также наиболее высокие у светло-каштановых почв и наиболее низкие у темно-каштановых почв. При этом динамика балла для каштановых и темно-каштановых почв схожа и имеет тенденцию роста. Графики значений балла бонитета по основным агрохимическим показателям практически идентичны для светло-каштановых и каштановых почв. Как и на графиках общего балла бонитета, на графиках балла по основным показателям видно резкое повышение значений с 2013-2015 гг., что может означать повышение уровня сельскохозяйственной деятельности.

Заключение. Рассмотрев представленные графические отображения динамики балла бонитета, можно сказать, что по состоянию плодородия почвы исследуемой территории находятся в хорошем состоянии.

В соответствии с таблицей 1 по общему баллу бонитета почвы по классности относятся к средним и лучшим. Как было сказано выше, минимальные значения бонитета имеют темно-каштановые почвы. Наибольшую нагрузку испытывают темно-каштановые почвы, что может быть связано с недостаточным восполнением питательных элементов.

Библиографический список

1. Булгаков, Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв [Текст] / Д. С. Булгаков. – М. : РАСХН, 2002. – 251 с.
2. Гаврилюк, Ф.Я. Бонитировка почв [Текст] / Ф.Я. Гаврилюк. – Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для вузов. – М.: «Высшая школа», 1974. – 272 с.
3. Дегтярева, Е.Т. Агропроизводственная группировка и характеристика почв Волгоградской области [Текст] : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Е.Т. Дегтярева. – Боровск; Москва, 1975. – 34 с.
4. Дегтярева, Е.Т. Агропроизводственная группировка и характеристика почв [Текст] / Е.Т. Дегтярева. – Волгоград : Нижне-Волжское кн. изд-во, 1981. – 160 с.
5. Дымдын, О.С. Сущность бонитировки почвы [Текст] / О.С. Дымдын // Молодой ученый. – 2012. – №1-2. – С. 161-163.
6. Магазинчиков, Т.П. Земельный кадастр [Текст] : учеб. для вузов по спец. «Землеустройство» / Т. П. Магазинчиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Львов : Изд-во при Львов. гос. ун-те, 1987. – 422 с.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
8. Околелова, А.А. Минимизация эксплуатации почвенного покрова [Текст] / А.А. Околелова, Г.С. Егорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2007. – № 2(6). – С. 3-9.
9. Рассыпнов, В.А. Бонитировка почв как основа кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / В.А. Рассыпнов, Е.М. Соврикова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – №11(97). – С. 103-106.
10. Редько, М. В. Бонитировочная оценка почв сельскохозяйственных угодий с учетом их загрязненности тяжелыми металлами (на примере Московской области) [Текст] : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / М.В. Редько. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 28 с.
11. Соболев, С.С. Бонитировка почв [Текст] / С.С. Соболев, И.А. Полянский. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1965. – 414 с.
12. Цховребов, В.С. Бонитировка и качественная оценка почв. Учебно-методическое пособие [Текст] / В.С. Цховребов, В.И. Фаизова, А.Н. Марьин [и др.]; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2011. – 61 с.
13. Черкасов, Г.Н. Основные принципы методики бонитировки почв и бонитировки земель неорошаемой пашни [Текст] / Г.Н. Черкасов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №12. – С. 3-6.

Reference

1. Bulgakov, D. S. Agrojekologicheskaya ocenka pahotnyh pochv [Tekst] / D. S. Bulgakov. - M. : RASXN, 2002. – 251 s.
2. Gavrilyuk, F. Ya. Bonitirovka pochv [Tekst] / F. Ya. Gavrilyuk. – Izd. 2-e, pererab. i dop. Ucheb. posobie dlya vuzov. – M.: “Vysshaya shkola”, 1974. – 272 s.
3. Degtyareva, E. T. Agropiroizvodstvennaya gruppировka i harakteristika pochv Volgograd-skoj oblasti [Tekst] : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstven-nyh nauk / E. T. Degtyareva. – Borovsk; Moskva, 1975. – 34 s.
4. Degtyareva, E. T. Agropiroizvodstvennaya gruppировka i harakteristika pochv [Tekst] / E. T. Degtyareva. – Volgograd : Nizhne-Volzhscoe kn. izd-vo, 1981. – 160 s.
5. Dymdyn, O. S. Suschnost' bonitirovki pochvy [Tekst] / O. S. Dymdyn // Molodoj uchenyj. – 2012. – №1-2. – S. 161-163.
6. Magazinschikov, T. P. Zemel'nyj kadastr [Tekst] : ucheb. dlya vuzov po spec. “Zem-leustrojstvo” / T. P. Magazinschikov. – 2-e izd., pererab. i dop. – L'vov : Izd-vo pri L'vov. gos. un-te, 1987. – 422 s.

7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Tekst] / Pod red. L. M. Derzhavina, D. S. Bulgakova. – M.: FGNU “Rosinformagroteh”, 2003. – 240 s.
8. Okolelova, A. A. Minimizaciya jekspluatscii pochvennogo pokrova [Tekst] / A.A. Okolelova, G. S. Egorova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2007. – № 2(6). – S. 3-9.
9. Rassypnov, V. A. Bonitirovka pochv kak osnova kadaastrovoj ocenki zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Tekst] / V. A. Rassypnov, E. M. Sovrikova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – №11(97). – S. 103-106.
10. Red'ko, M. V. Bonitirovochnaya ocenka pochv sel'skohozyajstvennyh ugodij s uchetom ih zagryaznennosti tyazhelymi metallami (na primere Moskovskoj oblasti) [Tekst] : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk / M. V. Red'ko. – M.: Izd-vo MGU, 2009. – 28 s.
11. Sobolev, S. S. Bonitirovka pochv [Tekst] / S. S. Sobolev, I. A. Polyanskij. – M.: Izd-vo VASXNIL, 1965. – 414 s.
12. Chovrebov, V. S. Bonitirovka i kachestvennaya ocenka pochv. Uchebno-metodicheskoe posobie [Tekst] / V. S. Chovrebov, V. I. Faizova, A. N. Mar'in [i dr.]; Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. - Stavropol': Stavropol'skoe izdatel'stvo “Paragraf”, 2011. – 61 s.
13. Cherkasov, G. N. Osnovnye principy metodiki bonitirovki pochv i bonitirovki zemel' ne-oroshaemoj pashni [Tekst] / G. N. Cherkasov [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. – 2011. – №12. – S. 3-6.

E-mail ivantsova.volgu@mail.ru

УДК 631.674

**СИСТЕМА МЕЛКОСТРУЙЧАТОГО
ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ
SYSTEM OF LOCAL INTRA SOIL IRRIGATION OF LONG-TERM
PLANTINGS IN THE COMBINATION TO AEROSOL MOISTENING**

Н.Н. Дубенок¹, академик РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А.В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наук

N. N. Dubenok¹, A.V.Mayer²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА
имени К.А. Тимирязева» (РГАУ-МСХА), г. Москва

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (Волгоградский филиал)

¹FGBOU IN RGAU - MSHA of K.A.Timiryazev

²FGBN VNIIGIM of A.N.Kostyakova

Применение дождевания и поверхностных способов полива в сочетании с передовыми технологиями при возделывании сельскохозяйственных культур в ряде известных случаев не всегда дает ожидаемые результаты в виде высоких урожаев и повышения плодородия почв. При высоком залегании уровня грунтовых вод при орошении происходит их подъем к дневной поверхности почвы, в этом случае начинается процесс засоления пахотного горизонта. При обильных поливных нормах наблюдается эффект промывки плодородных горизонтов почвы. Вместе с поливным током перемещаются полезные элементы из верхних в более глубокие слои почвы, где они практически недоступны для питания сельскохозяйственных культур. Применение дождевания и поверхностных способов полива на склонах приводит к эрозии почв. Чрезмерное использование ядохимикатов и минеральных удобрений также приводит к заражению и зарастанию водоемов, особенно приемников сборных вод и оросительных систем. В современных условиях остро стоит вопрос охраны

окружающей среды в зонах орошения и на прилегающих к ним территориях. Выходом из сложившейся ситуации в тех регионах, где использование традиционных способов полива связано с определенным риском, является применение ресурсосберегающих технологий орошения сельскохозяйственных культур. В последние годы получают развитие и широкое применение высокотехнологичные системы орошения. К таким системам относятся мелкодисперсное и синхронно-импульсное дождевание, внутрпочвенное, капельное и мелкоструйчатое орошение. Прежде чем приступить к разработке системы орошения локального многофункционального действия, нами проанализированы способы малообъемного орошения, в определение которых входят: внутрпочвенное, мелкоструйчатое, капельное и аэрозольное орошение. Для полной оценки факторов, влияющих на рост и формирование жизненных процессов многолетних насаждений и их корневой системы, учтены условия влияния водообеспеченности на влажность почвы, относительной влажности и температуры воздуха.

The use of sprinkling and surface irrigation in combination with advanced technologies in the cultivation of crops in a number of known cases does not always give the expected results in the form of high yields and an increase in soil fertility. With a high groundwater table, during irrigation, they rise to the surface of the soil, in which case the salinization of the arable horizon begins. With abundant irrigation norms, the effect of washing the fertile soil horizons is observed. Together with the irrigating current, useful elements move from the upper to the deeper layers of the soil, where they are practically not available for feeding crops. The use of sprinkling and surface irrigation on slopes leads to erosion of soils. Excessive use of pesticides and mineral fertilizers also leads to contamination and overgrowing of water bodies, especially collectors and irrigation systems. In modern conditions, the issue of environmental protection in the zones of irrigation and in the adjacent territories is acute. The way out of the situation in those regions where the use of traditional irrigation methods involves a certain risk is the use of resource-saving technologies for irrigation of crops. In recent years, development and widespread use of high-tech irrigation systems have been developed. Such systems include fine-dispersed and synchronous-impulse sprinkling, intrasoil, drip and fine-blast irrigation. Before we start developing an irrigation system for a local multifunctional action, we analyzed the methods of small-volume irrigation, which include: intrasoil, fine-grained, drip and aerosol irrigation. To fully assess the factors influencing the growth and formation of life processes of perennial plantations and their root system, the conditions of influence of water availability on soil moisture, relative humidity and air temperature are taken into account.

Ключевые слова: малообъемные способы орошения, рост и плодоношение, формирование корней, инновационные решения, система орошения, ресурсосбережение, регулирование, микроклимат.

Key words: low-volume irrigation methods, growth and fruiting, root formation, innovative solutions, irrigation system, resource-saving, regulation, microclimate.

Введение. По данным обследований систем капельного орошения (СКО), действующих в США, Израиле, Австралии и других государствах, снижение затрат воды составляет от 30 до 50 %. Экономное расходование оросительной воды обеспечивает высокую эффективность систем: КПД - 0,8...0,95 по сравнению с 0,5...0,6 и 0,7...0,8 при использовании поверхностных и дождевальных систем соответственно.

Медленная подача воды в зону корнеобитания способствует формированию оптимального водно-воздушного режима, поддержанию его на относительно постоянном уровне без периодической смены циклов переувлажнения и высыхания почвы от полива до полива. Все это положительно влияет на рост и развитие многолетних насаждений и сельскохозяйственных культур, позволяя получать при значительной экономии воды большие урожаи, чем при дождевании или поверхностном поливе. При этом наблюдается улучшение качества продукции, более ранние сроки созревания урожая, благоприятные условия уборки благодаря сухим приствольным кругам или междурядьям.

Еще одним важным преимуществом систем локального орошения является создание относительного экологического равновесия участка, которое выражается в восполнении питательных веществ почвы путем внесения минеральных удобрений, растворенных в оросительной воде.

В засушливых регионах России в полуденные часы летом температура воздуха превышает оптимальное значение для фотосинтеза. Сильно замедляется процесс ассимиляции, а при температуре выше 30-35 °С фотосинтез у большинства сельскохозяйственных культур прекращается, вследствие чего усиливается дыхание. В итоге происходит потеря органического вещества и, в конечном счете, части урожая [1, 7].

Если на неорошаемом фоне, по данным В.В. Бородычева, Е.И. Кузнецовой, А.В. Колганова, В.И. Генералова В.И. Тульникова. А.В. Майера [2, 3], мелкодисперсное дождевание снижало температуру воздуха на 1-2 °С, то при комбинированном орошении (МДД на фоне дождевания) температура воздуха и листьев уменьшалась на 3-4 °С, а относительная влажность воздуха повышалась в 1,5 раза.

Известно, что при низкой относительной влажности воздуха даже в условиях оптимальной влажности почвы не всегда удается создать необходимый уровень водного режима растений. Возникновение даже небольшого дефицита воды в органах растений сразу же сказывается на интенсивности и направленности физиолого-биохимических процессов, что замедляет рост и снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Так, основной показатель – суточная норма полива – при мелкодисперсном дождевании зависит от объема разовой нормы увлажнения и количества поливов за сутки. Как указывают многие авторы, средняя за период вегетации растений суточная норма мелкодисперсного дождевания в зависимости от погодных условий находится в пределах 2-7 м³/га [2].

Важнейшим показателем режима мелкодисперсного дождевания является промежуток времени между двумя следующими один за другим увлажнениями, то есть межполивной интервал [3, 9]. В результате исследований, проведенных в различных природно-климатических условиях, установлено, что межполивной интервал зависит от размера разовой нормы увлажнения, конкретной культуры и гидротермических факторов (Adams, 1987; Бурдюгов, Зинковский, 1980; Рассолов, Губер, Горшков, 1980; Михальцевич, Лихацевич, 1980; Грамматикати, Ильяшенко, Бородычев, 1981, 1981; Мацко, 1982; Казаринова, 1983; Черновол, Опалко, 1983; Рассолов, Шахмейстер, 1983; Стельмах, Кузин, 1985; Майер, Бочарников, 2015).

Сравнительная оценка возможности объединения малообъемных способов орошения и фактической продуктивности многолетних насаждений и сельскохозяйственных культур свидетельствует о наличии большого нереализованного резерва. Внутрипочвенный полив – это способ орошения, при котором поливная вода поступает в корнеобитаемый слой почвы из системы орошения к подпочвенным увлажнителям через водовыпуски. При этом обеспечивается равномерность полива, поддерживается влажность корнеобитаемого слоя почвы, сохраняется структура почвы, предотвращается появление на ней корки, снижается расход поливной воды и уменьшаются ее потери на испарение с поверхности почвы, создаются условия для автоматизации всего технологического процесса орошения. По способу подачи воды оросительные системы делятся на вакуумные, или адсорбционные, безнапорные и напорные [10]. В безнапорных системах вода поступает к растениям вследствие капиллярного движения воды, в напорных – в результате создаваемого напора воды.

Системы внутрипочвенного орошения можно применять в степных полупустынных и пустынных зонах, в зонах с крутым рельефом местности, при остром дефиците воды для полива высокорентабельных сельскохозяйственных и многолетних культур.

Система мелкоструйчатого орошения – это целый комплекс различных технологических звеньев, связанных между собой системой трубопроводной сети, последним звеном которой является мелкоструйчатый водовыпуск. Поливная вода в виде тонкой струи подается по гибкой микротрубке к внутрипочвенному гофрированному увлажнителю с перфорацией для водовыпусков оросительной воды, откуда она просачивается в активный корнеобитаемый слой многолетнего насаждения. Каждый внутрипочвенный увлажнитель имеет 15...20 водовыпусков, что естественно сокращает время, затрачиваемое на поливную норму и в конечном итоге приведет к экономии энергетических ресурсов. Поскольку локальный характер увлажнения ограниченного объема почвы исключает расходование воды на смачивание поверхности почвы приствольных кругов и междурядий многолетних насаждений, мы получаем экономию водных ресурсов за счет исключения потери поливной воды на испарение. Все комплектующие элементы гидромелиоративной системы мелкоструйчатого внутрипочвенного орошения монтируются из материалов, выпускаемых отечественной промышленностью.

Материалы и методы. Гидромелиорационная система мелкоструйчатого внутрипочвенного орошения разрабатывалась с использованием методов системного подхода, системотехники, теории проектирования новой техники, теории технических систем.

Методикой для разработки новой орошаемой стационарной техники является теория и практика комплексных мелиораций с использованием «Современного районирования способов орошения агроландшафтов» (2004 г.), выполненных ВНИИГиМ, теории технических систем (Хубка В., 1987 г.), основных положений Федерального закона «О техническом регулировании» (№184-ФЗ от 27.12. 2002, № 45-ФЗ от 09.05.2005, № 65-ФЗ от 01.05.2007, № 309-ФЗ от 01.12. 2007г.), Федеральных регистров базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве России.

Результаты и обсуждение. Исследованиями выявлено, что основным достоинством мелкоструйчатого орошения является энергосбережение, экономное расходование оросительной воды на единицу полученной прибавки урожая от полива. Возможность малого расхода воды заложена в самом принципе мелкоструйчатого полива: в локальной подаче воды в соответствии с оптимальной потребностью культуры в ней. Расход воды при мелкоструйчатом орошении многолетних насаждений на каждый трубчатый водовыпуск может варьировать от 15,0 до 30 л/ч на одно многолетнее насаждение, при водяном давлении в поливных трубопроводах до 0,01 МПа. Внутрипочвенный мелкоструйчатый полив, подающий воду в корневую зону, обеспечивает угнетение сорной растительности и облегчает борьбу с ней. Уменьшение смачиваемой доли увлажняемой площади сохраняет в почве больший запас влаги на более длительный срок, поскольку снижает испарение с почвенной поверхности. Это же предохраняет почву от вторичного засоления ее пахотного горизонта при высоком залегании грунтовых вод.

Влияние условий влагообеспеченности на рост и формирование корневой системы. Роль корневой системы в жизни плодового дерева трудно переоценить. Корни снабжают деревья водой и питательными элементами, служат хранилищем питательных веществ, осуществляют синтез органических соединений. С каждым годом открываются все новые и новые стороны жизнедеятельности корневой системы, устанавливаются взаимосвязи между состоянием надземной части и почвенной средой, намечаются пути регулирования этого важного органа растения.

Фермер осуществляет поливы в зависимости от площади орошаемого участка, в основном по модулям (рисунок 1), когда он может направлять формирование корневой системы закладкой и целесообразным расположением внутрипочвенных увлажнителей,

а также применять разные сроки, нормы и способы полива. Регулярное водообеспечение многолетних насаждений вносит существенные коррективы и в удаляемость корней от штамба многолетнего насаждения. Распространение корней вглубь и в стороны многолетнего насаждения определяет плотность структуры почвогрунта, из которого плодородное дерево берет влагу и элементы питания. Чем равномернее распределены корни у плодородного дерева или ягодника, тем равномернее расходуется влага из него. Основная корневая масса, как правило, сосредоточивается в верхнем плодородном слое почвы, и лишь незначительная часть корней проникает на большую глубину. Установлено также, что корни неравномерно расположены в почве, на разном удалении от штамба дерева. Большая насыщенность корневой массы наблюдается в верхних богатых и более аэрируемых горизонтах [8].

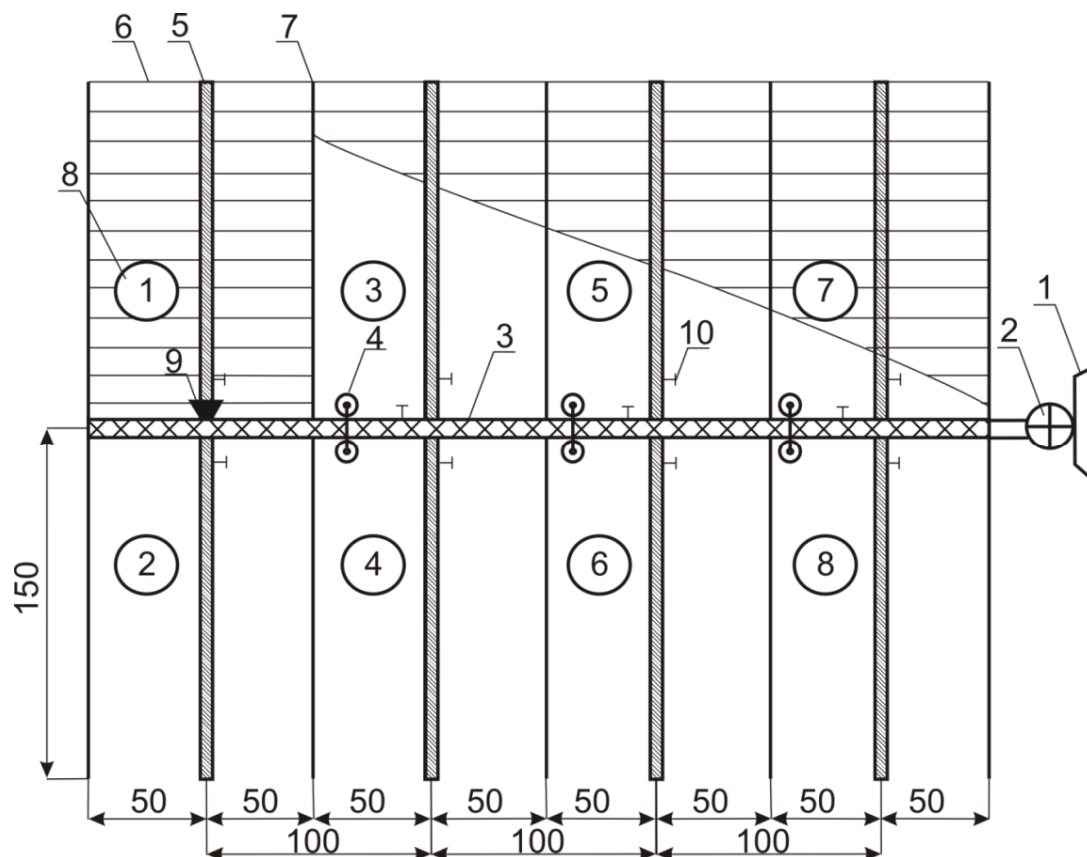


Рисунок 1 – Поливной модуль системы внутрипочвенного и мелкоструйчатого орошения:

- 1 – водоем; 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод; 4 – насос-регулятор;
5 – распределительный трубопровод; 6 – поливной трубопровод; 7 – граница модуля;
8 – номер модуля; 9 – участокный регулятор; 10 – запорная арматура

Установлено, что в молодом саду увлажняемая площадь поверхности почвы может быть уменьшена до 10 %, в то время как в плодоносящем саду она не превышает 30..35 %. При внутрипочвенном мелкоструйчатом орошении практически не наблюдается потерь воды на сток и сброс, которые при поверхностном поливе могут достигать 30...40 % оросительной нормы. Отсутствие поверхностного стока исключает появление ирригационной эрозии почвы, наносящей урон ее плодородию при поверхностном поливе и дождевании. Очень ограничены потери воды на фильтра-

цию ниже корнеобитаемого слоя и на испарение. При внутривпочвенном поливе не происходит сноса воды ветром, что наблюдается при дождевании и составляет от 10 до 20 % оросительной нормы.

Цель объединения двух малообъемных способов орошения – экономия времени, затрачиваемого на поливную норму, а в конечном результате и на оросительную норму за счет большого числа водовыпусков в внутривпочвенных увлажнителях и мелкоструйчатой подачи поливной воды к ним, причем для фильтрации воды достаточно только фильтров грубой очистки (рисунок 2), так как водовыпуски по всей системе имеют диаметр не менее 3 мм. Расход и подачу поливной воды можно регулировать понижением или повышением давления в поливных трубопроводах.

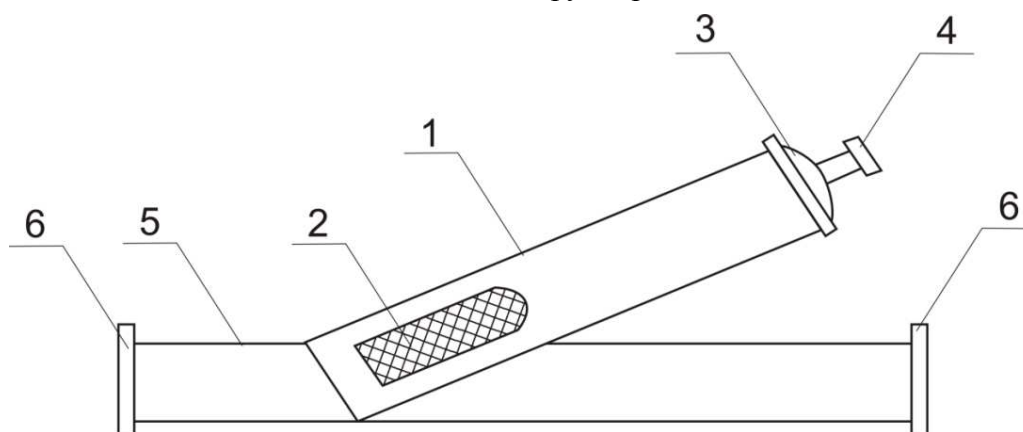


Рисунок 2 – Сетчатый фильтр грубой очистки:

- 1 – корпус фильтра; 2 – фильтрующий элемент; 3 – крышка съемная;
4 – запорное устройство; 5 – водопроводный элемент; 6 – крепежный фланец

Проанализировав два инновационных способа полива, внутривпочвенный и мелкоструйчатый, выявив их достоинства и недостатки, мы пришли к выводу о необходимости объединения этих двух малообъемных способа орошения для создания оптимальных условий жизнедеятельности многолетних насаждений, для сбережения энергетических и водных ресурсов.

При закладке и дальнейшем выращивании многолетних насаждений в систему внутривпочвенного орошения вместо ленточных или вертикальных трубчатых внутривпочвенных увлажнителей нами были установлены гофрированные трубчатые до 25 мм внутривпочвенные увлажнители с перфорацией с шагом 120 мм для водовыпусков. Внутривпочвенные увлажнители расположены по кругу нижнего уровня приствольной посадочной чаши многолетнего насаждения, то есть ниже оси горизонта поверхности почвы на 400...450 мм, и оба конца внутривпочвенного увлажнителя выведены на 100...120 мм выше поверхности почвы. В выведенные на поверхность почвы концы увлажнителей нами были свободно вложены гибкие микротрубки диаметром 3,5 мм мелкоструйчатого орошения на глубину до 200 мм для соединения внутривпочвенных увлажнителей с поливным трубопроводом. Таким образом, нами были объединены два способа орошения: внутривпочвенный и мелкоструйчатый.

Принцип работы системы внутривпочвенного и мелкоструйчатого орошения (рисунок 1) многолетних насаждений заключается в следующем: водозабор осуществляется насосной станцией из открытого или закрытого водоемисточника, затем поливная вода под давлением до 0.02 МПа подается в сетчатый или дисковый фильтр (рисунок 2)

грубой очистки, очищенная вода поступает в магистральный трубопровод и транспортируется к распределительному трубопроводу орошаемого модуля и поступает в поливные трубопроводы, в которые вмонтированы с шагом 4000...5000 мм гибкие микро-трубки, из них поливная вода тонкими струйками подается во внутрипочвенные гофрированные увлажнители с перфорацией для водовыпусков, с шагом перфорации до 150 мм. Таким образом, оросительная вода с перфорированных водовыпусков внутрипочвенных увлажнителей поступает непосредственно в корневую зону выращиваемых многолетних насаждений. Питательный режим осуществляется жидкими удобрениями, при помощи насоса дозатора (рисунок 3).

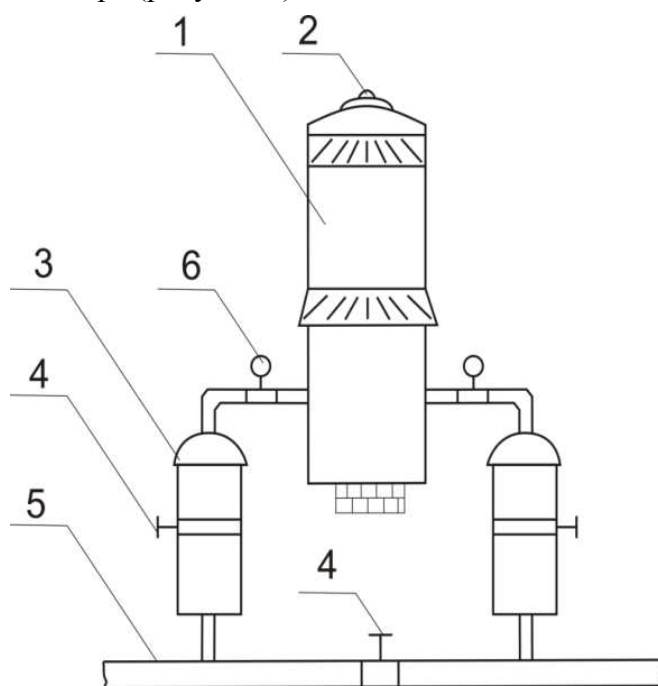


Рисунок 3 – Насос-дозатор:

1 – корпус насоса; 2 – съемная крышка; 3 – ёмкость с раствором;
4 – запорная арматура; 5 – трубопровод; 6 – манометр

Пищевой режим многолетних насаждений при необходимости можно производить органическими и химическими удобрениями, внося их непосредственно в приствольную чашу насаждения с повышением разовой поливной нормы на время подкормки.

Заключение. Своевременное внедрение системы внутрипочвенного мелкоструйчатого орошения позволит фермерским хозяйствам сэкономить водные и энергетические ресурсы, выйти на новый уровень при разработке новых агротехнологий, повысить урожайность многолетних насаждений.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о положительной динамике работы системы внутрипочвенного мелкоструйчатого орошения. В дальнейшем нами будут проведены исследования по разработке системы внутрипочвенного и мелкоструйчатого орошения в сочетании с аэрозольным увлажнением без дополнительной поливной емкости и дополнительного малого водяного насоса, что поспособствует уменьшению энергозатрат, повышению оводненности тканей листового покрова, уменьшит дефицит влаги и снизит депрессию фотосинтеза. Такое сочетание малообъемных способов орошения положительно отразится на фитоклимате возделываемых многолетних культур.

Библиографический список

1. Александров, А.Д. Мелиорация микроклимата [Текст]/ А.Д. Александров // Земля Сибирская дальневосточная. – 1978. – № 4. – С. 28-30.
2. Бородычев, В.В. Опыт мелкодисперсного дождевания сельскохозяйственных культур [Текст] / В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров // Новая техника и технология для предгорных районов аридной зоны: сб. научн. тр. ВНИИГиМ. – М., 1983. – С. 56-58.
3. Бородычев, В.В. Мелкодисперсное дождевание сельскохозяйственных культур в условиях Волгоградской области [Текст]/ В.В. Бородычев, И.Н. Таран / ЦНТИ. – Волгоград, 1981. – № 226. – 3 с.
4. Губер К.В. Создание экологически ориентированных гидромелиоративных систем: итоги и перспективы. [Текст] / К.В. Губер //Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования. – М., 2006. – 281 с.
5. Дубенок, Н.Н. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур [Текст]/ Н.Н. Дубенок, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. – 2018. – С. 9-19.
6. Кузнецов, Ю.В. Новая система капельного орошения [Текст] / Ю.В. Кузнецов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – №4. –С. 6-9.
7. Новая система капельного орошения [Текст] / Р.А. Бальбеков, В.В. Бородычев, А.М. Салдаев, А.В. Дементьев, Ю.В. Кузнецов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 6-9.
8. Система капельного орошения [Текст] : патент Российской Федерации № 2322047. С1. МПК А01G 25/02 (2006.01) / Кизяев Б.М., Салдаев А.М., Майер А.В. и др. // Изобретения. Полезные модели. – 2008. – № 11.
9. Шумаков, Б.Б. Аэрозольное орошение: технология и эффективность [Текст] / Б.Б. Шумаков, В.В. Бородычев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1988. – № 7. – С. 3-8.

Reference

1. Aleksandrov, A. D. Melioraciya mikroklimate [Tekst]/ A. D. Aleksandrov // Zemlya Sibirskaya dal'nevostochnaya. – 1978. – № 4. – S. 28-30.
2. Borodychev, V.V. Opyt melkodispersnogo dozhdevaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] / V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov // Novaya tehnik i tehnologiya dlya predgornyh rajonov aridnoj zony: sb. nauchn. tr. VNIIGiM. – M., 1983. – S. 56-58.
3. Borodychev, V. V. Melkodispersnoe dozhdevanie sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah Volgogradskoj oblasti [Tekst]/ V. V. Borodychev, I. N. Taran / CNTI. – Volgograd, 1981. – № 226. – 3 s.
4. Guber K. V. Sozdanie jekologicheski orientirovannyh gidromeliorativnyh sistem: itogi i perspektivy. [Tekst] / K. V. Guber //Metody i tehnologii kompleksnoj melioracii i jekosistemnogo vodopol'zovaniya. – M., 2006. – 281 s.
5. Dubenok, N. N. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/ N. N. Dubenok, A. V. Majer // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i professional'noe obrazovanie. - 2018. - S. 9-19.
6. Kuznecov, Yu. V. Novaya sistema kapel'nogo orosheniya [Tekst] / Yu. V. Kuznecov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2003. – №4. – S. 6-9.
7. Novaya sistema kapel'nogo orosheniya [Tekst] / R. A. Bal'bekov, V. V. Borodychev, A.M. Saldaev, A. V. Dement'ev, Yu. V. Kuznecov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 2003. – № 4. – S. 6-9.
8. Sistema kapel'nogo orosheniya [Tekst] : patent Rossijskoj Federacii № 2322047. S1. MPK A01G 25/02 (2006.01) / Kizyaev B. M., Saldaev A. M., Majer A. V. i dr. // Izobreteniya. Poleznye modeli. - 2008. - № 11.
9. Shumakov, B. B. A]rozol'noe oroshenie: tehnologiya i jeffektivnost' [Tekst] / B. B. Shumakov, V. V. Borodychev // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 1988. – № 7. – S. 3-8.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

УДК 631.675

**ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЛАДКОГО ПЕРЦА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМ РЕЖИМОМ ПОЧВЫ И СПОСОБОВ ПОЛИВА**
**FORMATION OF SWEET PEPPER YIELD DEPENDING ON THE MANAGEMENT
OF THE WATER MODE OF SOIL AND WATER PROCESSING METHODS****А.С. Овчинников**, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор**О.В. Бочарникова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**В.С. Бочарников**, доктор технических наук, доцент**М.П. Мешчеряков**, кандидат технических наук, доцент**И.А. Несмиянов**, доктор технических наук, доцент**Н.С. Воробьева**, кандидат технических наук, доцент**A.S. Ovchinnikov, O.V. Bocharnikova, V. S. Bocharnikov, M. P. Meshcheryakov,
I.A. Nesmiyanov, N.S. Vorob'eva***Волгоградский государственный аграрный университет**Volgograd State Agricultural University*

В статье изложены материалы по продуктивности овощных культур в условиях открытого грунта. Представлена характеристика поливных режимов посадок сладкого перца и проведен анализ основных показателей продуктивности сладкого перца на опытно-производственном участке. Выбран оптимальный вариант, обеспечивающий наибольшую массу и количество плодов на одном растении с поддержанием режима орошения не ниже 80 % НВ при капельном способе полива.

The article describes the materials of productivity of vegetable crops in open ground. The characteristic of irrigation regimes of sweet pepper planting is presented and the analysis of the main indicators of sweet pepper productivity on the experimental production site is carried out. The best option with the maximum weight and number of fruits on one plant with the maintenance of the irrigation regime of not less than 80% HB with drip irrigation method was chosen.

Ключевые слова: вариант, система капельного орошения, продукция, культура, орошение.

Key words: option, drip irrigation system, products, culture, irrigation.

**Работа выполнена в рамках тематического плана-задания
на выполнение научно-исследовательских работ**

Введение. Один житель России (в среднем за 2014-2017 гг.) потребляет 92 кг овощей в год, при этом Институт питания рекомендует норму не ниже 146 кг, то есть наблюдается дефицит потребления овощей в количестве 54 кг, при том что производство их в зависимости от федерального округа составляет 59-137 кг на одного жителя.

Ценнейшими в рационе человека являются культуры томата и сладкого перца. Из всех овощных культур, производимых в защищенном грунте, второе после огурцов место занимают томаты.

Известно, что вода имеет ключевое значение в формировании и обеспечении жизнедеятельности растений. Вода является растворителем минеральных солей, источником многих питательных веществ, средством транспортировки продукции метаболизма, регулятором давления и температуры.

Недостаток воды в корнеобитаемом слое крайне негативно отражается на количественных и качественных показателях урожайности. Однако переувлажнение как почвы, так и воздуха также оказывает отрицательное влияние на эти факторы [2, 6, 7, 8].

Существует связь между влагообеспеченностью растений и ее поглощением, транспирацией и факторами внешней среды, которые воздействуют на эти процессы [1, 5, 9, 3].

Материалы и методы. Засушливые условия Волгоградской области делают орошение одним из основных регулирующих факторов, определяющих величину урожайности овощных культур. Особенности строения корневой системы томатов и сладкого перца позволяют отнести их к засухоустойчивым культурам, однако без оптимального удовлетворения потребности этих растений в воде невозможно добиться высоких стабильных урожаев [4].

Наиболее важный вопрос, связанный с исследованием режимов орошения, заключается в определении оптимальных предполивных (нижних) порогов влажности корнеобитаемого слоя почвы, обеспечивающих получение значительных урожаев при минимизации расхода поливной воды на единицу производимой продукции [2, 7, 8].

В 2015 году при изучении варианта обеспечения предполивной влажности не ниже 90 % НВ было проведено 36 внутрипочвенных поливов при норме $125 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 3 часа, а также 37 капельных поливов при норме $115 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 4,3 часа.

Предполивная влажность 80 % НВ поддерживалась путем проведения 14 внутрипочвенных поливов при норме $270 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 6,6 часа за период вегетации, а также 15 капельных поливов при норме $255 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 9,6 часа. На варианте с мульчированием было проведено 13-14 поливов.

Предполивная влажность почвы на уровне 70 % НВ обеспечивалась 10 внутрипочвенных и капельных поливов нормой $365 \text{ м}^3/\text{га}$ $345 \text{ м}^3/\text{га}$, продолжительностью 8,9 и 12,9 часа соответственно.

В 2016 году при изучении варианта обеспечения предполивной влажности не ниже 90 % НВ было проведено 34 внутрипочвенных полива при норме $125 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 3 часа, а также 35 капельных поливов при норме $115 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 4,3 часа.

Предполивная влажность 80 % НВ поддерживалась путем проведения 13 внутрипочвенных поливов при норме $270 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 6,6 часа за период вегетации, а также 14 капельных поливов при норме $255 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 9,6 часа. На варианте с мульчированием было проведено 12-13 поливов.

В 2017 году предполивная влажность 90 % НВ поддерживалась путем проведения 38 внутрипочвенных поливов при норме $125 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 6,6 часа за период вегетации, а также 37 капельных поливов при норме $115 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 9,6 часа.

Предполивная влажность 80 % НВ поддерживалась путем проведения 15 внутрипочвенных поливов при норме $270 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 6,6 часа за период вегетации, а также 16 капельных поливов при норме $255 \text{ м}^3/\text{га}$ и продолжительности 9,6 часа. На варианте с мульчированием было проведено 14-15 поливов.

Результаты и обсуждение. Вариант обеспечения влажности почвы 70 % НВ перед поливом поддерживался 11 внутрипочвенными и капельными поливами нормами $365 \text{ м}^3/\text{га}$ и $345 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно.

Таблица 1 – Варианты поливного режима сладкого перца в зависимости от способа полива

Предполагаемая влажность почвы, % НВ	Период исследований	Время полива, час		Величина поливной нормы, м ³ /га		Число поливов, ед.		Количество часов за вегетацию				Величина оросительной нормы, м ³ /га			
		Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение	Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение	Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение	Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение	Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение	Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение	Внутрипочвенное орошение	Капельное орошение
70	2015	8,9	12,9	365	345	10	---	89,0	---	---	---	3650	---	3450	---
	2016	8,9	12,9	365	345	9	---	80,1	---	---	---	3285	---	3105	---
	2017	8,9	12,9	365	345	11	---	97,9	---	---	---	4015	---	3795	---
	Среднее	8,9	12,9	365	345	10	---	89,0	---	---	---	3650	---	3450	---
80	2015	6,6	9,6	270	255	14	13	92,4	85,8	144,0	134,4	3780	3510	3825	3570
	2016	6,6	9,6	270	255	13	12	85,8	79,2	134,4	124,8	3510	3240	3570	3315
	2017	6,6	9,6	270	255	15	14	99,0	92,4	153,6	144,0	4050	3780	4080	3825
90	Среднее	6,6	9,6	270	255	14	13	92,4	85,8	144,0	134,4	3780	3510	3825	3570
	2015	3	4,3	125	115	36	---	108	---	159,1	---	4500	---	4255	---
	2016	3	4,3	125	115	34	---	102	---	150,5	---	4250	---	4025	---
	2017	3	4,3	125	115	38	---	114	---	159,1	---	4750	---	4255	---
	Среднее	3	4,3	125	115	36	---	108	---	154,8	---	4500	---	4140	---

Выбранная схема посадки сладкого перца сорта Белозерка составляла 50×25 см при использовании внутрипочвенного способа полива и 90+30×25 см при капельном орошении.

Анализ основных показателей продуктивности сладкого перца свидетельствует о том, что на улучшение водного режима почвы путем орошения оказывает положительное влияние на урожайность.

Повышение предполивного порога влажности почвы с 70 % до 90 % НВ обеспечивает рост числа плодов на одном растении с 5,3 до 6,7 шт. в зависимости от способа полива. Величина массы плодов на одном растении изменяется в пределах 0,68-0,83 кг при внутрипочвенном орошении и 0,77-0,93 кг при капельном. Величина массы одного плода находилась в пределах 0,114-0,133 кг (внутрипочвенный полив) и 0,124-0,140 кг (капельный полив).

Наилучшие результаты – 6 плодов на одном растении, массой одного плода 0,133 кг и общей массой 0,83 кг – на варианте использования внутрипочвенного способа полива и 7 плодов на одном растении, массой одного плода 0,140 кг и общей массой 0,93 кг на варианте капельного полива, то есть наибольшая продуктивность растений сладкого перца получена при поддержании предполивного порога влажности почвы на уровне 80 % НВ при внутрипочвенном орошении и при капельном орошении.

Максимальное значение урожайности сладкого перца 60,1 т/га с использованием внутрипочвенного и 66,7 т/га с использованием капельного полива в среднем за годы исследований, получено на варианте 80 % НВ, что выше показателей режима орошения 70 % НВ на 22,1-19,9 %.

Заключение. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наилучший вариант при наибольшем количестве плодов на одном растении и их наибольшей массе, то есть и максимальным объемом выхода товарной продукции - это поддержание режима орошения не ниже 80% НВ с использованием капельного способа полива.

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. – М: ФГОУ ВПО МГУП, 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. Закономерности формирования урожая томатов при капельном орошении [Текст] / А.С. Овчинников, И.И. Азарьева, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова // Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации: сборник научных докладов IV Международной конференции / ВНИИ «Радуга». – Коломна: Инлайт, 2012. – С. 87-89.
4. Интенсивные технологии полива овощей [Текст] / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова // Сельский механизатор. – 2014. – № 9. – С. 18-19.
5. Майер, А.В. Регулирование фитолимата системой комбинированного орошения при возделывании овощных культур [Текст] / А.В. Майер, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №1 (25). – С. 53-58.

6. Майер, А.В. Технические средства и технология комбинированного орошения сельскохозяйственных культур [Текст] / А.В. Майер, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №2 (26). – С. 200-207.

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.: Издательство «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук», 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 VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Алтайского ГАУ. – Барнаул: РИО АГАУ, 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.

Reference

1. Bocharnikov, V.S. Vodosberegayushchie 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 Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika vysshego gidrotehnicheskogo i meliorativnogo obrazovaniya v Rossii V.V. Podareva. – M: FGOU VPO MGUP, 2012. – S. 103-108.

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

3. Zakonomernosti formirovaniya urozhaya tomatov pri kapel'nom oroshenii [Tekst] / A.S. Ovchinnikov, I.I. Azar'eva, V.S. Bocharnikov, M.P. Mescheryakov, O.V. Bocharnikova // Innovacionnye tehnologii i jekologicheskaya bezopasnost' v melioracii: sbornik nauchnyh dokladov IV Mezhdunarodnoj konferencii / VNII “Raduga”. – Kolomna: Inlajt, 2012. – S. 87-89.

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

5. Majer, A.V. Regulirovanie fitoklimata sistemoy kombinirovannogo orosheniya pri vzdelyvanii ovoschnyh kul'tur [Tekst] / A.V. Majer, V.S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – №1 (25). – S. 53-58.

6. Majer, A.V. Tehnicheskie sredstva i tehnologiya kombinirovannogo orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] / A.V. Majer, V.S. Bocharnikov, O.V. Bocharnikova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – №2 (26). – S. 200-207.

7. Mescheryakov, M.P. Ocenka tehnicheskoy jkspluatatsii 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: Izdatel'stvo “Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk”, 2013. – S. 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 VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschjionnoj 70-letiyu Altajskogo GAU. - Barnaul: RIO AGAU, 2013. - Kn.2. - S. 142-144.

9. Mescheryakov, M.P. Jekspluatatsiya peredovyh sistem orosheniya pri vozdelyvanii 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. – S. 84-87.

E-mail: makc-sln@yandex.ru

УДК: 635.21:633.491:631.671.1:631.559.2

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ «ПОТАТО»

DEVELOPMENT OF THE DYNAMIC MODEL FOR FORMING THE YIELD «POTATO»

А.А. Бубер¹, аспирант

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

A.A. Buber¹, V.V. Borodychev²

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», Москва

²Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (Волгоградский филиал)

¹FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow

²FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»

В статье представлена разработка динамической модели формирования урожая раннего картофеля «ПОТАТО» для условий Нижнего Поволжья. На основе трехлетнего опыта (2015-2017 гг.) был сформирован ряд экспериментальных данных, на основе которых были определены биологические и агроклиматические зависимости для определения урожайности раннего картофеля, управления водным режимом и оценки потребности растения в воде. Динамическая модель может быть применена для разных климатических условий и фитоценозов.

The article presents the development of a dynamic model of early potato crop formation for the conditions of the Nizhneye Povolzh'ye region. On the basis of three years of experience (2015-2017), a number of experimental data were formed, on the basis of which biological and agro-climatic dependences were determined to determine the yield of early potatoes, control the water regime and assess the plant's need for water. The dynamic model can be applied to different climatic conditions and phytocenoses.

Ключевые слова: динамическое моделирование урожая, испарение, эвапотранспирация, ранний картофель, «Импала», Нижнее Поволжье.

Key words: dynamic crop modeling, evaporation, evapotranspiration, early Impala potatoes, the Nizhneye Povolzh'ye region.

Введение. В рамках Доктрины о продовольственной безопасности России, направленной на обеспечение населения продуктами питания и развитие агропромышленного комплекса, остро стоит вопрос получения стабильно высоких урожаев раннего картофеля при минимизации затрат на единицу продукции, в связи с чем возникает

необходимость в повышении урожайности продукции без увеличения ее себестоимости. Получение высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур – не исчерпывающая себя проблема, над решением которой работают ученые разных специальностей и практики сельского хозяйства.

Урожайность сельскохозяйственных культур напрямую зависит от условий их выращивания в течение вегетационного периода. Реакции на внешние факторы и потребности растений на различных этапах развития существенно отличаются друг от друга и зависят от того биологического процесса, который является главным в формировании фотосинтетического потенциала и хозяйственно-полезного органа растения. В этой связи алгоритм расчета продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо представлять по фазам развития растения. Моделирование гидротермического режима по фазам развития растения может быть полезным инструментом в управлении водным режимом и оценке потребности растения в воде, но также может использоваться для прогнозирования урожайности.

В современной научной литературе широко освещены вопросы физиологии и технологии выращивания картофеля, что обеспечивает поиск и подбор необходимых соотношений и функций для математического описания влияния факторов среды на продукционный процесс (фотосинтез, дыхание, переток веществ, продолжительность фенологических фаз, органогенеза и др.).

При динамическом моделировании формирования урожая сельскохозяйственной культуры, как правило, в описании участвуют категории, отражающие на качественном или количественном уровне влияние природных и технологических факторов на продуктивность растений путем выявления закономерностей и механизмов развития фитоценозов.

На рисунке 1 представлена блок-схема динамической модели формирования урожая картофеля «РОТАТО», построенная по традиционным структурным описаниям [13, 14].

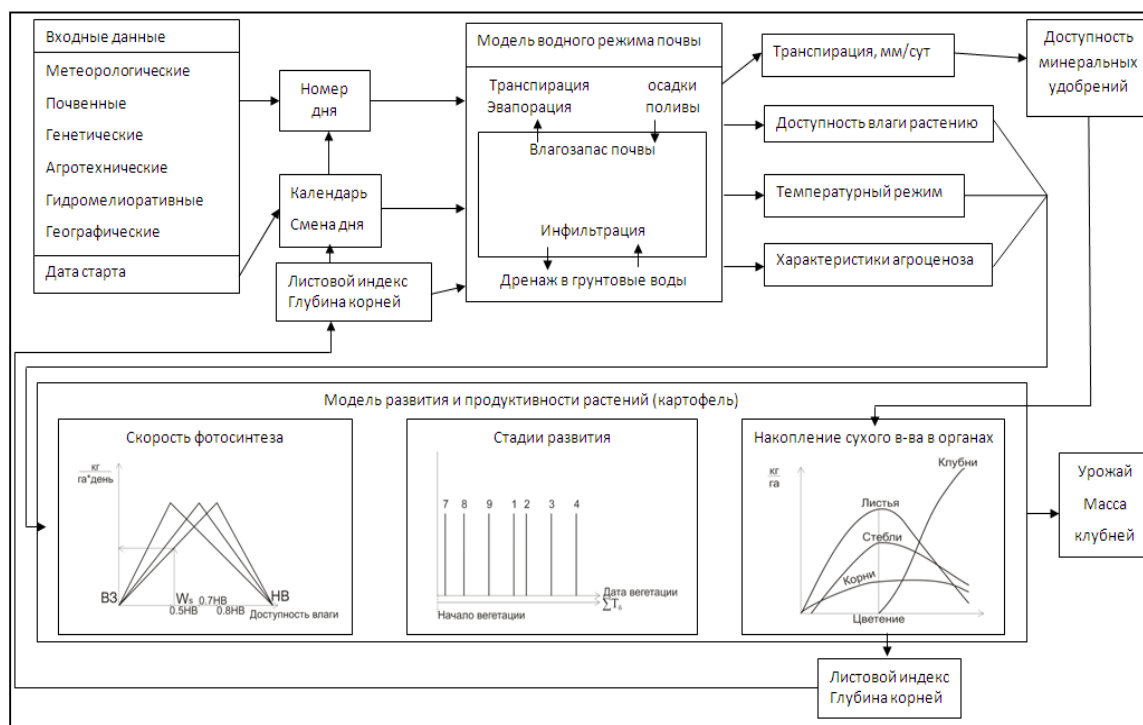


Рисунок 1 – Интегральная блок-схема модели формирования урожая, включающая блок водного баланса почвы и продукционного процесса картофеля

Динамическая модель включает:

- ввод исходных агрометеорологических данных (число часов солнечного сияния, максимальная, минимальная температура и влажность воздуха, осадки), почвенных характеристик (наименьшая влагоемкость, влажность завядания, максимальная гигроскопичность, альbedo почвы и посева), агротехнических приемов (доза минеральных удобрений, сроки сева, уборки урожая, поливов, поливных норм) и начальных условий (влажность почвы на дату посадки или начало вегетационного периода), а также опций для конкретных вариантов расчета (с орошением, без орошения, с указанием способов полива, поливных норм, дат и др.);
- астрономический субблок (максимальная расчетная приходящая солнечная радиация, рассеянная радиация, продолжительность световой части суток);
- субблок «Эвапотранспирация» (потенциальная испаряемость, потенциальное испарение с поверхности почвы, испарение с поверхности почвы и растений, водный баланс почвы, влажность в корневой зоне, критическая влажность посева);
- биологический блок (фотосинтез, дыхание, распределение ассимилянтов по органам, расчет урожайности).

Материалы и методы. Для разработки динамической модели формирования урожая орошаемого посева картофеля были накоплены экспериментальные данные многофакторного полевого опыта, агроклиматические данные за вегетацию 2015-2017 гг. и определены водно-физические характеристики почвы, которые в совокупности позволяют выполнить идентификацию биологических параметров модели и провести верификацию её программной реализации.

Экспериментальные исследования выполнялись в сухостепной зоне на светло-каштановых почвах Волгоградской области, в крестьянско-фермерском хозяйстве «Выборнов В.Д.» Ленинского района. В опытах изучались два способа полива раннего картофеля – капельный и комбинированный (капельный полив + мелкодисперсное дождевание) при трех уровнях поддержания влажности почвы и трёх уровнях внесения минеральных удобрений под планируемую урожайность на 40, 50 и 60 т/га. В качестве посадочного материала был использован высокоинтенсивный и районированный сорт картофеля – «Импала». При всех вариантах экспериментов, в которых применялось рендомизированное размещение делянок полевых опытов, рельеф, почвенные и гидрологические условия всех опытных участков были достаточно однородными. Требования репрезентативности и однородности почвенного покрова были соблюдены в соответствии с существующими методиками постановки полевого опыта [2].

Результаты и обсуждение. В последние годы в агроклиматических зонах Волгоградской области регистрируется увеличение продолжительности засушливого периода и повышение значений максимальной суточной температуры воздуха в период вегетации, что приводит к потребности в разработке инструментария для оперативной корректировки технологий выращивания сельскохозяйственных культур в зависимости от реальной погодной ситуации и наличия производственных ресурсов. Одним из вариантов решения данной проблемы является применение динамических моделей роста растения, позволяющих посуточно анализировать процессы роста и развития растений, оценивать влияние водного и теплового режимов на их продукционный процесс и управлять ими с помощью контролируемых факторов. Эти модели также можно использовать для предупреждения переувлажнения посевов и воздушной засухи, повышения эффективности водопользования в орошаемом земледелии.

В зависимости от посуточной и почасовой входной информации (температура, осадки, влажность воздуха, солнечная радиация, скорость ветра) динамическая модель позволяет рассчитать суточные значения эвапотранспирации, с необходимой точностью

оценить влагозапас и влажность почвы в зоне расположения корней и в зависимости от этого назначить полив. Используя прогнозные данные погодных условий или сценарные варианты метеорологических данных на весь вегетационный период, в зависимости от фазы вегетации растений и его актуального состояния, с помощью модели можно установить влияние конкретного планируемого полива на урожайность, исходя из чего оценивать эффективность его проведения и, как следствие, возможность оптимизации орошения.

Параметры, входящие в формулы модели, основанной на подходе к формированию потенциального урожая, разработанном Х.Г. Тоомингом [5, 6], определялись по данным полевого опыта 2015-2017 гг., литературных источников и путем подбора при постановке численных экспериментов на модели. Использование значительного количества полуэмпирических и эмпирических формул и уравнений, полученных различными авторами, приводит к необходимости предоставления входной информации в пригодном виде для многовариантных прогонов блоков модели, использующих выбранные формулы, соотношения или искомые параметры.

К примеру, для формирования прогнозных характеристик погодных условий в модель введен астрономический блок. В этом блоке в зависимости от географической широты положения производственного участка рассчитывается величина максимальной радиации в ясный день; продолжительность световой части суток, получаемая в зависимости от номера дня по Юлианскому календарю; приходящая солнечная радиация, рассчитываемая по данным гелиографа или облачности (рисунок 2) [8].

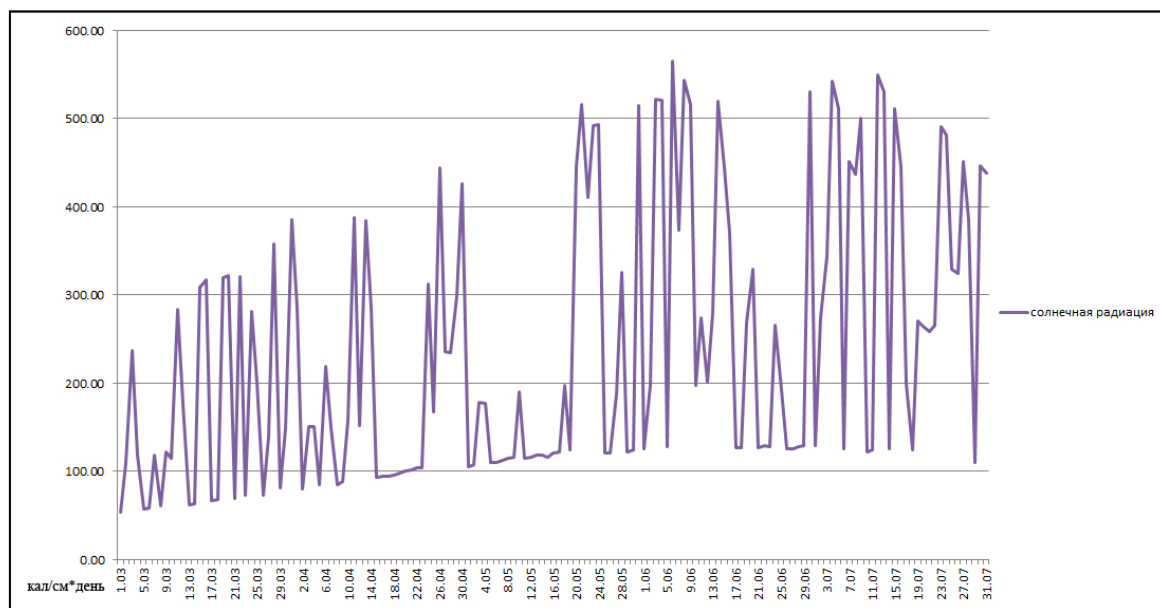


Рисунок 2 – Приходящая солнечная радиация по данным 2015 г.

Эвапотранспирация. Центральное место в модели занимает расчет водного баланса почвы орошаемого участка, используемого для выращивания раннего картофеля. В модели рассматривается поток влаги с поверхности почвы (эвапорация) и с надземной части растений (транспирация) в атмосферу; учитывается возможный поверхностный и инфильтрационный стоки. В динамической модели «ПОТАТО» имитируется развивающийся посев от фазы «посадка» до фазы «техническая спелость клубней», его орошение с помощью капельной линии и мелкодисперсного дождевания в зависимости от влажности почвы в прикорневой зоне и напряженности метеорологических условий, оцениваемых по температуре воздуха и испаряемости. Модель позволяет анализировать развитие посева и формирова-

ние урожая в ситуациях, когда продукционный процесс может лимитироваться почвенным запасом влаги и питательных веществ, структурными компонентами куста картофеля (площадь листьев, глубина корней и др.) и погодными условиями.

В основу расчета эвапорации и транспирации положена величина потенциального испарения, рассчитанная по формуле Penman [12]. Учитывая особенности технологии полива (капельное орошение, мелкодисперсное дождевание и комбинированное орошение: капельное + мелкодисперсное дождевание), для расчета эвапорации и транспирации развивающегося фитоценоза нами выбран алгоритм Ritchie [15] из соображений привязки расчетов водного обмена верхнего слоя почвы к технике полива (капельное орошение).

Согласно алгоритму, после посадки, на первых этапах развития посева, испарение с поверхности почвы лимитируется поглощенной почвой энергией солнечной радиации (чистая радиация). По мере подсыхания верхнего слоя почвы эвапорация становится более зависимой от гидравлических свойств верхнего слоя почвы, лимитирующего приток влаги с поверхности почвы в соответствии с закономерностью, описанной в работе Black [9]. С появлением всходов, по мере увеличения площади листовой поверхности альbedo посева изменяется и, кроме того, происходит затенение поверхности почвы листьями от падения на нее прямой солнечной радиации. Для учета этих изменений в интенсивности эвапорации в расчет потенциального испарения с поверхности почвы вводится поправка, учитывающая изменение альbedo, а также поток прямой солнечной радиации, снижающийся вместе с затенением, оцениваемой величиной проективного покрытия почвы надземной частью куста. Использование схемы расчета эвапорации в виде двухфазового процесса позволяет при расчете заполнения профиля почвы поливной водой с помощью капельниц отделить верхний, подсушенный практически до максимальной гигроскопичности слой от нижнего, заполненного вплоть до уровня наименьшей влагоемкости или иной, заданной влажности, в том числе и нижележащих корнеобитаемых слоев почвы.

На рисунке 3 представлена динамика эвапотранспирации картофельного поля при поддержании постоянной влажности почвы в корневой зоне на уровне 0,8 от НВ, рассчитанная по агрометеорологическим данным за 2015 год.

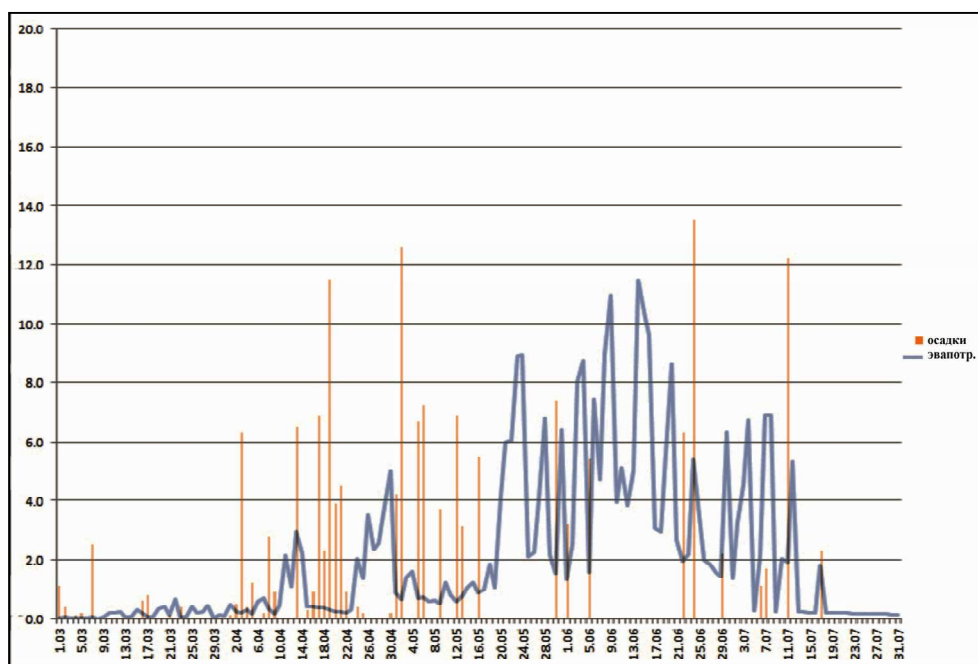


Рисунок 3 – Расчетная эвапотранспирация по данным 2015 года.

По оси ординат испарение и осадки в мм

При назначении мелкодисперсного дождевания величина потенциального испарения, используемая в расчетах эвапорации и транспирации, снижается на величину распыленной по площади воды, рассчитанную в мм на единицу площади. По такому же принципу в алгоритме Ritchie учитываются осадки, выпадающие в малых количествах (1-3 мм).

Лимитирование ростовых процессов: фотосинтеза, прироста площади листьев, накопления биомассы органов растений, а также транспирации при дефиците почвенной влаги, – реализуется с помощью отдельной функции, характеризующей водный статус растения. Одним из параметров данной функции является «критическая влажность почвы», оцениваемая по величине потенциального испарения в соответствии с уравнением Будаговского и Санояна [1, 4], второй параметр – актуальная влажность слоя почвы, занятого корнями растений.

Фотосинтез. В динамических моделях формирования урожая в функции фотосинтеза посева учитываются его основные факторы, такие как поглощенная посевом фотосинтетически активная радиация (ФАР), температура приземного слоя воздуха, водный статус и уровень минерального питания. В общем виде зависимость представляется [6]:

$$P = f(R_{SUN}(I), L_{ai}, T, W_s, m_{N,P,K})$$

где P – интенсивность фотосинтеза, г/сут; $R_{SUN}(I)$ – приходящая ФАР, кал/м²/сут. L_{ai} – индекс листовой поверхности, м²/м², T – температура, С°, W_s – показатель водного статуса, $m_{N,P,K}$ – показатель минерального питания.

Величина поглощенной за сутки ФАР в углеводном эквиваленте зависит от величины листового индекса посева. Используя экспоненциальный закон поглощения листьями ФАР, согласно [5], выразим:

$$Q_{\Pi} = Q * (1 - \exp[-L_{ai}]),$$

где Q_{Π} – ФАР, доходящая до поверхности почвы под растительным покровом, Q – плотность потока ФАР, L_{ai} – индекс листовой поверхности.

После внесения коэффициентов, учитывающих взаимное затенение листьев, данную формулу можно распространить в широком диапазоне листового индекса фитоценоза для суммарного потока прямой и рассеянной радиации. По такому принципу построена формула Kanemasu [10], для использования которой необходим подбор коэффициентов по экспериментальным данным скорости нарастания биомассы в зависимости от листового индекса с учетом структуры посева и сорта культуры. Суточный фотосинтез по Kanemasu представим в виде:

$$P = A_K \gamma(I) (1 - a_K * \exp(-b_K * L_{ai}(I)),$$

где $\gamma(I)$ – поглощенная за сутки радиация; A_K , a_K , b_K – эмпирические коэффициенты, изменяющие значение в зависимости от нарастающей площади листовой поверхности L_{ai} , приводящей к существенному взаимному затенению листьев; L_{ai} – индекс листовой поверхности.

В формулу Kanemasu влияние температуры и водного фактора включено в виде сомножителей функциональных зависимостей от температуры воздуха внутри посева и водного статуса растений.

В модели также учитывается интенсивность дыхания по органам растений. Согласно концепции McCree [11], дыхание роста и поддержание структуры растений рассчитывается отдельно. Коэффициенты, характеризующие затраты на дыхание отдельных органов растения, взяты из работ Л. Грушка и И. Зуста [7].

Ростовые функции. Формирование фитоценоза 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 послужили описания воздействий широкого диапазона температур воздуха и почвы на рост и адаптивные функции картофеля, сделанные Коровиным [3] на основе многолетних экспериментальных исследований.

По описанному Коровиным влиянию экстремальных температур на формирование урожая картофеля построена тепловая функция, представленная на рисунке 4, которая позволяет рассчитать биологически активные температуры за фазы вегетации (посадка – всходы, всходы – начало бутонизации, начало бутонизации – полное цветение, цветение – окончание роста ботвы, окончание роста ботвы – техническая спелость клубней).

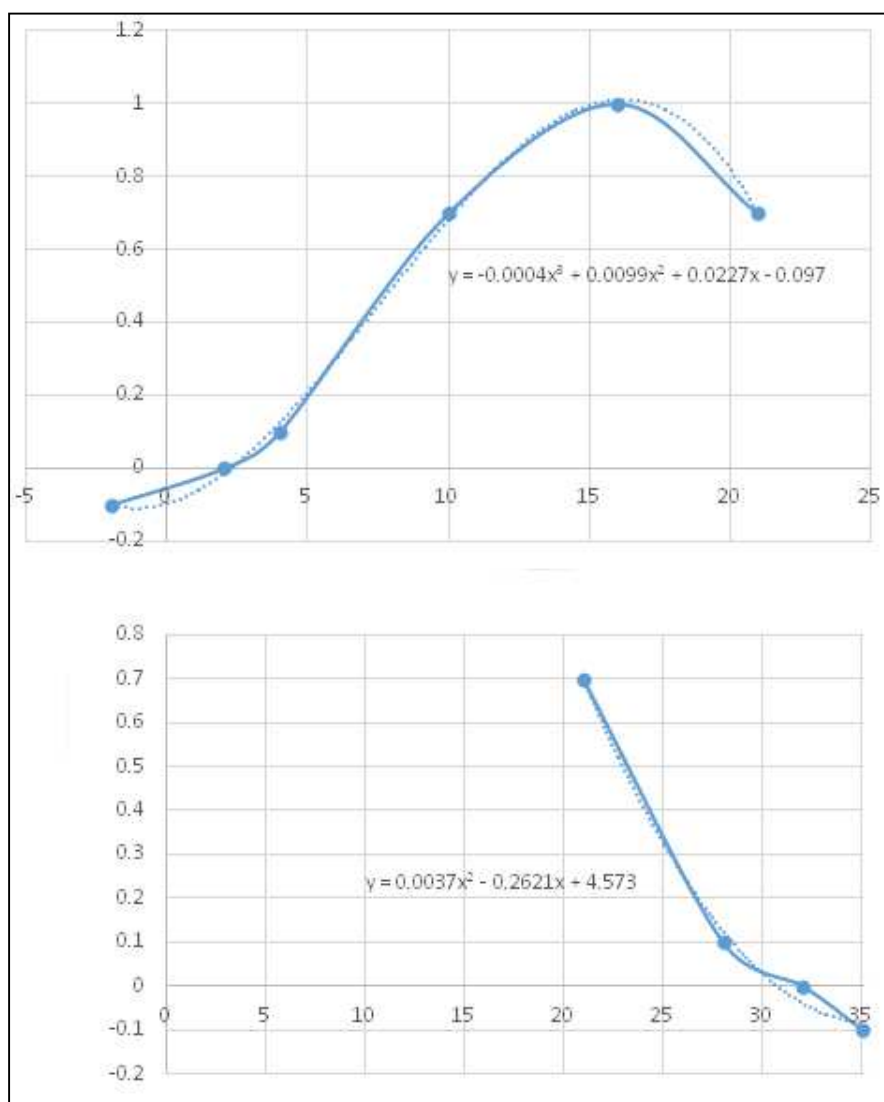


Рисунок 4 – Тепловая функция

$$F_T(i) = \frac{1}{8} * \sum_{\tau=1}^8 \begin{cases} -0,0004T^3 + 0,0099T^2 + 0,0227T - 0,097 & \text{при } -2 < T < 21 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 0,0037T^2 - 0,2621T + 4,573 & \text{при } 21 \leq T < 46 \text{ } ^\circ\text{C} \end{cases}$$

Корректирующие поправки на значения ростовых функций по органам растений вводятся согласно закону Либиха; оценивается отклонение от оптимума отдельно по каждому фактору с помощью гиперболической функции, и затем выбирается лимитирующий фактор.

Согласно тепловой функции, представленной на рисунке 3, были рассчитаны суммы биоклиматических температур (таблицы 1-3) для фаз вегетации от посадки до технической спелости клубней за 2015-2017 гг., анализируя которые можно сказать, что получены адекватные данные ростовых функций на капельном орошении и мелкодисперсном дождевании.

Таблица 1 – Сумма биоклиматических температур воздуха и почвы (слоя 10 см) при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании по данным 2015 года

Продолжительность межфазных периодов, дни (кап/МДД)	18/18	22/22	9/10	22/25	19/23	Итого
Капельное орошение	9,5	15,43	6,5	15,44	12,42	59,29
МДД	9,5	15,43	7,85	19,26	17,73	69,77
Капельное орошение-почва	9,97	17,67	4,87	11,39	7,83	51,73
МДД-почва	9,97	17,68	6,18	14,41	12,95	61,19

Таблица 2 – Сумма биоклиматических температур воздуха и почвы (слоя 10 см) при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании по данным 2016 года

Продолжительность межфазных периодов, дни (кап/МДД)	16/16	22/23	10/10	23/25	19/22	Итого
Капельное орошение	10,11	15,93	8,812	16,36	13,43	64,64
МДД	10,11	16,71	8,99	18,97	16,77	71,55
Капельное орошение-почва	11,58	18,19	8,18	14,22	8,9	61,07
МДД-почва	11,58	19,04	8,25	16,25	11,4	66,52

Таблица 3 – Сумма биоклиматических температур воздуха и почвы (слоя 10 см) при капельном орошении и мелкодисперсном дождевании по данным 2017 года

Продолжительность межфазных периодов, дни (кап/МДД)	18/18	21/23	11/11	23/25	19/22	Итого
Капельное орошение	9,8	15,3	8,5	17,78	12,83	64,21
МДД	9,8	16,5	8,87	19,79	18,77	73,73
Капельное орошение-почва	10,74	16,48	9,76	16,73	9,59	63,30
МДД-почва	10,74	18,08	9,74	18,35	13,54	70,45

Учет влияния минерального питания в модели производится по повышению значения КПД поглощения ФАР путем введения поправки на коэффициент эффективности A_K . Обеспечение растения минеральными веществами оценивается по дозе вносимых удобрений и интенсивности водного обмена растений.

При расчете воздействия температурного фактора на процессы онтогенеза используется функция усредненного хода температур приземного слоя воздуха и почвы с трехчасовым интервалом, по которой вычисляется сумма накопленных биологически активных температур. Экспериментальные наблюдения за развитием посевов на опытных участках с применением различных способов полива в различные годы (2015-2017 гг.) позволили рассчитать продолжительность фаз развития культуры в терминах накопленной биологически активной температуры, что свидетельствует об удовлетворительной оценке использования данного критерия для прогнозирования фаз при тех

или иных погодных условиях и режимах орошения. Эта шкала накопления физиологически активных температур использовалась нами для расчета распределения ассимилянтов по органам растения и накопления биомассы листьев, стеблей, корней и клубней. То есть коэффициенты ростовых функций представляются в табличном виде в зависимости от суммы накопленной физиологически активной температуры. Динамика накопления сухого вещества у раннеспелых сортов картофеля взята по графикам Raеuber [13] и скорректирована по экспериментальным данным в зависимости от локальных условий отдельных вариантов опыта (богара, капельное орошение, мелкодисперсное дождевание).

При расчете урожайности учитывается, с одной стороны, накопленная биомасса клубней и, с другой стороны, оценка продолжительности прохождения различных фаз развития растений в сопоставлении фактического времени с биологическим (таблица 1-3). Приведенные суммы биологически активных температур различных фенологических фаз вегетации культуры имеют по годам близкие значения и, следовательно, могут быть использованы для прогнозирования времени наступления той или иной фазы в зависимости от ожидаемой агрометеорологической ситуации. В динамической модели текущая сумма биологически активных температур используется в качестве шкалы биологического времени для ростовых функций распределения сухого вещества по органам растения.

При статистическом анализе с использованием регрессионных соотношений на основе данных по накопленной биомассе по органам растений и продолжительности периодов развития в терминах накопленных сумм биологически активных температур представляется возможным идентифицировать эмпирические зависимости фенологических и морфологических показателей единичного куста по числу клубней и стеблей и весу отдельного клубня. Эти поправки позволяют скорректировать урожайность, рассчитанную по накопленной биомассе, и дать оценку качеству продукции, таких как размер и вес клубней.

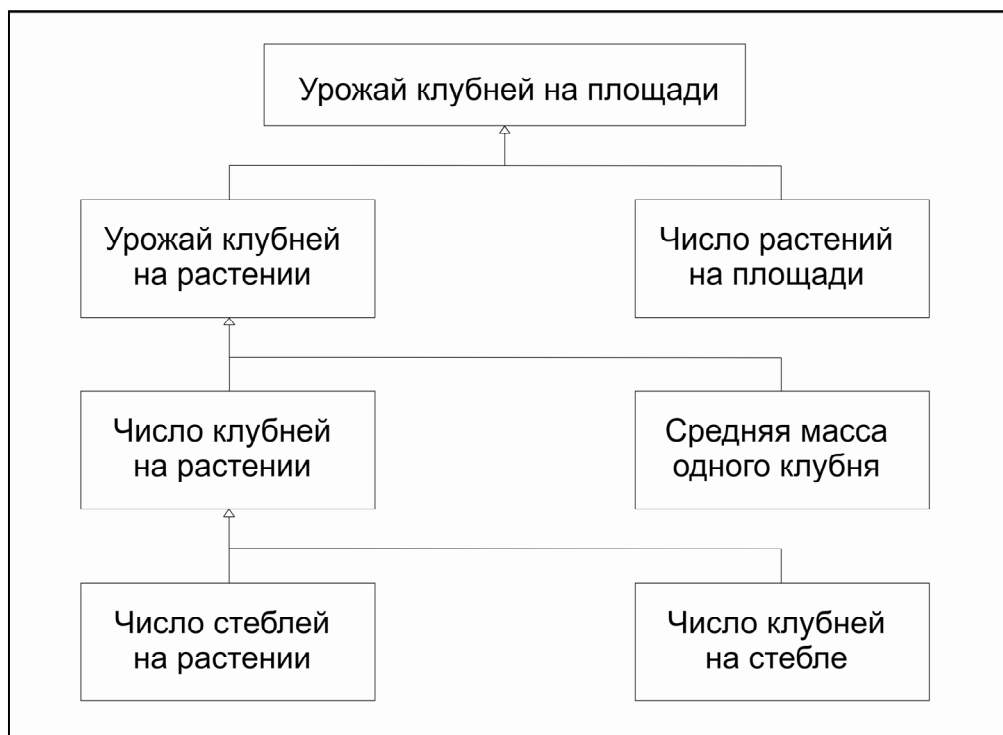


Рисунок 5 – Схема формирования урожая

Структурные и функциональные составляющие продуктивности формируются последовательно в течение всего вегетационного периода растения. Первый компонент – число растений на данной площади, которое зависит от нормы посадки и от всхожести. Из клубня, в зависимости от его физиологического состояния, вырастает определенное число главных и боковых стеблей.

В подземной части стеблей развиваются побеги-столоны, на концах которых формируются клубни. Масса клубней с единицы площади связана как с их числом, так и с фотосинтетическим потенциалом посадки, чем и определяется урожайность. Изучение структуры урожая показало тесную связь между урожаем и компонентами продуктивности. Структура урожая картофельного поля определяется числом клубней на растении (которое зависит от числа стеблей и клубней на одном стебле), средней массой клубней и числом растений на единице площади. На рисунке 5 представлена структурная схема формирования урожая картофеля на единице площади [7].

Заключение. В процессе расчета динамических показателей ростовой реакции культивируемых сортов картофеля, таких как площадь листьев, распространение корней в почве, распределение фотосинтетатов и других биохимических веществ по органам, продолжительность периодов роста и развития растений на погодные и агротехнические факторы, важное значение приобретает поиск связей названных расчетных параметров состояния посадок со структурными компонентами, представленными на схеме. Поиск этих связей является совершенно иной конкретной задачей по адаптации динамической модели к структурным составляющим продуктивности сорта, решаемой путем расширения числа наблюдаемых характеристик состояния посева в полевых опытах, включая структурные составляющие урожая, с параллельной постановкой сценарных исследований на динамической модели картофеля.

Библиографический список

1. Будаговский, А.И. Количественная теория фотосинтеза и ее использование для решения научных и практических задач физической географии [Текст]/А.И. Будаговский, А.А. Ничипорович, Ю.К. Росс // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1964. – № 6. – С. 13-27.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст]/ Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 416 с.
3. Коровин, А.И. Растения и экстремальные температуры [Текст]/А.И. Коровин. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 271 с.
4. Саноян, М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посева [Текст]/ М.Г. Саноян. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 296 с.
5. Тооминг, Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая [Текст]/ Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
6. 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.
7. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур [Текст]/Пер. с чеш. Благовещенской З. К. – М., Колос, 1984. – С. 296-327.
8. Чирков, Ю.И. Агрометеорология [Текст] / Ю.И. Чирков. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 293 с.
9. Black J.N. The interrelationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards of subterranean cover (*Trifolium subterraneum*). – “Austr. J. Agric. Res”, 1963, 14, N 1, p. 20-38.
10. Kanemasu E.T., Tanner C.B., Stomatal diffusion resistance of snap beans, I. Influence of leaf-water potential. *Plant Physiol.*, 44, 1974, p. 1547-1552.

11. McCree K.J. An equation for the rate of respiration of the white clover plants grown under controlled conditions. – In: Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity, Wageningen, Pudoc, 1970, p. 221 – 230.
12. Penman H. L. Evaporation: an introductory survey. – Netherl. J. Agric. Sci., 4, 1956, p. 9- 29.
13. Raeuber A., Engel K. H. Untersuchungen uber den Verlauf der Massenzunahme bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) in Abhangigkeit von Umwelt – und Erbguteinflussen. Abh. Meteorol. Dienstes DDR, 76,10,1966, 117 p.
14. R. de Jong, P. Kabat, Modeling Water Balance and Grass Production, Soil Society of America Journal, Volume 54, no 6, November-December 1990, Madison, USA, p. 1725-1732.
15. Ritchie J.T., Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8(5), American Geophysical Union, October 1972 , p. 1204-1213.

Reference

1. Budagovskij, A.I. Kolichestvennaya teoriya fotosinteza i ee ispol'zovanie dlya resheniya nauchnyh i prakticheskikh zadach fizicheskoy geografii [Tekst]/A. I. Budagovskij, A. A. Nichiporovich, Yu. K. Ross // Izv. AN SSSR. Ser. geogr. – 1964. – № 6. – P. 13-27.
2. Dospheov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst]/ B. A. Dospheov. - M.: Kolos, 1973. - P.
3. Korovin, A.I. Rasteniya i jekstremal'nye temperatury [Tekst]/A. I. Korovin. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 271 p.
4. Sanoyan, M.G. Agrometeorologicheskie i agrofizicheskie principy i metody upravleniya vlagooobespechennost'yu poseva [Tekst]/ M. G. Sanoyan. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 296 p.
5. Tooming, H.G. Solnechnaya radiaciya i formirovanie urozhaya [Tekst]/ H.G. Tooming. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 200 p.
6. Tooming, H. G. Adaptaciya rastitel'nyh soobschestv k intensivnosti sveta i ee matematicheskoe modelirovanie [Tekst]/ H. G. Tooming // Zhurnal obschej biologii. – 1968. – T. 29. – № 5. – P. 549-563.
7. Formirovanie urozhaya osnovnyh sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/Per. s chesh. Blagoveschenskoj Z. K. – M., Kolos, 1984. – P. 296-327.
8. Chirkov, Yu. I. Agrometeorologiya [Tekst] / Yu. I. Chirkov. – L.: Gidrometeoizdat, GOD. – 293 p.
9. Black J.N. The interrelationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards of subterranean cover (*Trifolium subterraneum*). – “Austr. J. Agric. Res”, 1963, 14, N 1, p. 20-38.
10. Kanemasu E.T., Tanner C.B., Stomatal diffusion resistance of snap beans, I. Influence of leaf-water potential. Plant Physiol., 44, 1974, p. 1547-1552.
11. McCree K.J. An equation for the rate of respiration of the white clover plants grown under controlled conditions. – In: Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity, Wageningen, Pudoc, 1970, p. 221 – 230.
12. Penman H. L. Evaporation: an introductory survey. – Netherl. J. Agric. Sci., 4, 1956, p. 9- 29.
13. Raeuber A., Engel K. H. Untersuchungen uber den Verlauf der Massenzunahme bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) in Abhangigkeit von Umwelt – und Erbguteinflussen. Abh. Meteorol. Dienstes DDR, 76,10,1966, 117 p.
14. R. de Jong, P. Kabat, Modeling Water Balance and Grass Production, Soil Society of America Journal, Volume 54, no 6, November-December 1990, Madison, USA, p. 1725-1732.
15. Ritchie J.T., Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8(5), American Geophysical Union, October 1972 , p. 1204-1213

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

УДК: 631.67:628.381.4:633.853.483

**ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА МАСЛОСЕМЯН ГОРЧИЦЫ****INFLUENCE OF IRRIGATION BY LIVESTOCKING STRAWS
ON TECHNOLOGICAL QUALITY OF MUSTARD SEEDS****Е.В. Пустовалов**, *старший преподаватель***E.V. Pustovalov***Волгоградский государственный аграрный университет**Volgograd State Agrarian University*

В статье рассматривается предлагаемый способ возделывания горчицы сарептской с применением орошения животноводческими стоками КРС. Приведена двухфакторная схема полевого опыта. Полив проводился поверхностным способом по тупым затопляемым бороздам. Дана объективная оценка урожайности и технологических качеств маслосемян горчицы. По результатам исследований сделан вывод о том, что при возделывании горчицы в условиях с естественным увлажнением урожайность будет зависеть только от внешних условий окружающей среды. Орошение горчицы животноводческими сточными водами дает положительные результаты. Содержание жира увеличивается в среднем на 3,2-9,0 %. Поддержание почвенной влаги на заданном уровне в сочетании с питательными элементами, содержащимися в разбавленных стоках, позволяет минимизировать риск получения урожаев низкого качества. Наилучшие показатели выхода масла с 1 га посевов (725,7 кг/га) характерны для варианта с водным режимом почвы 70 % НВ и разбавлением стоков в соотношении 1 : 1.

In the article the proposed method of cultivation of mustard with application of irrigation by cattle-breeding sewage cattle is considered. A two-factor scheme of the field experiment is presented. Watering was carried out by a superficial method along bluntly flooded furrows. The objective estimation of productivity and technological qualities of mustard oil seeds is given. According to the results of the research, it was concluded that when growing mustard in conditions with natural moisture, the yield will depend only on the external environmental conditions. Irrigating mustard by livestock sewage gives positive results. The fat content increases by an average of 3.2-9.0%. Maintaining soil moisture at a predetermined level in conjunction with nutritional elements contained in the dilute waste stream to minimize the risk of low quality yields. Best oil exit indicators with 1 ha crops (725.7 kg / ha) for typical embodiment mode soil with an aqueous 70% NV and dilution effluent in a ratio of 1: 1.

Ключевые слова: горчица сарептская, орошение, животноводческие стоки, урожайность, масличность, жирность, выход масла.

Key words: sarepta mustard, irrigation, livestock runoff, yield, oil content, fat content, oil yield.

Введение. Современные тенденции развития агропромышленного комплекса направлены на повышение производительности сельскохозяйственного производства. Главной задачей, поставленной перед аграриями, является надежное обеспечение населения качественными продуктами питания, что, в свою очередь, невозможно без разработки и внедрения новых технологий [1, 10, 5, 9, 7].

Волгоградская область заняла уверенную позицию в производстве маслосемян горчицы, продукция переработки которой нашла свое применение во многих отраслях пищевой промышленности и медицине. Горчичное масло по достоинству оценено и пользуется высоким спросом как в России, так и за ее пределами [3, 6].

Засушливые условия Волгоградской области приводят к снижению как количественных, так и качественных показателей урожайности горчицы. Высокие температуры и низкая обеспеченность влагой приводят к быстрому наступлению фенологических

фаз и малой их продолжительности [3, 4]. Наличие почвенной влаги и своевременное внесение удобрений крайне необходимо для оптимального произрастания горчицы, развития ее генеративных органов и продолжительности вегетационного периода, что определяет качество получаемого урожая [8, 2].

Нами предлагается технология возделывания горчицы с применением орошения животноводческими стоками КРС. Данный способ возделывания позволит интенсифицировать процесс получения стабильных, высококачественных урожаев маслосемян горчицы, а также решить ряд экологических проблем, главной из которых является экологически безопасная утилизация сточных вод животноводческих комплексов.

Материалы и методы. Для изучения влияния орошения животноводческими стоками на технологические качества маслосемян горчицы в 2013 году на базе сельскохозяйственного предприятия ООО «СП «Донское» Калачевского района Волгоградской области нами был заложен двухфакторный полевой опыт со следующим набором вариантов. Фактор А – заданный предполивной порог влажности: вариант А1 – заданный предполивной порог влажности 70 % НВ; вариант А2 – заданный предполивной порог влажности 60-70 % НВ (60 % НВ – в период всходы-цветение, 70 % НВ в период цветение-созревание); вариант А3 – заданный предполивной порог влажности 60 % НВ. Фактор В – разбавление ЖС чистой водой (в соотношении ЖС : чистая вода): вариант В1 – разбавление ЖС чистой водой в соотношении 1 : 1; вариант В2 – разбавление ЖС чистой водой в соотношении 1 : 2; вариант В3 – разбавление ЖС чистой водой в соотношении 1 : 3.

При выборе способа орошения животноводческими стоками особое внимание уделялось санитарно-гигиеническим и агрономическим требованиям. Поэтому орошение проводили поверхностным способом по бороздам, который снизил контакт сточной воды с растениями. Для этого через каждые 0,9 м нарезались борозды шириной 0,2 м и глубиной 0,12 м.

Масличность семян определялась в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

Результаты и обсуждение. В годы исследований складывались неравнозначные климатические условия. В засушливые 2013-2014 гг. (ГТК=0,34) за период вегетации выпало 76,5 мм и 62,1 мм осадков. В 2015 году условия для роста и развития горчицы оказались наиболее благоприятными (ГТК=0,63). Сумма эффективных осадков составила 145,1 мм.

Таблица 1 – Урожайность горчицы сарептской в зависимости от изучаемых факторов, т/га

Вариант опыта		2013 год	2014 год	2015 год	Среднее
Предполивной порог влажности почвы	Степень разбавления				
70 % НВ (А1)	1:1 (В1)	1,68	1,67	1,96	1,77
	1:2 (В2)	1,62	1,64	1,90	1,72
	1:3 (В3)	1,59	1,57	1,85	1,67
60-70 % НВ (А2)	1:1 (В1)	1,53	1,50	1,75	1,59
	1:2 (В2)	1,47	1,46	1,69	1,54
	1:3 (В3)	1,44	1,41	1,63	1,49
60 % НВ (А3)	1:1 (В1)	1,32	1,30	1,39	1,34
	1:2 (В2)	1,29	1,24	1,34	1,29
	1:3 (В3)	1,26	1,19	1,31	1,25
Контроль (без орошения)		0,74	0,62	0,99	0,78

О положительном эффекте орошения горчицы животноводческими стоками свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1. В условиях естественного увлажнения урожайность горчицы зависит только от внешних условий окружающей среды. Так, в засушливые 2013-2014 гг. урожайность на контрольном варианте составила 0,74 т/га и 0,62 т/га, соответственно. В более благоприятных условиях 2015 года урожайность была несколько выше (0,99 т/га). В зависимости от водного режима почвы и степени разбавления стоков водой урожайность горчицы в среднем составляла 1,25-1,77 т/га.

Наиболее объективными показателями при оценке технологических качеств маслосемян горчицы являются процентное содержание жира и выход масла с 1 га посевов. Динамика накопления жира в семенах горчицы изучалась многими учеными. Результаты их исследований говорят о том, что данный процесс начинается с отложения сухого вещества в семени и продолжается до восковой спелости семян. В течение первой недели после оплодотворения в жир преобразуется до 20 % поступившего сухого вещества, а в течение последующего месяца от 50 до 70 % [3].

Показатели масличности зависели от условий влагообеспеченности (таблица 2). В 2015 году зафиксирован максимальный показатель содержания жира (33,4-43,3 %). В условиях недостатка почвенной влаги заложение генеративных органов и преобразование сухого вещества в жир происходит в экстремальных условиях и сжатые сроки, о чем свидетельствуют низкие показатели масличности на контрольном варианте (в среднем 32,0 %).

Полив животноводческими стоками позволяет стабилизировать процесс накопления жира и делает его менее зависимым от условий окружающей среды. Таким образом, на делянках, где проводилось орошение стоками, масличность составила 35,2-41,0 %, что на 3,2-9,0 % выше, чем на контрольном варианте. Стоит отметить, что масличность возрастает с повышением предполивного порога влажности почвы, а повышение степени разбавления стоков водой с 1 : 1 до 1 : 3 приводит к снижению данного показателя, что связано со снижением концентрации питательных элементов (N, P, K) в поливной воде.

Таблица 2 – Масличность горчицы сарептской в зависимости от изучаемых факторов, %

Вариант опыта		2013 год	2014 год	2015 год	Среднее
Предполивный порог влажности почвы	Степень разбавления				
70 % НВ (А1)	1:1 (В1)	40,1	39,7	43,3	41,0
	1:2 (В2)	39,0	37,2	42,0	39,4
	1:3 (В3)	38,9	36,3	41,0	38,7
60-70 % НВ (А2)	1:1 (В1)	40,1	38,7	42,6	40,5
	1:2 (В2)	38,9	37,6	41,2	39,2
	1:3 (В3)	38,4	35,6	40,5	38,2
60 % НВ (А3)	1:1 (В1)	36,4	34,0	38,2	36,2
	1:2 (В2)	36,0	33,4	38,0	35,8
	1:3 (В3)	35,4	32,9	37,2	35,2
Контроль (без орошения)		32,0	30,6	33,4	32,0

Выход масла с 1 га посевов является показателем, который самым прямым образом связан с урожайностью. Результаты наших исследований доказывают, что орошение животноводческими стоками позволяет увеличить выход масла с 1 га посевной

площади (таблица 3). Орошение животноводческими стоками позволяет получить от 440,0 до 725,7 кг масла с 1 га, что на 190,4-476,1 кг/га больше, чем на варианте с естественным увлажнением.

Таблица 3 – Выход масла с 1 га посевов в зависимости от изучаемых факторов, кг/га

Вариант опыта		2013 год	2014 год	2015 год	Среднее
Предполивной порог влажности почвы	Степень разбавления				
70 % НВ (А1)	1:1 (B1)	673,7	663,0	848,7	725,7
	1:2 (B2)	631,8	610,1	798,0	677,7
	1:3 (B3)	618,5	569,9	758,5	646,3
60-70 % НВ (А2)	1:1 (B1)	613,5	580,5	745,5	644,0
	1:2 (B2)	571,8	549,0	696,3	603,7
	1:3 (B3)	553,0	502,0	660,2	569,2
60 % НВ (А3)	1:1 (B1)	480,5	442,0	531,0	485,1
	1:2 (B2)	464,4	414,2	509,2	461,8
	1:3 (B3)	446,0	391,5	487,3	440,0
Контроль (без орошения)		236,8	189,7	330,7	249,6

Заключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы. Несмотря на свою способность переносить критические условия засухи, горчица является культурой хорошо отзывчивой к орошению. В среднем при орошении урожайность была выше на 0,47-0,99 т/га, чем на варианте с естественным увлажнением.

Поддержание почвенной влаги на заданном уровне в сочетании с питательными элементами, содержащимися в разбавленных стоках, позволяет свести до минимума риск получения низкокачественных урожаев. В условиях орошения животноводческими стоками масличность составила 35,2-41,0 %, что на 3,2-9,0 % выше, чем на контроле.

Наши исследования показали, что для получения урожаев с хорошим выходом масла (725,7 кг/га) и высоким содержанием жира (41,0 %) в местных агроклиматических условиях наиболее оптимальным вариантом является орошение разбавленными животноводческими стоками в пропорции 1 : 1 с поддержанием заданного предполивного порога влажности 70 % НВ.

Библиографический список

1. Ахмедов, А.Д. Процесс и характер распределения влаги в случае однородных и неоднородных грунтов [Текст] / А.Д. Ахмедов // Актуальные проблемы, современное состояние, инновации в области природообустройства и строительства: материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, заслуженного мелиоратора РФ И.С. Алексеева. – Благовещенск, 2015. – С. 31-37.
2. Жуйков, А.Г. Влияние орошения на количественно-качественные показатели урожая семян горчицы разных видов [Текст] / А.Г. Жуйков // Вестник Курганской ГСХА. – 2014. – № 3 (11). – С. 27-29.
3. Медведев, Г.А. Горчица [Текст] : монография / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 152 с.
4. Медведев, Г.А. Эффективность рапса ярового и горчицы сизой в подзоне светлосветлых почв Волгоградской области [Текст] / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3 (35). – С. 58-62.

5. Мещеряков, М.П. Совершенствование технологии агротехники выращивания сельскохозяйственных культур при водосберегающем орошении [Текст] / М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников, В.В. Якубов // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы II Международной научно-практической интернет-конференции. – с. Солёное Займище: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2017. – С. 293-299.

6. Михальков, Д.Е. Влияние предпосевной обработки семян и норм высева на урожайность сортов горчицы сизой на светло-каштановых почвах Волгоградской области [Текст] / Д.Е. Михальков, А.С. Кочергина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2 (124). – С. 16-20.

7. Овчинников, А.С. Экологические основы и эффективность возделывания сельскохозяйственных культур с применением нетрадиционных органических удобрений в условиях орошения: монография [Текст] / А.С. Овчинников. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2009. – 236 с.

8. Продуктивность и качественные показатели семян горчицы сарептской в рисовых севооборотах Калмыкии [Текст] / В.В. Бородычев, Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, В.В. Цыбулин // Плодородие. – 2013. – № 1 (70). – С. 30-32.

9. Современные технологии ирригационных систем орошения [Текст] / А.С. Овчинников, М.П. Мещеряков, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова // Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2015. – С. 124-126.

10. Совершенствование технических средств комбинированного орошения [Текст] / Н.Н. Дубенок, В.Г. Абезин, С.Я. Семенов, С.С. Марченко // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 2. – С. 59-63.

Reference

1. Ahmedov, A. D. Process i harakter raspredeleniya vlagi v sluchae odnorodnyh i neodnorodnyh gruntov [Текст] / A. D. Ahmedov // Aktual'nye problemy, sovremennoe sostoyanie, innovacii v oblasti prirodoobustrojstva i stroitel'stva: materialy Vserossijskoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyaschennoj pamyati doktora tehnikeskikh nauk, professora, zaslužennogo melioratora RF I. S. Aleksejko. – Blagoveschensk, 2015. – S. 31-37.

2. Zhujkov, A. G. Vliyanie orosheniya na kolichestvenno-kachestvennye pokazateli urozhaya semyan gorchicy raznyh vidov [Текст] / A. G. Zhujkov // Vestnik Kurganskoy GSXA. - 2014. - № 3 (11). - S. 27-29.

3. Medvedev, G. A. Gorchica [Текст] : monografiya / G. A. Medvedev, D. E. Mihal'kov, N. G. Ekaterinicheva. - Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2012. - 152 s.

4. Medvedev, G. A. Jefferktivnost' rapsa yarovogo i gorchicy sizoj v podzone svetlo-kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti [Текст] / G. A. Medvedev, D. E. Mihal'kov, N. G. Ekaterinicheva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2014. – № 3 (35). – S. 58-62.

5. Mescheryakov, M. P. Sovershenstvovanie tehnologii agrotehniki vyraschivaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur pri vodosberegayuschem oroshenii [Текст] / M. P. Mescheryakov, V. S. Bocharnikov, V. V. Yakubov // Sovremennoe jekologicheskoe sostoyanie prirodnoj sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodoopol'zovaniya: materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj internet-konferencii. – s. Solenoe Zajmische: FGBNU “Prikaspijskij NII aridnogo zemledeliya”, 2017. – S. 293-299.

6. Mihal'kov, D. E. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan i norm vyseva na urozhajnost' sortov gorchicy sizoj na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti [Текст] / D. E. Mihal'kov, A. S. Kochergina // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 2 (124). – S. 16-20.

7. Ovchinnikov, A. S. Jekologicheskie osnovy i jefferktivnost' vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur s primeneniem netradicionnyh organicheskikh udobrenij v usloviyah orosheniya: monografiya [Текст] / A. S. Ovchinnikov. – Volgograd: Volgogradskaya GSXA, 2009. – 236 s.

8. Produktivnost' i kachestvennye pokazateli semyan gorchicy sareptskoj v risovyh sevooborotah Kalmykii [Tekst] / V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, G. N. Konieva, V. V. Cybulin // Plodorodie. – 2013. – № 1 (70). – S. 30-32.

9. Sovremennye tehnologii irrigacionnyh sistem orosheniya [Tekst] / A. S. Ovchinnikov, M. P. Mescheryakov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova // Problemy racional'nogo ispol'zovaniya prirodohozyajstvennyh kompleksov zasushlivyh territorij sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Volgograd, 2015. – S. 124-126.

10. Sovershenstvovanie tehnikeskikh sredstv kombinirovannogo orosheniya [Tekst] / N. N. Dubenok, V. G. Abezin, S. Ya. Semenenko, S. S. Marchenko // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2018. – № 2. – S. 59-63.

E-mail: pustovalov-evgeniy@mail.ru

УДК 637.1

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСКИСЛЕНИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПУТЕМ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR DEOXIDATION OF MILK AND DAIRY PRODUCTS THROUGH ELECTRICAL PROCESSING WITH THE AIM OF IMPROVING THEIR QUALITY

И.Ф. Горлов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН

И.М. Осадченко¹, доктор химических наук, профессор

Н.И. Мосолова¹, доктор биологических наук

Е.С. Воронцова¹, аспирант

I.F. Gorlov^{1,2}, I.M. Osadchenko¹, N.I. Mosolova¹, E.S. Vorontsova¹

¹Поволжский научно-исследовательский институт
производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

²Волгоградский государственный технический университет

¹Volga Region Scientific Research Institute of Meat-and-Milk Production and Processing

²Volgograd State Technical University

В работе изложены обширные сведения по технологиям раскисления молока и молочных продуктов. Коровье молоко занимает важное место в питании человека, однако качество молока не всегда удовлетворяет необходимым требованиям, что является актуальной проблемой для молочных заводов и производителей. Закисление молока выше 21 °Т (градуса Тернера) переводит его во второй сорт и может привести к порче и невозможности дальнейшей переработки. Для обеспечения переработки скисшего молока (выше 22 °Т) необходимо провести операцию раскисления (снижение кислотности до требуемых показателей). Мы проанализировали сведения о существующих опытах раскисления молока в различных режимах электроактивации. При этом в некоторых моментах химизм процесса требует уточнения, встречаются и спорные ситуации, однако в целом доказана возможность раскисления молока от 50 °Т до практически нормальных значений – 16-17 °Т с сохранением приемлемых для переработки органолептических и физических свойств продукта. Экспериментальными исследованиями подтверждена возможность снижения кислотности некоторых кисломолочных продуктов путем электрообработки в катодной камере непроточного диафрагменного электролизера установки «МЕЛЕСТА». При этом исходный кефир до обработки имел показатели качества: содержание жира – 1 %, белков – 2,8 %, углеводов – 3,9 %, рН – 4,3, ОВП +214 мВ, а после: при сохранении концентрации полезных веществ продукт имел рН – 5, ОВП – -600 мВ, которые сохранялись при температуре +2...+8 °С в течение 1 суток. Продукт был приятного вкуса и запаха, с более низкой кислотностью. Таким образом, повышение качества и сохранности молока и молочных продуктов возможно в различных режимах электроактивации, что представляет научный и практический интерес для дальнейшего изучения.

This work presents extensive information on the technologies of deoxidation of milk and dairy products. Cow's milk occupies an important place in human nutrition, but the quality of milk does not always meet the necessary requirements, which is an urgent problem for dairy plants and producers. Acidification of milk above 21 degrees (Turner) translates it into the second grade and can lead to damage and inability to further processing. To ensure the processing of sour milk (above 22 °C), it is necessary to carry out a deoxidation operation (decrease in acidity to the required parameters). We analyzed the data on the existing milk deoxidation experiments in various modes of electric activation. At the same time, in some moments, the chemistry of the process requires clarification, there are also controversial situations, however, in General, the possibility of deoxidation of milk from 50 to almost normal values is proved – 16-17 from preserving the organoleptic and physical properties of the product acceptable for processing. Own researches confirmed the possibility of reducing the acidity of some dairy products by electrobraid in a cathode chamber of a diaphragm electrolyzer stagnant installation "MELESTA". At the same time, the initial kefir before treatment had quality indicators: fat content of 1%, protein 2,8%, carbohydrates 3,9%, pH 4,3, ORP +214 mV, and after: while maintaining the concentration of nutrients, the product had pH 5, ORP -600 mV, which remained at a temperature of +2...+8 °C for 1 day. The product was of pleasant taste and smell, with lower acidity. Thus, improving the quality and safety of milk and dairy products is possible in various modes of electrical activation, which is scientific and practical interest for further study.

Ключевые слова: коровье молоко, технологии, раскисление, электрообработка, хранение, кислотность.

Key words: cow's milk, technologies, deoxidation, electrical processing, storage, acidity.

Работа выполнена в рамках Государственного задания

Введение. Коровье молоко занимает важное место в питании человека как источник белков, жира, макро- и микроэлементов, витаминов, хорошо усваивается организмом, отличается высокой пищевой ценностью [6]. В последние годы наблюдается тенденция к повышению уровня потребления молока, однако качество его не всегда удовлетворяет необходимым требованиям, что является актуальной проблемой для молочных заводов и производителей различных форм собственности. Применяемые технологии в ряде случаев не отвечают требованиям сегодняшнего дня из-за изношенности оборудования и морального устаревания.

Молоко – продукт достаточно чувствительный к условиям и срокам хранения. Свежему молоку необходимо обеспечить сохранность его нативных свойств, минимальное обсеменение микрофлорой; оно должно храниться при температуре 4 ± 2 °C в целях замедления сбраживания (закисления). Охлажденное молоко должно храниться не более 24 часов [2, 10]. Закисление молока выше 21 °T (градуса Тернера) переводит его во второй сорт и может привести к порче и невозможности дальнейшей переработки.

Для обеспечения переработки скисшего молока (выше 22 °T) необходимо провести операцию раскисления (снижение кислотности до требуемых показателей).

Имеющиеся в литературе публикации имеют ограниченный характер, иногда противоречивы, что побудило нас провести в этом направлении специальные экспериментальные исследования.

Мы остановились на технологиях раскисления молока и молочных продуктов путем пропускания постоянного электрического тока через молоко, помещенное в электрическое поле отрицательного электрода диафрагменного электролизера с нерастворимыми электродами. Такую обработку иногда называют электролизом, электрообработкой, катодной (электрохимической) активацией.

Материалы и методы. Материал научных исследований включает:

- описание электрических явлений в молоке при его электролизе;

- результаты исследований различных авторов с оценкой достоинств и недостатков;
- их сопоставление, выводы и литература.

Основной химический состав коровьего молока, использованного в нашем эксперименте, включает (на 100 г): 87 г воды и 13 г сухих веществ (жир 3,4 г, углеводы и лактоза 4,8 г, белки 3,4 г), макро- и микроэлементы (основные минеральные элементы: Са, Р, Mg, К, Na, Cl, S), витамины и др., что соответствует средним показателям [2].

Водородный показатель (рН) заготавливаемого молока в связи с титруемой кислотностью представлен в таблице 1.

Таблица 1 – рН заготавливаемого молока

°Т	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
рН _{ср}	6,73	6,67	6,64	6,58	6,52	6,46	6,41	6,36	6,31	6,26

В молоке в силу его полидисперсности находятся частицы с различными электрическими зарядами: электронейтральные молекулы (например, сахара), положительно и отрицательно заряженные ионы солей и электрически заряженные коллоидные частицы белков. Жировые шарики несут на себе собственный заряд и заряд адсорбированных белковых частиц. При пропускании через молоко электрического тока все эти частицы принимают участие в его прохождении, но степень их участия зависит от количества и величины зарядов, величины частиц и т.п. [3, 8].

Электронейтральные частицы сахара, как и жировых шариков, не влияют на скорость прохождения электрического тока. В меньшей степени то же можно сказать относительно электрически заряженных коллоидных частиц. При отсутствии электролитов коллоидные частицы были бы единственными переносчиками электрического тока, но в присутствии сильно диссоциированных электролитов роль их как переносчиков электронов значительно падает. В итоге переносчиками электрического тока в молоке преимущественно являются ионы солей.

Для выяснения роли каждой составной части молока проведены испытания искусственных смесей солей и показано, что жир, белки и сахар понижают электропроводность, и сильнее всего – белок.

При нормальном состоянии животного электропроводность молока является довольно постоянной величиной и колеблется в узких пределах $39,37-51,25 \cdot 10^{-4}$ См/см, в среднем $43,91 \cdot 10^{-4}$ См/см. Электропроводность молока коров в других странах имеет более широкие пределы $38,00-62,16 \cdot 10^{-4}$ См/см.

Можно отметить, что различные авторы определяли электропроводность молока при различных температурах, что затрудняет сравнение имеющегося материала. Электропроводность молока изменяется под влиянием лактационного периода (выше в начале и к концу его). Патологическое состояние животного может сильно отразиться на электропроводности молока в сторону повышения.

Хотя белки молока почти не принимают непосредственного участия в прохождении электрического тока через молоко, тем не менее, заряды белков имеют определенное значение в общих свойствах молока. Основной белок молока – казеин – при пропускании электрического тока через молоко движется к аноду и имеет отрицательный заряд.

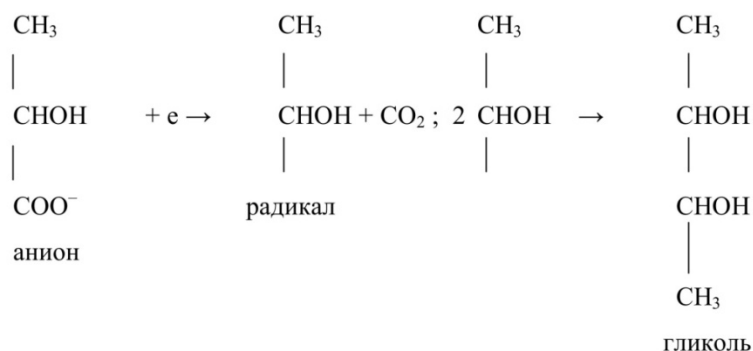
Прибавляя к молоку кислоту или щелочь, можно изменить заряд белковой мицеллы, так как при этом изменяется степень распада на ионы в кислотных и основных группах казеина. При добавлении щелочи отрицательный заряд казеиновой мицеллы повышается, кислоты – понижается. В изоэлектрической точке казеина (рН = 4,6) заряд мицеллы равен нулю, а при дальнейшем добавлении кислоты казеин приобретает положительный заряд (он начинает вновь растворяться).

При пропускании электрического тока как постоянного, так и переменного через молоко в нем происходит ряд изменений, вызываемых электролизом электролитов молока. В последнее время стали применять аппараты для нейтрализации (раскисления) кислого молока электрическим током, изучен химизм его действия на составные части молока.

Солевая часть молока под влиянием постоянного электрического тока разделяется электролитически, причем анионы теряют свои отрицательные заряды на аноде, а катионы – положительные заряды на катоде. При потере своих зарядов катионы и анионы переходят в соответствующие атомы и молекулы и могут вызывать новые, вторичные реакции. При наличии в молоке ионов натрия, калия, кальция и магния они не могут разряжаться на катоде из-за своего высокого электродного потенциала, а восстанавливаться может вода до водорода на катоде: $\text{H}_2\text{O} + \text{e} \rightarrow 1/2 \text{H}_2 + \text{OH}^-$, при $\text{pH} < 6$ имеющиеся ионы H^+ разряжаются с выделением водорода $\text{H}^+ + \text{e} \rightarrow 1/2 \text{H}_2$ [2]. На аноде будет разряжаться хлорид-ион с образованием свободного хлора $2\text{Cl}^- + 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}_2$ (аноды из платины или угольные, катоды стальные). Хлор может реагировать с белками молока, образуя хлорированный белок. Фосфат PO_4^{3-} не может разряжаться на нерастворимом аноде, а будет разряжаться вода с выделением кислорода $\text{H}_2\text{O} - \text{e} \rightarrow 1/2 \text{O}_2 + \text{OH}^-$. В конечном итоге на катоде выделяется водород, на аноде – хлор и кислород.

Известно, что в молоке имеются соли органических лимонной или молочной кислот и казеиновокислый кальций. Эти соли также под действием электрического тока подвергаются изменениям. Анион органической кислоты теряет свой отрицательный заряд одновременно с выделением CO_2 . Лишенные CO_2 остатки кислот (радикалы) могут соединяться с собой, образуя новые вещества, либо окисляясь кислородом до ангидридов.

Например, из молочной кислоты или ее кальциевой соли может получиться гликоль по уравнению:



Ряд исследований в опытах зафиксировали образование не гликоля, а уксусного ангидрида после окисления.

Анион казеина на аноде теряет заряд, разряжаясь на аноде, и свертывается, образуя пленку. Происходит ли у аниона казеина отщепление CO_2 и потеря части его кислотных свойств, пока не известно.

Указанные изменения приводят к тому, что реакция молока сильно меняется в сторону снижения его кислотности. При соответствующей силе тока и времени его воздействия реакция свежего молока может сделаться даже щелочной.

Молоко содержит ферменты, аскорбиновую кислоту (витамин С), которые могут каталитически ускорять процессы окисления или восстановления других органических веществ или же переходить в окисленную или восстановленную форму. Эти свойства связаны с изменениями электрических зарядов (с переносом электронов), с некоторым электрическим напряжением, который называют ОВП (Eh).

ОВП определяется непосредственно электрометрически, он зависит от отношения концентрации окисленной и восстановленной формы соединения и концентрации водорода. Для величины редокс-потенциала, измеренного по отношению к потенциалу нормального водорода, действительно уравнение:

$$E_h = E_o + 0,058 \lg \frac{[ox]}{[red]}.$$

Результаты и обсуждение. Технология раскисления свежего молока опробована в проточной установке, содержащей диафрагменный электролизер системы ПЭМ [4, 5]. Молоко с повышенной кислотностью поступало в катодные камеры, а в анодные камеры – электролит, в частности 1 %-ный раствор NaCl. Результаты, в частности, представлены по наилучшему варианту в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические параметры электрообработки
и показатели качества молока

Параметры электролиза		Массовая доля белка, %	Массовая доля жира, %	Плотность, кг/м ³	Кислот- ность, °Т	ОВП, мВ
Напряжение, В	Сила тока, А					
–	–	2,9	3,3	1028	22	+200
4	2	2,9	3,3	1028	19	+1630
6	3	2,9	3,3	1028	17	+1680
8	5	2,9	3,3	1027	16	+1700

Как видно из данных таблицы, состав молока практически не изменился, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) сильно варьировал, причем в сторону повышения. Титруемая кислотность снизилась на 3-6 °Т до требуемых показателей качества молока. Обработанное молоко далее использовалось для приготовления напитка с фруктовыми соками.

Процесс раскисления молока-сырья изучен в работе [11].

Авторы исследования указывают на достоинства электрообработки молока: простоту, удобство, возможность использования в хозяйстве с небольшим дойным стадом. Молоко подвергали электрообработке на лабораторной установке, состоящей из двух электродов (катод – пластина из нержавеющей стали, анод – графитовый стержень), подключенных к источнику тока, при комнатной температуре. Электроды опускали в сосуд объемом 1 л. С целью предотвращения попадания электролита в молоко анод помещали в пористый керамический сосуд, электролитом служил 10 %-ный раствор K₂SO₄.

В качестве опытных образцов было использовано сборное молоко с повышенной кислотностью (рН 6,57). Исходную и конечную кислотность определяли потенциометрическим титрованием. Во время обработки молока сила тока постоянно снижалась, что говорит об уменьшении электропроводимости молока в процессе электролиза. Время обработки находилось в прямой зависимости от силы тока. Например, при силе тока 0,3 А показатель рН изменялся от 6,57 до 8,3 за 9 минут, при этом улучшались органолептические показатели молока, исчезли посторонние запахи и привкусы, свойственные несвежему молоку. В обработанном молоке снизилась кислотность и уменьшилось количество бактерий – с 1-4 млн/см³ в контроле до 10 тыс./см³ в опыте. Термоустойчивость обработанного молока увеличилась: группа устойчивости по алкогольной пробе изменилась до 1.

Для исследования качества обработанного молока его заквашивали термофильными стрептококками. В опытном молоке закваска развивалась лучше, о чем свидетельствует более интенсивное нарастание кислотности. Слабый сгусток образовался в опытном молоке на 40 мин раньше. Готовый творог из опытного молока имел более

низкую влажность и более высокое содержание сухого вещества. Электрообработка молока позволяет снизить его кислотность за счет удаления из молока ионов водорода (образование при диссоциации кислых фосфатов молока). Улучшаются органолептические показатели молока и его биологические свойства.

Одну из наиболее ранних разработок процесса раскисления молока привел Бахир В.М. с соавторами [1].

Электрообработку молока-сырья проводили на установке «ЭЛХА» с электродами из графита в диафрагменном электролизере при $t = 22-27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Молокосырье загружали в катодную камеру, водопроводную воду – в анодную камеру (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты электролиза

Сила тока, А	Напряжение, В	Продолжительность, мин.	Кислотность, $^{\circ}\text{T}$		рН		ОВП, мВ
			исходная	конечная	исходный	конечный	
3	90	1,5	24	18	6,35	6,6	-575
3	90	3	27	18	6,2	6,6	-575
4	86	3	30	16	6,0	6,4	-666

Электрообработке может быть подвержено сырое и пастеризованное молоко с кислотностью до $50\text{ }^{\circ}\text{T}$ (фактически кислое молоко). Молоко после обработки выдерживало кипячение, и можно было приготовить кефир.

В патенте [9] те же авторы использовали электролизер, в котором анод в виде цилиндра из ОРТА, катод – стержня из титана, в анолите – растворе NaCl 1-2 г/л, плотность тока 1000 А/м^2 .

За 1,5-10 минут обработки кислотность снижали с $24-50\text{ }^{\circ}\text{T}$ до $16-18\text{ }^{\circ}\text{T}$. При этом анолит может использоваться как дезинфицирующее средство для обработки оборудования.

Технология раскисления молока путем униполярного электрохимического воздействия изучена [7].

На проточном электролизере изучено раскисление молока в катодной камере. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы электрохимической обработки молока

Режим электрообработки		Скорость истечения, мл/мин	Титруемая кислотность, $^{\circ}\text{T}$, исходная	Параметры раскисленного молока		
Сила тока, А	Напряжение, В			Титруемая кислотность, $^{\circ}\text{T}$	Активная кислотность, рН	ОВП, мВ
1,0	40	100	29,1	23,5	6,30	-490
2,0	50	100	29,1	17,5	6,50	-510
2,0	60	100	34,6	15,8	6,75	-540
2,0	60	150	34,6	32,5	6,10	-450
2,5	65	150	34,6	29,9	6,15	-480

В серии опытов установлено, что при силе тока 3 А на обработку 2 литров скисающего молока с исходной титруемой кислотностью $40\text{ }^{\circ}\text{T}$ требуется более 40 мин, при $30\text{ }^{\circ}\text{T}$ – 15 мин.

Результаты в таблице указывают на то, что электрообработка может обеспечивать эффективный процесс раскисления в активаторах непрерывного действия, что представляет большой практический интерес для решения проблем в системе общественного питания (по мнению авторов). Таким образом, по мнению авторов исследования, показано возможное применение метода электроактивации при создании конструкций, предназначенных для восстановления кислотности скисающего молока до его нормального значения.

Дополнительно исследован процесс изучения влияния электрообработки на микробную обсемененность различных ее видов. Показано, что последовательная обработка в катодной и анодной зонах по 5 мин. приводит к снижению общей микробной обсемененности в 19 раз (с $404 \cdot 10^5$ до $22 \cdot 10^5$). Показано также, что электрообработка позволяет раскислять молоко от 50 °Т до практически нормальных значений – 16-17 °Т.

В результате обработки молоко представляет собой однородную жидкость без осадка и отстоя сливок, не имеющую запахов и вкуса, не свойственных молоку. Цвет остается белым. Органолептические свойства остаются неизменными.

Нами проведена исследовательская работа по изучению возможного снижения кислотности некоторых кисломолочных продуктов путем электрообработки в катодной камере непроточного диафрагменного электролизера установки «МЕЛЕСТА». При этом в анодную камеру загружали разбавленный раствор электролита, например 1 %-ный раствор поваренной соли. Процесс проводили при температуре 30-35 °С. Электролизер имел катод из нержавеющей стали, анод – типа ОРТА. При электрообработке с плотностью тока 0,1-0,15 А/см², при расходе количества электричества 0,2 Ампер-часов на 1 л католита (молочного продукта) и анолита.

Исходный кефир имел показатели качества: содержание жира – 1 %, белков – 2,8 %, углеводов – 3,9 %, рН – 4,3, ОВП – +214 мВ. После электрообработки при сохранении концентрации полезных веществ продукт имел рН – 5, ОВП – -600 мВ, которые сохранялись при температуре +2...+8 °С в течение 1 суток. Продукт был приятного вкуса и запаха с более низкой кислотностью.

Заключение. В экспериментальной работе приведены уточненные сведения по химизму процесса электролиза молока, данные по режиму проведения его, показатели качества, возможность хранения от +2 до +8 °С, что представляет научный интерес и практическую значимость.

Библиографический список

1. Бахир, В.М. Электрохимическая активация [Текст] / В.М. Бахир. – М., 1992. – Часть II. – С. 196-199.
2. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова. – Санкт-Петербург, 2010. – 328 с.
3. Зайковский, Я.С. Химия и физика молока и молочных продуктов [Текст] / Я.С. Зайковский. – Изд. 3-е. – М.: Пищепромиздат, 1950. – 372 с.
4. Иванова, Т.Н. Электрохимическая активация для регулирования кислотности молока [Текст] / Т.Н. Иванова, М.А. Тарасова, О.В. Мартынова // Пищевая промышленность. – 2008. – № 11. – С. 46-49.
5. Мартынова, О.В. Разработка обогащенных составных молочных продуктов с применением электрохимической активации [Текст] : автореферат дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / О.В. Мартынова. – Воронеж, 2010. – 22 с.
6. Осадченко, И.М. Основные направления развития технологий электрообработки молока [Текст] / И.М. Осадченко, И.Ф. Горлов, Н.И. Мосолова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 4. – С. 15-19.
7. Технология раскисления молока униполярного электрохимического воздействия [Текст] / И.В. Миронова, Д.В. Фролов, О.В. Богатова и др. // Вестник мясного скотоводства. – 2013. – № 1 (79). – С. 126-132.
8. Томилова, А.М. Прикладная электрохимия [Текст] / А.М. Томилова. – Изд.3-е. – М.: Химия, 1984. – 520 с.
9. Установка для раскисления молока [Текст] : патент. РФ № 2057435 / В.М. Бахир и др. – 1996.
10. Шалыгина, А.М. Общая технология молока и молочных продуктов [Текст] / А.М. Шалыгина, Л.В. Калинина. – М., КолосС, 2007. – 199 с.
11. Шумилова, И.Ш. Раскисление молока сырья [Текст] / И.Ш. Шумилова, В.А. Руденко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 4. – С. 39-41.

Reference

1. Bahir, V. M. Jelektrohimicheskaya aktivaciya [Tekst] / V. M. Bahir. - M., 1992. - Chast' II. - S. 196-199.
2. Gorbatoва, K. K. Biohimiya moloka i molochnyh produktov [Tekst] / K. K. Gorbatoва, P. I. Gun'kova. - Sankt-Peterburg, 2010. - 328 s.
3. Zajkovskij, Ya. S. Himiya i fizika moloka i molochnyh produktov [Tekst] / Ya. S. Zajkovskij. - Izd. 3-e. - M.: Pischepromizdat, 1950. - 372 s.
4. Ivanova, T. N. Jelektrohimicheskaya aktivaciya dlya regulirovaniya kislotnosti moloka [Tekst] / T. N. Ivanova, M. A. Tarasova, O. V. Martynova // Pischevaya pro-myshlennost'. - 2008. - № 11. - S. 46-49.
5. Martynova, O. V. Razrabotka obogashchennyh sostavnyh molochnyh produktov s primeneniem jelektrohimicheskoy aktivacii [Tekst] : avtoreferat dis. ... kand. teh. nauk: 05.18.04 / O. V. Martynova. - Voronezh, 2010. - 22 s.
6. Osadchenko, I. M. Osnovnye napravleniya razvitiya tehnologij jelektroobrabotki moloka [Tekst] / I. M. Osadchenko, I. F. Gorlov, N. I. Mosolova // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. - 2013. - № 4. - S. 15-19.
7. Tehnologiya raskisleniya moloka unipolyarnogo jelektrohimicheskogo vozdejstviya [Tekst] / I. V. Mironova, D. V. Frolov, O. V. Bogatova i dr. // Vestnik myasnogo skotovodstva. - 2013. - № 1 (79). - S. 126-132.
8. Tomilova, A. M. Prikladnaya jelektrohimiya [Tekst] / A. M. Tomilova. - Izd.3-e. - M.: Himiya, 1984. - 520 s.
9. Ustanovka dlya raskisleniya moloka [Tekst] : patent. RF № 2057435 / V. M. Bahir i dr. - 1996.
10. Shalygina, A. M. Obschaya tehnologiya moloka i molochnyh produktov [Tekst] / A. M. Shalygina, L. V. Kalinina. - M., KolosS, 2007. - 199 s.
11. Shumilova, I. Sh. Raskislenie moloka syr'ya [Tekst] / I. Sh. Shumilova, V. A. Rudenok // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. - 2010. - № 4. - S. 39-41.

E-mail: niimpp@mail.ru

УДК.636.32/38.082.262.

МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОТОМСТВА ТОНКОРУННЫХ МАТОК И БАРАНОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

MEAT PRODUCTIVITY OF THE PROGENY OF FINE WOOL EWES AND RAMS OF DIFFERENT ORIGINS

В.В. Абонеев¹, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН,
Н.Г. Чамурлиев², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Ю.А. Колосов³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
В.В. Марченко⁴, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Р.П. Ларионов¹, аспирант

V. Aboneev, N. Chamurliев, J. Kolosov, V. Marchenko, R. Larionov

¹Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии,

²Волгоградский государственный аграрный университет

³Донской государственный аграрный университет³,

⁴ВНИИПЛЕМ

¹Krasnodar scientific center for animal husbandry and veterinary,

²Volgograd State Agricultural University,

³Don State Agricultural University,

⁴Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut plemennogo dela

Приведены материалы исследования результатов скрещивания овцематок кавказской породы и баранов-производителей «советский меринос», ставропольской и северокавказской мясо-шерстной пород. В ходе эксперимента путём использования общепринятых и хорошо апробированных методик были получены показатели живой массы, абсолютных, среднесуто-

чных и относительных приростов, контрольного убоя молодняка овец. Максимальной массой отличались ярки, полученные от скрещивания тонкорунных маток с производителями северокавказской породы (1 группа). Эта разница, по сравнению со сверстницами, полученными от спаривания кавказских маток с тонкорунными баранами (2 и 3 группа), составляла при рождении 0,12 и 0,38 кг, или 3,2 и 10,8 %, в 4,5 месяца – 1,2 и 2,3 кг, или 5,6 и 9,3 % и к 14-месячному возрасту ярки I группы превосходили тонкорунных сверстниц 2 и 3 групп на 1,6 и 2,7 кг, или на 4,1 и 7,6 %, соответственно, ($P < 0,05$; $P < 0,001$). Предубойная масса молодняка от северокавказских производителей была выше, чем у молодняка 2 и 3 групп соответственно на 1,2 и 3,05 кг или 3,4 и 9,1 %. По массе парной туши ярки 1 группы, полученные от скрещивания тонкорунных маток с баранами-производителями северокавказской породы, превосходили сверстниц 2 и 3 групп соответственно на 0,55 и 1,8 кг, или 3,8 и 13,7 % ($P > 0,05$ и $P < 0,01$). Аналогичная тенденция между сравниваемыми группами наблюдалась и по убойной массе. Ярки, полученные от скрещивания тонкорунных овцематок с полутонкорунными баранами северокавказской мясо-шерстной породы, превосходили сверстниц, полученных от спаривания маток кавказской породы с тонкорунными баранами по всем показателям мясной продуктивности.

The presented research results of crossing ewes of the Caucasian breed and rams of the Soviet Merino, Stavropol and North Caucasus mutton-wool breeds. In the course of the experiment by using the conventional and well-proven methods, we have obtained indicators of live weight, absolute, average daily and relative gains of the control slaughter of young sheep. The highest live weight differed bright, derived from crosses of fine-wool ewes with the manufacturers of the North Caucasian breed (1 group). This difference compared to the peers obtained from the mating of Caucasian ewes with finewool rams (2 and 3 group) amounted to the birth of 0.12 and 0.38 kg, or 3.2 and 10.8%, in 4.5 month is 1.2 and 2.3 kg, 5.6, and 9.3% and by 14 months of age bright I group was superior to the fine peers groups 2 and 3 of 1.6 and 2.7 kg, or 4.1, and 7.6%, respectively ($P < 0,05$; $P < 0,001$). The pre-slaughter weight of juveniles from North Caucasian producers was higher than that of juveniles of groups 2 and 3 by 1.2 and 1.1 kg or 3.4 and 9.2%, respectively. The mass of steam carcass bright 1 group, derived from crosses of fine-wool ewes with rams-producers of severokavkazskiy breed (table. 4), surpassed peers 2 and 3 groups, respectively, 0.55 and 1.8 kg, or 3.8 and 13.7% ($P > 0.05$ and $p < 0.01$). A similar trend is found between the compared groups was observed for slaughter weight. Bright, obtained from crosses of fine-wool ewes with rams - the North Caucasus mutton-wool breed, superior to peers obtained from the mating of ewes of the Caucasian breed of fine-wooled sheep.

Ключевые слова: овцы, межпородное скрещивание, рост, мясная продуктивность.

Key words: sheep, crossbreeding between the breeds, growth, meat productivity.

Введение. Решение проблемы обеспечения населения нашей страны конкурентоспособной продукцией овцеводства необходимо осуществлять путём оптимального использования имеющихся отечественных ресурсов овец отечественной селекции [3, 5, 7, 12, 11, 4, 8, 9]. В то же время успешное развитие отрасли возможно лишь при условии повышения его эффективности за счет роста плодовитости и продуктивности овец, снижения затрат на производство продукции и учета ее экономической значимости. Для этих целей в нашей стране имеются породы и стада, отвечающие современным требованиям по уровню продуктивности и племенным достоинствам, [10]. Важным приемом, оказывающим существенное влияние на уровень и характер продуктивности овец товарных стад, является промышленное скрещивание [6, 9]. При этом успех данного метода определяется выбором баранов-производителей, обладающих устойчивой наследственностью и высоким генетическим потенциалом хозяйственно-полезных признаков. В этой связи целью наших исследований явилось определение наиболее эффективных вариантов скрещивания маток кавказской породы товарного стада с тонкорунными и полутонкорунными баранами на основе изучения некоторых показателей роста, развития и контрольного убоя молодняка различного происхождения.

Материалы и методы. Для проведения научно-хозяйственного опыта в условиях СПК колхоза «Новомарьевский» Ставропольского края была сформирована отара маток кавказской породы в количестве 353 голов. Овцы опытной отары осеменялись спермой баранов-производителей северокавказской мясо-шерстной породы (1 группа), из племязавода «Восток» Ставропольского края – производителями породы «советский меринос» (2 группа), завезенными из колхоза-племязавода им. Ленина Ставропольского края. В качестве контроля использовались чистопородные бараны ставропольской породы (3 группа) из колхоза-племязавода «Вторая пятилетка» Ипатовского района Ставропольского края. При этом обозначение третьего варианта в качестве контроля определяется длительным использованием в хозяйстве баранов ставропольской породы. Рост и развитие молодняка определяли по индивидуальному взвешиванию ягнят каждой группы при рождении, в 2-, 4,5- и 14-месячном возрасте. По результатам взвешивания опытных животных вычислялись среднесуточный и относительный прирост живой массы. Контрольный убой подопытных животных проводился в возрасте 10 месяцев, согласно «Методике оценки мясной продуктивности овец» [9].

Результаты и обсуждение. Важным хозяйственным и селекционным признаком, который положительно коррелирует с мясной и шерстной продуктивностью овец, является живая масса.

Показатели живой массы находятся в прямой зависимости от величины производителя и матки, пола, периода ягнения маток, условий кормления и содержания и ряда других факторов [1, 2, 10]. В нашем эксперименте условия кормления и содержания подопытных животных были идентичны, следовательно, различия в показателях живой массы были связаны с комплексом генетической информации, полученной потомством от родителей разного происхождения.

Молодняк всех групп в учетные периоды имел высокую живую массу (таблица 1). Среди сравниваемых подопытных групп были установлены достоверные различия, абсолютная величина которых с возрастом увеличивалась. Максимальную живую массу имели ярки, полученные от скрещивания тонкорунных маток с производителями северокавказской породы (1 группа). Разница, по сравнению со сверстницами, полученными от спаривания кавказских маток с тонкорунными баранами (2 и 3 группа), составляла при рождении 0,12 и 0,38 кг, или 3,2 и 10,8 %, в 4,5 месяца – 1,2 и 2,3 кг, или 5,6 и 9,3 % и к 14-месячному возрасту ярки I группы превосходили тонкорунных сверстниц 2 и 3 групп на 1,6 и 2,7 кг, или на 4,1 и 7,6 %, соответственно, ($P < 0,05$; $P < 0,001$).

Таблица 1 – Возрастные показатели живой массы ярок разного происхождения, кг

Показатель	Группа		
	1	2	3
	M±m	M±m	M±m
Живая масса, кг:			
при рождении	3,91±0,10	3,79±0,09	3,53±0,08
2 месяца	20,36±0,19	19,59±0,16	18,65±0,18
4,5 месяца	26,84±0,27	25,62±0,29	24,55±0,25
14 месяцев	38,96±0,41	37,41±0,45	36,22±0,39

Показатели изменения живой массы ярок не позволяют объективно оценить особенности роста их в определенные периоды жизни. Поэтому были рассчитаны показатели абсолютного, среднесуточного и относительного приростов живой массы, а также коэффициенты роста.

Высокими показателями абсолютного прироста во все периоды развития отличались опытные животные (таблица 2). При этом наибольшим абсолютным приростом характеризовался молодняк, полученный от производителей северокавказской породы (1 группа). В период от рождения до 14-месячного возраста преимущество потомства этой группы составило, по сравнению со сверстниками от тонкорунных баранов 2 и 3 групп, соответственно 4,3 и 7,2 % ($P < 0,001$).

Таблица 2 – Показатели абсолютного прироста живой массы ярок разного происхождения, кг

Возраст, мес.	Группа		
	1	2	3
от рождения до 2 месяцев	16,45	15,8	15,12
от 2 месяца до 4,5 месяцев	6,48	6,03	5,9
от рождения до 4,5 месяцев	22,93	21,83	21,02
от 4,5 месяцев до 14 месяцев	12,12	11,79	11,67
от рождения до 14 месяцев	35,05	33,62	32,69

Среднесуточный прирост свидетельствует о неравномерности скорости роста подопытных животных в зависимости от периода выращивания и породной принадлежности. Наиболее высокий среднесуточный прирост живой массы отмечался в молочный период выращивания от рождения до 2-месячного возраста во всех подопытных группах.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что ярки 1 и 2 групп превосходят контрольную группу молодняка не только по величине живой массы, но и по среднесуточным приростам (таблица 3). Так, от рождения до 2 месяцев скорость роста потомков 1 и 2 групп на 22,2 г или на 8,8 % и 11,3 г или на 4,5 % соответственно превышала показатели сверстниц контрольной группы.

Таблица 3 – Возрастная динамика средних суточных приростов живой массы ярок разного происхождения

Показатели	Группа		
	1	2	3
Среднесуточный прирост, г:			
от рождения до 2 месяцев	274,17±0,23	263,33±0,21	252,00±0,18
от 2 до 4,5 месяцев	86,40±0,35	80,40±0,33	78,67±0,30
от 4,5 до 14 месяцев	42,52±0,29	41,37±0,25	40,95±0,20
от рождения до 14 месяцев	83,45±0,39	80,05±0,37	77,83±0,30

Выявленная закономерность между изучаемыми группами животных прослеживалась и в последующие возрастные периоды. Так, в период от 2 месяцев до отбивки превосходство ярок 1 и 2 групп над молодняком контрольной группы составило 7,7 г или 9,8 % и около 2 г или 2,2 %, соответственно. От постановки на опыт до 14-месячного возраста показатель среднесуточного прироста в подопытных группах варьировал от 77,8 до 83,5 г. Таким образом, преимущество ярок 1, 2 групп над сверстницами контрольной группы по скорости роста имело место на всех этапах роста.

Наиболее ярко проявились различия при определении темпов относительных приростов у животных разного происхождения 1, 2 и 3 групп в период от рождения до 2 месяцев. Эти показатели составили 420,7 %, 416,9 %, и 428,3 % соответственно.

Самый высокий относительный прирост от рождения до 14 месяцев также наблюдался у молодняка 3 группы – 926,1 %. У ярок 1 группы этот показатель был ниже на 29,7 % и был равен 896,4 %, у ярок 2 группы он равнялся 887,1 %. Подтверждением большей напряжённости роста у ярок контрольной группы явился и коэффициент роста.

Максимальным этот показатель от рождения до 2 месяцев был характерен для ярок 3 группы (5,3). В последующие возрастные периоды скорость роста молодняка изучаемых групп снижается, и в возрастном периоде от 4,5 до 14 месяцев ярки 1 группы имели коэффициент роста 1,4, а 2 и 3 групп – 1,5.

Контрольный убой 10-месячных ярок после снятия их с откорма показал, что предубойная масса помесного молодняка от северокавказских производителей была выше, чем у молодняка 2 и 3 групп соответственно на 1,2 и 3,05 кг или 3,4 и 9,1 % (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты контрольного убоя ярок

Показатель	Группа		
	1	2	3
Масса, кг			
предубойная	36,28±0,44	35,08±0,56	33,23±0,67
парной туши	15,03±0,11	14,48±0,26	13,22±0,22
внутреннего жира	0,52±0,05	0,43±0,04	0,33±0,04
убойная	15,55±0,25	14,91±0,22	13,55±0,21
Убойный выход, %	42,9	42,5	40,8

По массе парной туши ярки 1 группы, полученные от скрещивания тонкорунных маток с баранами-производителями северокавказской породы, превосходили сверстниц 2 и 3 групп соответственно на 0,55 и 1,81 кг, или 3,7 и 12,1 % ($P>0,05$ и $P<0,01$). Примерно такая же тенденция была установлена при сравнении убойной массы в подопытных группах. Молодняк 2 группы, полученный от скрещивания тонкорунных маток и баранов-производителей породы «советский меринос», превосходил молодняка 3 группы, полученный от скрещивания тонкорунных маток и баранов-производителей ставропольской породы, по массе парной туши и убойной массе, соответственно, на 1,26 и 1,36 кг, или на 8,7 и 9,1 %.

У животных 1 группы убойный выход составил 42,9 %, а у ярок 2 и 3 групп меньше соответственно на 0,4 и 2,1 абсолютных процента. В то же время убойный выход у молодняка от советских мериносов был больше на 1,7 абсолютных процента, по сравнению с этим показателем у сверстниц контрольной группы.

Заключение. Таким образом, изучение некоторых показателей весового и линейного роста, развития, скороспелости и результатов контрольного убоя молодняка разных генотипов показало, что дочери, полученные от спаривания овцематок тонкорунных пород с полутонкорунными баранами северокавказской мясо-шерстной породы, превосходили сверстниц, полученных от спаривания маток кавказской породы с тонкорунными баранами.

Библиографический список

1. Абонеев, В.В. Откормочные и мясные качества потомства разных вариантов подбора в товарных стадах [Текст]/ В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых, Д. В.Абонеев // Зоотехния. – 2013. – №1. – С. 24.
2. Абонеев, В.В. Эффективность использования баранов мясошерстных и мясных пород на кавказских матках товарных стад [Текст]/ В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых, Д.В. Абонеев // Аграрная наука. – № 12. – 2009. – С. 17-19.
3. Абонеев, В.В. Использование производителей породы маньчжский меринос из разных репродукторов и разных линий в товарных стадах [Текст]/ В.В. Абонеев, С.Н.Шумаенко // Зоотехния. – 2014. – №3. – С. 23-25.
4. Влияние гена рецептора меланокортина-4 на рост и свойства мяса свиней, выращенных в России [Текст]/ А. Клименко, Л. Гетманцева, Ю. Колосов и др. // Американский журнал сельскохозяйственных и биологических наук. – 2014. – Т. 9. – № 2. – С. 232-237.

5. Генетические основы высокой продуктивности овец и коз [Текст]/ В.В. Абонеев, Л.Н. Чиждова, А.К. Михайленко, Л.В. Ольховская, Д.В. Абонеев. – Ставрополь, 2015. – 256 с.
6. Жиряков, А.М. Промышленное скрещивание овец [Текст]/ А.М. Жиряков, Р.С. Хамцаев. – М.: Агропромиздат, 1986. – 112 с.
7. Колосов, Ю.А. Эффективность двух- и трехпородного скрещивания для повышения уровня и качества мясной продуктивности овец [Текст] / Ю.А. Колосов, А.С. Дегтярь // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2008. – № 2. – С. 31-34.
8. Колосов, Ю.А. Использование отечественных генетических ресурсов для совершенствования мериносовых овец [Текст] : научно-практические рекомендации / Ю.А. Колосов, И.В. Засемчук, А.В. Бородин. – п. Персиановский, 2012.
9. Методика оценки мясной продуктивности овец СНИИЖК [Текст]. – Ставрополь, 2009. – 35 с.
10. Прогнозирование продуктивности, воспроизводства и резистентности овец [Текст]/ А.И. Ерохин, В.В. Абонеев, Е.А. Карасёв, С.А. Ерохин, Д.В. Абонеев. – М., 2010. – 352 с.
11. Система ведения агропромышленного производства Ростовской области (на период 1996-2000 гг.) [Текст] / В.П. Ермоленко, В.И. Степанов, Э.И. Липкович, В.Н. Овчинников, Э.И. Дерлугян, Г.А. Ефанов, П.И. Зеленков, В.Я. Кавардаков, А.Ф. Кайдалов, Г.В. Максимов, Н.В. Михайлов, Л.М. Ожигов, В.Н. Приступа, А.И. Бурьянов, В.П. Калинин, В.В. Виноходов, Б.Л. Дубовой, И.А. Нестеров, М.А. Попов, А.И. Бараников и др. / Департамент сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области. – Ростов-на-Дону, 1996. – Том 2.
12. Эффективность двух-и трехпородного скрещивания овец [Текст] / Ю.А. Колосов, В.В. Шапоренко, А.С. Дегтярь, А.Н. Головнев, В.В. Совков // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2009. – № 3. – С. 10.

Reference

1. Aboneev, V. V. Otkormochnye i myasnye kachestva potomstva raznyh variantov podbora v tovarnyh stadah [Tekst]/ V. V. Aboneev, L. N. Skoryh, D. V. Aboneev // Zootehniya. – 2013. – №1. – S. 24.
2. Aboneev, V. V. Jefferktivnost' ispol'zovaniya baranov myasosherstnyh i myasnyh porod na kavkazskih matkah tovarnyh stad [Tekst]/ V. V. Aboneev, L. N. Skoryh, D. V. Aboneev // Agrarnaya nauka. – № 12. – 2009. – S. 17-19.
3. Aboneev, V. V. Ispol'zovanie proizvoditelej porody manychskij merinos iz raznyh reproduktorov i raznyh linij v tovarnyh stadah [Tekst]/ V. V. Aboneev, S. N. Shumaenko // Zootehniya. – 2014. – №3. – S. 23-25.
4. Vliyanie gena receptora melanokortina-4 na rost i svojstva myasa svinej, vyraschennyh v Rossii [Tekst]/ A. Klimenko, L. Getmanceva, Yu. Kolosov i dr. // Amerikanskij zhurnal sel'sko-hozyajstvennyh i biologicheskikh nauk. – 2014. – T. 9. – № 2. – S. 232-237.
5. Geneticheskie osnovy vysokoj produktivnosti ovec i koz [Tekst]/ V. V. Aboneev, L. N. Chizhova, A. K. Mihajlenko, L. V. Ol'hovskaya, D. V. Aboneev. – Stavropol', 2015. – 256 s.
6. Zhiryakov, A. M. Promyshlennoe skreschivanie ovec [Tekst]/ A. M. Zhiryakov, R. S. Hamicaev. - M.: Agropromizdat, 1986. – 112 s.
7. Kolosov, Yu. A. Jefferktivnost' dvuh- i trehporodnogo skreschivaniya dlya povysheniya urovnya i kachestva myasnoj produktivnosti ovec [Tekst] / Yu. A. Kolosov, A. S. Degtyar' // Ovcy, kozy, sherstyanoje delo. – 2008. – № 2. – S. 31-34.
8. Kolosov, Yu. A. Ispol'zovanie otechestvennyh geneticheskikh resursov dlya sovershenstvovaniya merinosovyh ovec [Tekst] : nauchno-prakticheskie rekomendacii / Yu. A. Kolosov, I. V. Zasemchuk, A. V. Borodin. – p. Persianovskij, 2012.
9. Metodika ocenki myasnoj produktivnosti ovec SNIIZhK [Tekst]. – Stavropol', 2009. – 35 s.
10. Prognozirovanie produktivnosti, vosproizvodstva i rezistentnosti ovec [Tekst]/ A. I. Erohin, V. V. Aboneev, E. A. Karasjov, S. A. Erohin, D. V. Aboneev. – M., 2010. – 352 s.
11. Sistema vedeniya agropromyshlennogo proizvodstva Rostovskoj oblasti (na period 1996-2000 gg.) [Tekst] / V. P. Ermolenko, V. I. Stepanov, Je. I. Lipkovich, V. N. Ovchinnikov, Je. I. Derlugyan, G. A. Efanov, P. I. Zelenkov, V. Ya. Kavardakov, A. F. Kajdalov, G. V. Maksimov, N. V.

Mihajlov, L. M. Ozhigov, V. N. Pristupa, A. I. Bur'yanov, V. P. Kalinichenko, V. V. Vinohodov, B. L. Dubovoj, I. A. Nesterov, M. A. Popov, A. I. Baranikov i dr. / Departament sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya Rostovskoj oblasti. – Rostov-na-Donu, 1996. – Tom 2.

12. Jefferktivnost' dvuh-i trehporodnogo skreschivaniya ovec [Tekst] / Yu. A. Kolosov, V. V. Shaporenko, A. S. Degtyar', A. N. Golovnev, V. V. Sovkov // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. – 2009. – № 3. – S. 10.

E-mail: zootexnia@mail.ru

УДК 636.2.082.35.084:635.657

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НУТА В КОРМЛЕНИИ РЕМОНТНЫХ БЫЧКОВ **THE USE OF THE CHICKPEA IN THE REMOUNT BULL-CALVES FEEDING**

С.И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук
С.В. Чехранова¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Н.В. Струк¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Е.А. Батыргалиев², аспирант

S.I. Nikolayev¹, S.V. Chekhranova¹, N.V. Stryuk¹, E.A. Batyrgaliyev²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Западно-казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,
г. Уральск, Казахстан

¹Volgograd State Agrarian University

²West-Kazakhstan agro-technical University named after Zhangir-Khan, Uralsk, Kazakhstan

В настоящее время актуальной является проблема поиска альтернативных источников протеина, недостаток которого становится всё весомее. В связи с этим были проведены исследования по эффективности использования зерна нута сорта «Приво-1» волгоградской селекции в рационах ремонтных бычков казахской белоголовой породы в сравнении с зерном гороха в условиях СПК-племзавод «Красный Октябрь» Палласовского района Волгоградской области. По результатам химического, аминокислотного и минерального составов было выявлено, что зерно нута сорта «Приво-1» не уступает зерну гороха: по сухому веществу – на 1,03 %, сырому протеину – на 1,1 %, сырому жиру – на 1,15 %, по сумме аминокислот на 2,02 %. Замена гороха на зерно нута сорта «Приво-1» способствовала лучшей усвояемости питательных веществ рационов, что отразилось на динамике живой массы, среднесуточных приростах и относительной скорости роста. Начиная с 9-месячного возраста, бычки опытной группы превосходили по живой массе своих аналогов из контрольной на 1,44 кг или 0,59 %, а в конце опыта, в возрасте 18 месяцев, уже на 11,4 кг или 2,09 %. С увеличением живой массы происходило и повышение среднесуточных приростов. Так, этот показатель у бычков контрольной группы в среднем за весь период опыта находился на уровне 1052,0 г, а у бычков опытной – 1083,5 г, что выше на 2,99 % по сравнению с контролем. По результатам расчета относительной скорости роста подопытных животных также лидировали бычки, получавшие с рационом зерно нута сорта «Приво-1». При расчете экономической эффективности было выявлено, что стоимость дополнительного прироста на одну голову в опытной группе составила 2460,00 рублей. На основании результатов проведенных исследований установлено, что использование зерна нута сорта «Приво-1» в кормлении ремонтных бычков казахской белоголовой породы положительно повлияло на интенсивность их роста и экономические показатели.

Nowadays there is a certain lack of protein in the fodder rations of cattle. It was so necessary to carry out a search for new alternative protein sources. We have studied the use efficiency of the chickpea beans of the variety Privo 1, selected in Volgograd region, in the rations of the remount bull-calves of Kazakh white-headed breed in comparison with the pease beans under conditions of the breeding farm Krasny Ocutyabr District Pallasovka Volgograd region. The results of the chemical, amino acid and mineral content analyses have shown that the chickpea beans of the variety Privo 1

do exceed the pease beans in regard to dry substance by 1.03 per cent, to raw protein by 1.1 per cent, to raw fat by 1.15 per cent, to the sum of amino acids by 2.02 per cent. The exchange of the pease beans for the chickpea beans of the variety Privo 1 has assisted a better assimilability of rations nutrients and that fact has had effect on live weight dynamic, average day increases and comparative growth speed. Beginning from the age of 9 months the bull-calves of the test group have exceeded the bull-calves from the control group by 1.44 kg or by 0.59 per cent, and at the end of the test, at the age of 18 months, by 11.4 kg or 2.09 per cent. With the increase of the live weight have increased the average day increases too. So this index by the bull-calves of the control group amounted in the whole test period to the level of 1,052.0 g, and by the bull-calves of the test one to 1,083.3 g, and that was by 2.99 per cent higher in comparison with the control one. According to estimation results of the average growth speed of the test animals the bull-calves which have got in the ration the chickpea beans of the variety Privo 1 were also in the lead. By the efficiency estimation it has been established that the effect of the supplementary increase per head in the control group has amounted to 2,460.00 Roubles. On the ground of the carried out studies results we have established that the use of the chickpea beans of the variety Privo 1 in the feeding of the remount bull-calves has positive effected the intensity of their growth and economic indices.

Ключевые слова: бычки казахской белоголовой породы, нут, кормопроизводство, рацион, протеин.

Key words: bull-calves of Kazakh white-headed breed, chickpea, fodder production, ration, protein.

Введение. В последние годы на фоне дефицита продуктов животноводства, главным образом мяса, актуальным становится развитие мясного скотоводства [7]. В обеспечении высокой продуктивности сельскохозяйственных животных ведущая роль отводится созданию прочной кормовой базы, организации их рационального и полноценного кормления, основанного на знании потребностей растущего организма в энергии, питательных веществах, витаминах и других биологически активных веществах с учетом физиологического состояния, уровня продуктивности и целевого назначения [4, 6, 8].

По мнению некоторых ученых, для производства животноводческой продукции требуется большое количество растительного белка [2, 9]. Так, на получение 1 кг животного белка необходимо 5-7 кг растительного. С целью повышения протеиновой питательности рационов используют жмыхи, шроты, зернобобовые и отходы промышленности, перерабатывающей сельскохозяйственную продукцию. Применение альтернативных источников протеина значительно снижает дефицит белка и повышает продуктивность животных.

Наиболее перспективной зернобобовой культурой в засушливых районах Нижнего Поволжья является нут, который обладает высокой жаровыносливостью и засухоустойчивостью, а благоприятное сочетание в нем питательных и биологически активных веществ делает его полноценным кормом для сельскохозяйственных животных [6].

В связи с этим целью наших исследований было научное обоснование использования зерна гороха и зерна нута волгоградской селекции сорта «Приво-1» в рационах ремонтных бычков казахской белоголовой породы для племенного выращивания.

Материалы и методы. Научно-исследовательская часть работы была проведена в течение 2016-2017 гг. в условиях СПК-племзавод «Красный Октябрь» Палласовского района, в одном из самых крупных в Волгоградской области хозяйстве, которое занимается разведением племенного скота.

Перед началом научно-хозяйственного опыта произвели отбор проб кормов, используемых в данном предприятии для изучения их химического состава.

Для проведения опыта были сформированы по принципу пар-аналогов три группы бычков казахской белоголовой породы в возрасте 6 месяцев по 10 голов в каждой с учетом породности, возраста, живой массы. Продолжительность опыта составила 365 дней.

Для каждой группы племенных бычков были составлены рационы по детализированным нормам ВИЖ на основании фактического химического состава кормов с учетом живой массы и получения среднесуточных приростов 1000-1300 г. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Продолжительность опыта, дней	Количество голов	Особенности кормления
Контрольная	365	10	Хозяйственный рацион (ХР) с использованием зерна пшеницы и ячменя
1 опытная	365	10	ХР с использованием зерна гороха
2 опытная	365	10	ХР с использованием зерна нута

В качестве концентрированных кормов в рационах бычков в условиях СПК-племзавод «Красный Октябрь» используют зерно ячменя и пшеницы. В 1 опытной группе зерно пшеницы было заменено по питательности на зерно гороха, во 2 опытной – на зерно нута.

Изменение живой массы оценивали путем индивидуального ежемесячного взвешивания каждого животного. Вместе с этим рассчитывали среднесуточный прирост и относительную скорость роста.

Результаты. Главным условием получения высокой продуктивности и сохранности животных является их полноценное и сбалансированное кормление. Реализация генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных возможна только при обеспечении их высококачественными кормами [5, 3].

Перед началом проведения научно-хозяйственного опыта нами были проведены исследования по сравнительному изучению химического и аминокислотного составов зерна нута сорта «Приво-1» и зерна гороха (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Сравнительный химический состав, %

Показатель	Горох	Зерно нута сорта «Приво-1»
Сухое вещество	85,67	86,70
Сырой протеин	21,80	22,90
Сырой жир	2,48	3,63
БЭВ	54,46	54,43
Сырая клетчатка	4,13	2,72
Сырая зола	2,80	3,02

Данные, полученные в ходе изучения химического состава, свидетельствуют о том, что по содержанию основных питательных веществ наблюдались некоторые отличия в пользу зерна нута. Так, по содержанию сухого вещества зерно нута превосходило горох на 1,03 %, по сырому протеину – на 1,10 %, по сырому жиру – 1,15 %. БЭВ определяли расчетным путем, и данный показатель был практически одинаковым.

Белки, как известно, состоят из аминокислот, причем некоторые из них – незаменимые – должны поступать в организм животного с кормами, так как в достаточном количестве они не синтезируются. Отсутствие или недостаток таких аминокислот приводит к ухудшению использования протеина, снижению продуктивности и нарушению обмена веществ.

В связи с вышесказанным необходимо рассмотреть аминокислотный состав корма.

Таблица 3 – Сравнительный аминокислотный состав, %

Наименование показателя	Горох	Нут сорта «Приво-1»
Треонин	1,03	1,14
Серин	1,03	1,20
Аспарагиновая кислота	2,23	2,52
Глицин	0,89	1,08
Аланин	0,90	1,02
Глутаминовая кислота	3,66	3,72
Валин	1,16	1,29
Метионин	0,35	0,48
Лейцин+Изолейцин	2,67	3,04
Фенилаланин	0,93	1,11
Лизин	1,40	1,41
Аргинин	1,81	2,34
Гистидин	0,67	0,76

Полученные результаты изучения аминокислотного состава кормов свидетельствуют о том, что по содержанию отдельных аминокислот лидирует зерно нута сорта «Приво-1». Так, по содержанию треонина превышение в пользу нута составляет 0,11 %, по содержанию серина – 0,17 %, аспарагиновой кислоты – 0,29 %, глицина – 0,19 %, аланина – 0,12 %, глутаминовой кислоты – 0,06 %, валина – 0,13 %, метионина – 0,13 %, лейцина+изолейцина – 0,37 %, фенилаланина – 0,18 %, , аргинина – 0,53 %, гистидина – 0,09 %. По содержанию глутаминой кислоты и лизина существенных изменений не наблюдалось.

Значение минеральных элементов в питании сельскохозяйственных животных очень велико. Это можно объяснить тем, что минеральные вещества участвуют во всех процессах обмена веществ, происходящих в организме [10]. В связи с этим было изучено содержание кальция, фосфора и натрия в зерне нута и подсолнечном жмыхе (диаграмма 1).

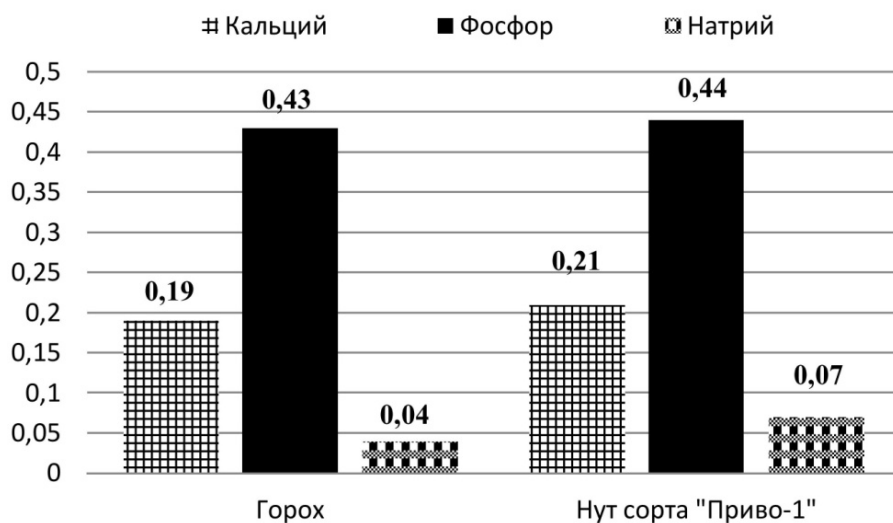


Рисунок 1 – Минеральный сосотав, %

При сравнении минерального состава видно, что содержание макроэлементов в изучаемых кормах находится практически на одном и том же уровне, однако по содержанию кальция и натрия всё же есть небольшое отклонение в пользу зерна нута.

Таким образом, можно констатировать, что зерно нута сорта «Приво-1» по содержанию питательных веществ, аминокислот, минеральных элементов не уступает зерну гороха, что и послужило основанием для исследований по эффективности использования данных зернобобовых культур в кормлении племенных бычков казахской белоголовой породы.

Понятие роста как биологического процесса, увеличение массы организма животного во времени зависит от его питания и может быть определено путём учёта изменений результатов периодических взвешиваний данного процесса. Известно, что живая масса является важным показателем роста и развития животных и одним из основных показателей из продуктивности [1]. Результаты взвешиваний представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Динамика увеличения живой массы ремонтных бычков, кг

Возраст, мес.	Группы, n-10		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
6	160,21±2,82	160,83±2,73	160,73±2,89
7	187,18±2,87	188,02±2,81	188,21±2,83
8	214,61±2,89	215,97±2,94	216,62±3,01
9	242,73±2,92	244,65±2,89	246,09±2,98
10	271,83±2,99	274,87±3,11	276,53±3,05
11	301,59±3,15	305,62±3,24	307,51±3,14
12	331,77±3,47	336,98±3,67	339,38±3,32
13	362,76±3,58	368,88±3,93	372,44±3,61
14	394,63±4,25	401,81±4,31	407,27±3,95*
15	426,96±4,29	436,13±4,42	443,24±4,12*
16	459,71±4,43	472,17±4,69	480,48±4,25**
17	493,01±5,04	508,24±5,12	518,64±4,84**
18	526,93±5,15	544,81±5,68*	557,01±5,04**

* P>0,95, ** P>0,99

В начале научных исследований по живой массе подопытные бычки не имели существенных различий, что свидетельствует об идентичности и правильности сформированных групп. Начиная с 7-месячного возраста наблюдается тенденция к превосходству по живой массе бычков, получавших в составе рациона зернобобовые. Так, этот показатель у бычков 1 опытной группы в возрасте 7 мес. был выше на 0,84 кг, или 0,45 %, 2 опытной – на 1,03 кг, или 0,55 % по сравнению с аналогами из контрольной группы; в 8-месячном возрасте – на 0,63 % и 0,94, в 9-месячном – на 0,79 % и 1,38 %, в 10-месячном – на 1,12 % и 1,73 %, в 11-месячном – на 1,34 % и 1,96 %, в 12-месячном – на 1,57 % и 2,29 %, в 13-месячном – на 1,69 % и 2,67 %, в 14-месячном – на 1,82 % и 3,20 % (P>0,95), в 15-месячном – на 2,15 % и 3,81 % (P>0,95), в 16-месячном – на 2,71 и 4,52 % (P>0,99), в 17-месячном – на 3,09 % и 5,20 % (P>0,99) соответственно. По окончании научно-хозяйственного опыта ремонтные бычки в возрасте 18 месяцев, получавшие в составе рациона зерно гороха, имели живую массу 544,81 кг, бычки, получавшие в составе рациона зерно нута сорта «Приво-1», – 556,21, что выше по сравнению с их аналогами из контрольной группы на 3,39 % и 5,56 % соответственно при достоверной разнице.

Наряду с увеличением живой массы повысились и среднесуточные приросты. В результате исследований установлено, что в первые месяцы проведения научно-хозяйственного опыта среднесуточные приросты живой массы бычков-аналогов существенно не отличались (таблица 5). Однако тенденция к увеличению уже наблюдалась.

Таблица 5 – Среднесуточный прирост по периодам выращивания, г

Возраст, мес.	Группы, n-10		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
6-7	899,0±12,3	906,3±12,5	916,0±12,1
7-8	914,3±12,9	931,7±13,2	947,0±12,7
8-9	937,3±13,1	956,0±13,9	982,3±12,9*
9-10	970,0±13,4	1007,3±13,7	1014,7±13,5*
10-11	992,0±12,8	1025,0±12,3	1032,7±13,2*
11-12	1006,0±12,9	1045,3±13,1	1062,3±13,5*
12-13	1033,0±13,3	1063,3±13,4	1102,0±13,1**
13-14	1062,3±14,9	1097,7±14,5	1161,0±14,9***
14-15	1077,7±15,2	1144,0±14,8*	1199,0±15,1***
15-16	1091,7±14,8	1201,3±14,3***	1241,3±15,2***
16-17	1110,0±15,2	1202,3±14,9**	1272,0±15,4***
17-18	1130,7±15,7	1219,0±15,1**	1279,0±16,7***

Начиная с 8-9-месячного возраста, разница между приростами живой массы бычков 2-й опытной и контрольной групп была достоверной. Так, среднесуточный прирост в этот период у бычков 2-й опытной группы составил 982,3 г, что выше по сравнению с контролем на 4,80 % ($P>0,95$). В период 9-10 месяцев разница в пользу бычков опытных групп составила 3,85 % и 4,60 % ($P>0,95$), 10-11 месяцев – 3,33 % и 4,10 % ($P>0,95$), 11-12 месяцев – 3,91 % и 5,60 % ($P>0,95$), 12-13 месяцев – 2,94 % и 6,68 % ($P>0,99$), 13-14 месяцев – 3,33 % и 9,29 % ($P>0,999$), 14-15 месяцев – 6,16 % ($P>0,95$) и 11,26 % ($P>0,999$), 15-16 месяцев – 10,05 % ($P>0,999$) и 13,71 % ($P>0,999$), 16-17 месяцев – 8,32 % ($P>0,99$) и 14,59 % ($P>0,999$) соответственно. За последний месяц научно-хозяйственного опыта среднесуточный прирост живой массы ремонтных бычков 1-й опытной группы составил 1219,0 г, 2-й опытной – 1252,3 г, что выше по сравнению с контролем на 7,81 % ($P>0,99$) и 10,76 % ($P>0,999$) соответственно.

В процессе исследования мы также рассчитывали относительную скорость роста за весь период научно-хозяйственного опыта (таблица 6). Наибольшей относительной скоростью роста обладал ремонтный молодняк, получавший в составе рациона зернобобовые, зерно гороха и зерно нута сорта «Приво-1».

Таблица 6 – Относительная скорость роста по периодам ($\bar{X} \pm S_m$)

Возраст, мес.	Группы, n-10		
	контрольная	1 опытная	2 опытная
6-7	15,53	15,59	15,75
7-8	13,65	13,84	14,04
8-9	12,30	12,45	12,74
9-10	11,31	11,63	11,65
10-11	10,38	10,59	10,61
11-12	9,53	9,76	9,85
12-13	8,92	9,04	9,29
13-14	8,42	8,55	8,93
14-15	7,87	8,19	8,46
15-16	7,39	7,94	8,06
16-17	6,99	7,36	7,64
17-18	6,65	6,95	6,99

По результатам исследований установлено, что показатели коэффициента роста на протяжении всего опыта во всех периодах были больше у ремонтных бычков опытных групп, чем у их аналогов из контрольной группы. За весь период опыта скорость роста бычков 1-й и 2-й опытных групп по сравнению с бычками контрольной была выше в период 6-7 месяцев на 0,06 % и 0,22 % , 7-8 месяцев – на 0,18 % и 0,38 %, 8-9 месяцев – на 0,16 % и 0,44 %, 9-10 месяцев – на 0,32 % и 0,34 %, 10-11 месяцев – на 0,21 % и 0,23 %, 11-12 месяцев – на 0,23 % и 0,32 %, 12-13 месяцев – на 0,11 % и 0,36 %, 13-14 месяцев – на 0,13 % и 0,52 %, 14-15 месяцев – на 0,32 % и 0,59 %, 15-16 месяцев – на 0,55 % и 0,68 %, 16-17 месяцев – на 0,37 % и 0,65 %, и в последний месяц проведения опыта – на 0,29 % и 0,34 % соответственно.

Таким образом, замена по питательности в рационе ремонтных бычков казахской белоголовой породы пшеницы на зерно гороха и нута сорта «Приво-1» способствовала увеличению динамики живой массы бычков, среднесуточных приростов и относительной скорости роста.

Экономические показатели были определены с учетом всех затрат на используемые в опыте корма.

Таблица 7 - Экономическая эффективность применения гороха и нута сорта «Приво-1» в кормлении ремонтных бычков, руб.

Показатель	Группы		
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Число голов	10	10	10
Продолжительность опыта, суток	365	365	365
Живая масса 1 животного, кг			
на начало опыта	160,21	160,83	160,73
к концу выращивания	526,93	544,81	557,01
Валовой прирост живой массы 1 головы за период опыта, кг	366,72	383,98	396,28
Дополнительно получено продукции, кг:			
на одну голову	-	17,26	29,56
на группу	-	172,6	295,6
Реализационная цена 1 кг живой массой, руб.	200,00	200,00	200,00
Стоимость дополнительного прироста, руб.:			
на одну голову	-	3452	5912
на группу	-	34520	59120

По данным экономических показателей, валовой прирост за весь период опыта на одну голову составил в 1-й опытной группе 383,98 кг, во 2-й опытной – 396,28 кг, а в контрольной – 354,77 кг, что ниже, чем в опытных на 1726 кг и 29,56 кг соответственно. Стоимость дополнительного прироста на одну голову в опытных группах составила – 3452 руб. и 5912 руб. соответственно.

Обсуждение. Проведенными исследованиями установлено, что использование зерна гороха и нута сорта «Приво-1» волгоградской селекции способствовало повышению полноценности и сбалансированности рационов для ремонтных бычков казахской белоголовой породы за счет богатой обеспеченности их аминокислотами, минеральными элементами, что оказало положительное воздействие на переваримость и усвояемость кормов, а также повысило продуктивные качества животных. Лучшие результаты по динамике живой массы, среднесуточных приростов, относительной скорости роста

были зафиксированы у бычков, получавших в составе рациона зерно нута. Также расчеты показали, что кормление ремонтных бычков нутом позволило получить экономический эффект на голову в размере 5912 рублей.

Заключение. Таким образом, использование зернобобовых, гороха и нута в составе рациона для ремонтных бычков способствовало повышению интенсивности их роста. Так, живая масса бычков, которым скармливали зерно гороха и нута, в конце научно-хозяйственного опыта была выше на 3,39 % и 5,56 %, среднесуточный прирост – на 7,81 % и 10,76 % соответственно. При этом экономический эффект по группе от применения зерна гороха и нута составил 3452 руб. и 5912 руб. за период опыта соответственно. На основании проведенных исследований считаем целесообразным использовать зерно гороха и нут «Приво-1» волгоградской селекции при выращивании ремонтных бычков.

Библиографический список

1. Баймишев, Х.Б. Рост и развитие телок голштинской породы [Текст]/ Х.Б. Баймишев // Фермер. Поволжье. – 2017. – № 2 (55). – С. 84-87.
2. Брюхно, О.Ю. Эффективность использования нута в кормлении телят [Текст]/ О.Ю. Брюхно, А.К. Карапетян, В.Н. Агапова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 197-204.
3. Влияние биологически активных кормовых добавок «Лактумин», «Лактофит» и «Лактофлекс» на гематологические показатели молодняка свиней [Текст] / С.И. Николаев, Г.В. Волколупов, В.И. Водяников, В.В. Шкаленко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 147-152.
4. Молочная продуктивность коров как фактор, позволяющий оценить сбалансированность и полноценность кормов [Текст]/ В.Г. Дикусаров, В.В. Шкаленко, Т.А. Акмалиев, Л.В. Андреев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 97-103.
5. Оптимизация полноценного кормления мясных пород крупного рогатого скота на основе использования местных кормовых ресурсов для юго-восточной микрорегиона Саратовской области [Текст]/ С.П. Москаленко, А.А. Васильев, А.П. Коробов, Л.А. Сивохина // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. 01-31 марта 2014. – Саратов, 2014. – С. 250-253.
6. Разработка и использование биологически активных добавок в кормлении сельскохозяйственной птицы [Текст]/ А.К. Карапетян, Е.А. Липова, М.А. Шерстюгина, О.С. Шевченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 123-126.
7. Спивак, М.Е. Влияние новых биологически активных добавок на мясную продуктивность бычков [Текст]/ М.Е. Спивак, Д.А. Ранделин, М.О. Жесткова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 2 (22). – С. 132-137.
8. Чамурлиев, Н.Г. Молочная продуктивность и качество молока коров красно-пестрой, черно-пестрой и красной степной пород [Текст]/ Н.Г. Чамурлиев, А.П. Хабаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 4. – С. 123-127.
9. Christodoulou, V. Nutritional value of chickpeas in rations of broiler chickens / Christodoulou, V.A.Bampidis, B.Hucko, C.Illidia, Z.Mudrik // European Poultry Science. Arch.Geflugelk, 70 (3). - 2006. - P.- 112-118.
10. Wojcik, M.; Contribution of L+ and D- lactic acid to metabolic acidosis during neonatal calf diarrhea / M. Wojcik; U. Kosior -Korzecka; R. Bobowiec // Med.weter., 2010. – Vol. 66. – № 8. – P. 547-550

Reference

1. Bajmishev, H. B. Rost i razvitie telok golshtinskoj porody [Tekst]/ H. B. Bajmishev // Fermer. Povolzh'e. – 2017. – № 2 (55). – S. 84-87.
2. Bryuhno, O. Yu. Jefferktivnost' ispol'zovaniya nuta v kormlenii telyat [Tekst]/ O. Yu. Bryuhno, A. K. Karapetyan, V. N. Agapova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2 (42). – S. 197-204.

3. Vliyanie biologicheskii aktivnykh kormovykh dobavok “Laktumin”, “Laktofit” i “Laktofleks” na gematologicheskie pokazateli molodnyaka svinej [Tekst] / S. I. Nikolaev, G. V. Volkolupov, V. I. Vodyannikov, V. V. Shkalenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 2 (42). – S. 147-152.

4. Molochnaya produktivnost' korov kak faktor, pozvolyayushchij ocenit' sbalansirovannost' i polnocennost' kormov [Tekst] / V. G. Dikusarov, V. V. Shkalenko, T. A. Akmaliev, L. V. Andreenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – № 4 (40). – S. 97-103.

5. Optimizatsiya polnocennogo kormleniya myasnykh porod krupnogo rogatogo skota na osnove ispol'zovaniya mestnykh kormovykh resursov dlya yugo-vostochnyj mikrozony Saratovskoy oblasti [Tekst] / S. P. Moskalenko, A. A. Vasil'ev, A. P. Korobov, L. A. Sivohina // Agrarnaya nauka v XXI veke: problemy i perspektivy: materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. 01-31 marta 2014. – Saratov, 2014. – S. 250-253.

6. Razrabotka i ispol'zovanie biologicheskii aktivnykh dobavok v kormlenii sel'skokozyajstvennoj pticy [Tekst] / A. K. Karapetyan, E. A. Lipova, M. A. Sherstyugina, O. S. Shevchenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2014. – № 2(34). – S. 123-126.

7. Spivak, M. E. Vliyanie novykh biologicheskii aktivnykh dobavok na myasnuyu produktivnost' bychkov [Tekst] / M. E. Spivak, D. A. Randelin, M. O. Zhestkova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2011. – № 2 (22). – S. 132-137.

8. Chamurlijev, N. G. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka korov krasno-pestroj, cherno-pestroj i krasnoj stepnoj porod [Tekst] / N. G. Chamurlijev, A. P. Habarov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2008. – № 4. – S. 123-127.

9. Christodoulou, V. Nutritional value of chickpeas in rations of broiler chickens / Christodoulou, V.A.Bampidis, B.Hucko, C.Illidia, Z.Mudrik // European Poultry Science. Arch.Geflugelk, 70 (3). – 2006. – R. 112-118.

10. Wojcik, M.; Contribution of L+ and D- lactic acid to metabolic acidosis during neonatal calf diarrhea / M. Wojcik; U. Kosior -Korzecka; R. Bobowiec // Med.weter., 2010. – Vol. 66. – № 8. – P. 547-550.

E-mail: erkin231088@mail.ru

УДК 636.2.034

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ ОТ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ

MANUFACTURE EFFICIENCY OF DAIRY RAW MATERIALS FROM COWS OF GOLSHTINSKY BREED OF FOREIGN SELECTION

А.В. Ранделин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.А. Кайдулина, кандидат сельскохозяйственных наук

Т.Н. Бармина, старший научный сотрудник

Е.С. Воронцова, аспирант

A.B. Randelin, A.A. Kaidulina, T.N. Barmina, E.S. Vorontsova

*ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт
производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград*

Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk production

В работе представлен материал научно-производственных исследований молочной продуктивности коров разной генетической селекции и качество молочного сырья. Исследованиями установлено, что в условиях Нижнего Поволжья наиболее успешно адаптацию прошли животные германской и австралийской селекции. Их потомки, благодаря обоснованной селекционной программе, используемой в хозяйстве, улучшили генетический потенциал матерей, тогда как при работе с животными датской и американской селекции необходимо скорректировать

отбор и подбор на повышение удоев. По содержанию жира в молоке у подопытных коров в зависимости от их происхождения и поколения имелись несущественные различия, свидетельствующие о стабильной передаче из поколения в поколение качественных показателей молока: содержания жира и белка животными германской и австралийской селекции.

The paper presents the material of scientific and industrial research on milk productivity of cows of different genetic selection and the quality of dairy raw materials. It has been established by research that under the conditions of the Lower Volga region the animals of German and Australian selection were most successfully adapted. Their descendants, thanks to a well-founded breeding program used in the farm, improved the genetic potential of mothers. Whereas when working with Danish and American animals, it is necessary to adjust the selection for raising milk yields. According to the content of fat in milk in experimental cows, depending on their origin and generation, there were insignificant differences, indicating a stable transmission from generation to generation of quality indicators of milk - the fat and protein content of animals from German and Australian breeding.

Ключевые слова: коровы, молочная продуктивность, качество молочного сырья, генетический потенциал, поколение, жир, белок.

Key words: cows, milk productivity, quality of dairy raw materials, genetic potential, generation, fat, protein.

Работа выполнена в рамках Государственного Задания

Введение. В решении проблемы производства продовольствия животноводство играет решающую роль.

Отраслевой целевой программой развития молочного скотоводства предусматривается совершенствование генетических ресурсов отечественных пород молочного крупного рогатого скота с повышением их продуктивного долголетия. В настоящее время Россия по объемам производства молока занимает 5 место в мире [1]. В структуре молочных пород крупного рогатого скота хозяйств Российской Федерации значительное место занимает голштинская порода. Однако животные данной породы, завезенные из отдельных стран, существенно различаются по адаптации и продуктивным качествам. В зависимости от генетической основы завезенного поголовья имеются различия в формировании продуктивных и качественных показателей молока у их потомков [2, 3, 7, 8].

В связи с этим изучение продуктивных и качественных показателей молока коров разной селекции по поколениям актуально и позволяет концентрировать направление селекции конкретно для каждой экологогенетической группы. При этом возможно целенаправленно осуществлять селекцию на получение молочного сырья нужного для создания продуктов направленного действия, так как спрос на молочные продукты функционального назначения возрастает [4, 5].

Нами изучены особенности формирования продуктивности и качественных показателей молока у коров разных поколений в зависимости от страны происхождения их предков по материнской стороне (Германия, Австралия, Дания, США).

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в условиях промышленного комплекса по производству молока (на 1700 коров) ОАО «Донское» Калачевского района Волгоградской области на коровах голштинской породы. Для проведения исследований были использованы данные первичного зоотехнического учета, данные бонитировок и собственных экспериментальных работ, обработаны данные продуктивности коров разных поколений (матери, дочери, внуки, правнучки) германской, австралийской, датской и американской селекции.

В обработку были включены основные данные продуктивности коров за 305 дней лактации или укороченную лактацию. При этом учитывали удой, содержание в молоке жира и белка. Исследования проводили по схеме матери – дочери – внучки – правнучки.

Весь цифровой материал обработали методом вариационной статистики (Плохинский Н.А. 1969) на ПК с использованием программ Microsoft Office и определением критерия достоверности разницы по Стьюденту-Фишеру.

Результаты и обсуждение. Изучение динамики удоев коров разной экологогенетической селекции (Германия, Австралия, Дания, США) за 305 дней первой лактации показал, что наиболее высокоудойными (11 960 кг) были животные, завезенные из Америки (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика удоя молока по поколениям коров
разной селекции, кг

Группа животных	Германия			Австралия		
	n	M±m	Cv	n	M±m	Cv
Матери	187	6198,5±75,19	16,0	250	6926,0±88,47	13,0
Дочери	265	7454,7±48,39	13,1	250	7357,0±47,73	13,1
Внучки	268	7515,3±63,08	15,1	368	7725,2±49,37	11,0
Правнучки	106	7537,8±24,95	12,1	45	7484,2±42,76	13,1
Группа животных	Дания			США		
	n	M±m	Cv	n	M±m	Cv
Матери	166	9987,6±38,92	16,1	182	11960,0±38,26	16,0
Дочери	166	8094,3±63,48	8,6	183	7335,8±60,10	11,0
Внучки	221	7598,2±56,36	10,0	12	7534,8±99,76	8,2
Правнучки	6	7703,7±96,59	3,7	–	–	–

Удой молока этих коров был выше чем у сверстниц германской селекции на 5761,5 кг; австралийской – на 5034,0 кг и датской – на 1972,4 кг.

Среди дочерей импортных коров наиболее продуктивными были представительницы датской селекции, их удой был выше чем у сверстниц германской селекции на 639,6 кг; австралийской – на 737,3 кг и американской – на 758,5 кг. При сравнении продуктивности дочерей с их матерями установлено, что у представительниц немецкой селекции удой дочерей был выше, чем у матерей на 1256,2 кг, у австралийской – на 431,0 кг, тогда как дочери коров датской селекции уступали своим матерям на 1893,3 кг и американской – на 4624,2 кг. Таким образом, дочери коров немецкой и австралийской селекции в связи с лучшей акклиматизационной способностью и обоснованной селекционной программой, используемой в хозяйстве, улучшили генетический потенциал матерей, тогда как при работе с животными датской и американской селекции необходимо скорректировать отбор и подбор на повышение удоев. Особенно это относится к популяции американской селекции, где снижение удоя дочерей, в сравнении с матерями, составило 38,7 %.

Среди внучек наиболее высокопродуктивными были особи, имеющие австралийское происхождение, их продуктивность была выше, чем у сверстниц германской селекции на 209,9 кг; датской – 127,0 кг; американской – 190,4 кг.

Правнучки коров, завезенных из Дании, по надою превосходили своих сверстниц германской селекции на 165,9 кг; австралийской – 219,5 кг.

Анализ динамики удоев молока по поколениям внутри каждой группы показал, что она была различной.

Так, дочери, внуки и правнучки коров германской селекции превосходили своих импортных матерей по удою на 1256,2 кг, или на 20,2 % ($P>0,999$); 1316,8 кг или 21,2 % ($P>0,999$); и 1339,3 кг или 21,6 % ($P>0,999$). В австралийской селекции удои матерей также были ниже удои дочерей, внуков и правнучек соответственно на 431,0 кг или 10,6 % ($P>0,95$); 799,2 кг или 11,2 % ($P>0,95$); и 558,2 кг или 10,8 % ($P>0,95$).

В группе животных датской селекции дочери, внуки и правнучки в сравнении с импортными коровами-матерями снизили удои молока на 1893, 3 кг или 19,0 % ($P>0,999$); 2389 кг или 24,0 % ($P>0,999$); и 2283,9 кг или 22,9 % ($P>0,999$).

В группе животных американской селекции дочери и внуки уступали по удою импортным предкам на 4624,2 кг или 37,7 % ($P>0,999$) и 4425,2 кг или 37,0 % ($P>0,999$).

Результаты исследований показали, что в условиях Нижнего Поволжья наиболее успешно адаптировались животные голштинской породы германской и австралийской селекции.

В связи с тем, что у животных датской и американской селекции наблюдается снижение удоев коров по поколениям необходимо закреплять коров за быками с высокой продуктивностью женских предков в их родословной.

В процессе исследований, с учетом фенотипических факторов, были выявлены незначительные различия между качественными показателями (жир, белок) молока животных в зависимости от происхождения и поколения (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика содержания жира в молоке по поколениям коров разной селекции, %

Группа животных	Германия			Австралия		
	n	M±m	Cv	n	M±m	Cv
Матери	187	4,0±0,02	5,2	254	3,9±0,02	4,0
Дочери	265	3,8±0,01	4,3	250	3,9±0,01	4,2
Внуки	268	3,8±0,01	3,3	368	3,8±0,01	4,1
Правнучки	106	3,9±0,03	4,0	45	3,8±0,02	4,1
Группа животных	Дания			США		
	n	M±m	Cv	n	M±m	Cv
Матери	166	4,1±0,03	9,3	182	3,7±0,03	10,0
Дочери	166	3,8±0,01	3,3	183	3,8±0,01	4,2
Внуки	221	3,8±0,01	2,4	12	3,9±0,02	1,3
Правнучки	6	3,9±0,02	1,2	–	–	–

Содержание жира в молоке коров германской селекции с возрастанием поколения изменилось: в сравнении с матерями дочери, внуки и правнучки снизили содержание жира на 0,2 %; 0,2 %; и 0,1 %.

В австралийской селекции, по сравнению с матерями, у дочерей изменений в содержании жира в молоке не произошло; внуки и правнучки снизили этот показатель соответственно на 0,1 % и 0,1 %.

В датской селекции относительно матерей дочери, внуки и правнучки снизили содержание жира в молоке на 0,3 %; 0,3 % и 0,2 %.

В американской селекции у дочерей и внуков содержание жира в молоке, по сравнению с матерями, увеличилось на 0,1 % и 0,2 %.

Таким образом, у подопытных коров в зависимости от их происхождения и поколения имелись несущественные различия по содержанию жира в молоке.

Важным показателем качества молока является содержание белка. Установлено, что в группах германской, австралийской и датской селекции, по поколениям: матери – дочери – внуки – правнучки – показатель содержания белка в молоке был стабилен. По мнению ряда ученых, содержание жира и белка в молоке на 55- 60 % обусловлено

наследственными факторами [6]. Экспериментальные данные свидетельствуют о стабильной передаче из поколения в поколение животными германской и австралийской селекции качественных показателей молока – содержание жира и белка.

Известно, что молочная продуктивность животных в силу физиологических особенностей организма имеет положительную корреляционную связь с их живой массой (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика живой массы по поколениям
коров разной селекции, кг

Группа животных	Германия		Австралия	
	n	M±m	n	M±m
Матери	187	592,5±2,00	250	556,2±2,33
Дочери	265	559,7±2,38	250	573,1±2,52
Внучки	268	550,7±2,60	368	558,9±2,00
Правнучки	106	544,7±7,17	45	547,8±3,82
Группа животных	Дания		США	
	n	M±m	n	M±m
Матери	166	584,8±2,40	182	535,5±1,37
Дочери	166	566,6±2,42	183	534,9±1,20
Внучки	221	554,1±1,75	12	–
Правнучки	6	536,7±7,60	–	–

Анализ динамики живой массы коров по поколениям показал, что в группе коров германской и датской селекции произошло достоверное ее снижение, тогда как по австралийской и американской селекции она варьировала в узких пределах.

Заключение. Из вышесказанного следует, что наиболее успешно адаптацию прошли животные германской и австралийской селекции. Удой и качественные показатели молока коров этих селекционных групп в поколениях повышались. У коров датской и американской селекции наблюдается снижение удоев по поколениям, поэтому для достижения максимального положительного результата необходимо закреплять коров за быками-улучшателями с высокой продуктивностью женских предков в их родословной.

Библиографический список

1. Амерханов, Х.А. Состояние и развитие молочного скотоводства в Российской Федерации [Текст] / Х.А. Амерханов // Молочное и мясное скотоводство. – 2017. – № 1. – С. 2.
2. Горлов, И.Ф. Хозяйственно-полезные признаки черно-пестрого скота поволжского типа в зависимости от генотипа [Текст] / И.Ф. Горлов, А.И. Сивков, А.В. Ранделин // Зоотехния. – 2005. – № 11. – С. 23-25.
3. Карпова, О. Адаптивные принципы ведения скотоводства в Поволжье [Текст] / О. Карпова, Е. Анисимова, Е. Батыршина // Молочное и мясное скотоводство. – 2004. – № 8. – С. 7.
4. Механизмы производства животноводческого сырья и повышение биологической ценности социально значимой продукции на основе биотехнологических молекулярно-генетических методов [Текст] : монография / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, С.Е. Божкова, Н.И. Мосолова, Е.Ю. Злобина, В.Н. Храмова. – Волгоград: ВолгГТУ, 2016. – 192 с.
5. Молочное скотоводство России [Текст] / Н.И. Стрекозов, Х.А. Амерханов, Н.Г. Первов и др. – Москва, 2006. – 604 с.
6. Производство молока [Текст] : учебно-методическое пособие / Н.В. Казаровец, В.М. Казакевич, И.С. Крук, С. Винницкий. – Минск: БГАТУ, 2011. – 168 с.
7. Сивков, А.И. Совершенствование продуктивных качеств скота черно-пестрой породы в условиях Нижнего Поволжья [Текст] : монография / А.И. Сивков. – Москва: Вестник РАСХН, 2006. – 288 с.

8. Gorlov, I.F. Productivity and adaptation capability of Holstein cattle of different genetic selections / I.F. Gorlov, S.E. Bozhkova, O.P. Shakhbazova, V.V. Gubareva, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.N. Fiodorov, A.S. Mokhov // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. – 2016. – Vol. 40. – № 5. – P.527-533.

Reference

1. Amerhanov, H. A. Sostoyanie i razvitie molochnoho skotovodstva v Rossijskoj Federacii [Tekst] / H. A. Amerhanov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2017. – № 1. – S. 2.
2. Gorlov, I. F. Hozyajstvenno-poleznye priznaki cherno-pestrogo skota povolzhskogo tipa v zavisimosti ot genotipa [Tekst] / I. F. Gorlov, A. I. Sivkov, A. V. Randelin // Zootehniya. – 2005. – № 11. – S. 23-25.
3. Karpova, O. Adaptivnye principy vedeniya skotovodstva v Povolzh'e [Tekst] / O. Karpova, E. Anisimova, E. Batyrshina // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2004. – № 8. – S. 7.
4. Mehanizmy proizvodstva zhivotnovodcheskogo syr'ya i povyshenie biologicheskoy cennosti social'no znachimoy produkcii na osnove biotekhnologicheskikh molekulyarno-geneticheskikh metodov [Tekst] : monografiya / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, S. E. Bozhkova, N. I. Mosolova, E. Yu. Zlobina, V. N. Hramova. – Volgograd: VolgGTU, 2016. – 192 s.
5. Molochnoe skotovodstvo Rossii [Tekst] / N. I. Strekozov, H. A. Amerhanov, N. G. Pervov i dr. – Moskva, 2006. – 604 s.
6. Proizvodstvo moloka [Tekst] : uchebno-metodicheskoe posobie / N. V. Kazarovec, V. M. Kazakevich, I. S. Kruk, S. Vinnickij. – Minsk: BGATU, 2011. – 168 s.
7. Sivkov, A. I. Sovershenstvovanie produktivnykh kachestv skota cherno-pestroj porody v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] : monografiya / A. I. Sivkov. – Moskva: Vestnik RASXN, 2006. – 288 s.
8. Gorlov, I.F. Productivity and adaptation capability of Holstein cattle of different genetic selections / I.F. Gorlov, S.E. Bozhkova, O.P. Shakhbazova, V.V. Gubareva, N.I. Mosolova, E.Y. Zlobina, Y.N. Fiodorov, A.S. Mokhov // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. – 2016. – Vol. 40. – № 5. – R. 527-533.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК: 619:618.3-06:-009.24:636.22.28

РАЗВИТИЕ, ОБОСНОВАНИЕ ДИАГНОЗА И ТЕРАПИЯ ЭКЛАМПСИЧЕСКОГО СИНДРОМА У СУХОСТОЙНЫХ КОРОВ DEVELOPMENT, JUSTIFICATION OF DIAGNOSIS AND THERAPY OF ECLAMPSIC SYNDROME IN DRY COWS

В.Д. Кочарян¹, кандидат биологических наук, доцент

С.А. Приходько¹, аспирант

В.С. Авдеенко², доктор ветеринарных наук, профессор

С.Н. Тресницкий³, кандидат ветеринарных наук, доцент

V.D. Kocharyan¹, S.A. Prikhodko¹, V.S. Avdeenko², S.N. Tresnitsky³

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²;ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

³УО «Луганский национальный аграрный университет»

¹Volgograd State Agrarian University

²Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov

³Lugansk National Agrarian University

Сухостойные коровы с диагнозом «эклампсия» были распределены на три основные группы (согласно шкале Виттлингера [8]). В первую группу были определены животные с клиническими признаками эклампсии легкой степени (50), во 2-ю – с клиническими признаками эклампсии средней степени (48), в 3-ю – с клиническими признаками эклампсии тяжелой степени (32). Систе-

мы «Кислотно-основного состояния» и «Перекисное окисление липидов-антиоксидантная защита», изучены у сухостойных коров при подтверждении диагноза согласно степени тяжести течения эклампсии. Установлено, что у сухостойных коров на завершающем этапе беременности показатели системы «Перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» при тяжело протекающей эклампсии представляют значительную диагностическую ценность. Кроме того, в крови сухостойных коров, при легкой форме течения эклампсии, концентрация промежуточных продуктов кетодиенов, а также сопряженных триенов, согласно статистически достоверным данным, повышается в 1,69 раз, по сравнению с эклампсией у коров со средней степенью тяжести течения данного заболевания. При тяжелой форме эклампсии концентрация вышеуказанных веществ возрастает в 3,56 раза. При легкой форме течения эклампсии содержание малонового диальдегида составило $1,132 \pm 0,29$ мкмоль/л, при эклампсии у коров со средней степенью тяжести течения заболевания данный показатель возрастает только в 1,11 раза. При проявлении же у животных тяжелой формы течения эклампсии содержание малонового диальдегида увеличилось в 1,35 раза. Проведенными исследованиями было доказано, что применение метаболических и антиоксидантных средств коровам позволяет предупредить развитие акушерской патологии у 92,8 % животных с диагнозом «эклампсия». Проявление акушерских патологий было сокращено в 3,47 раза. Результаты назначения метаболического препарата «Метабол®» и антиоксидантного препарата «Селенолин®» сухостойным коровам при различных формах течения эклампсии свидетельствуют о том, что осуществляется активация обменных и энергетических процессов, повышение общей антиоксидантной активности организма и подавление процесса перекисного окисления липидов.

Dry cows diagnosed with eclampsia were divided into three main groups (according to the Wittlinger scale). In the first group, animals with clinical signs of eclampsia of mild degree (50), in the second group with clinical signs of moderate eclampsia (48), in the third group with clinical signs of eclampsia of severe degree (32) were determined. Systems "Acid- ground state "and" lipid peroxidation-antioxidant protection ", were studied in dry cows with confirmation of the diagnosis according to the severity of the course of eclampsia. It was established that in the dry cows at the final stage of pregnancy, the parameters of the system "lipid peroxidation - antioxidant protection" in case of severe eclampsia are of considerable diagnostic value. In addition, in the blood of dry cows, with a mild form of eclampsia, the concentration of intermediate products of ketodienes, as well as conjugated trienes, according to statistically reliable data, increases by 1.69 times in comparison with the eclampsia of reproaches with an average degree of severity of the course of the disease. With severe eclampsia, the concentration of the above substances increases 3.56 times. With a mild form of eclampsia, the content of malon-aldehyde was 1.132 ± 0.29 $\mu\text{mol} / \text{l}$, with eclampsia of cows with an average severity of the disease, this index increases only by 1.11 times. When the manifestation of a severe form of eclampsia in animals, the content of malon-aldehyde increased by 1.35 times. Studies have shown that the use of metabolic and antioxidant means for cows, can prevent the development of obstetrical pathology in 92.8% of animals diagnosed with eclampsia. The manifestation of obstetric pathologies was reduced by 3.47 times. The results of the appointment of the metabolic preparation Metabol® and the antioxidant preparation Selenolin® to dry cows at various forms of eclampsia indicate that the activation of metabolic and energy processes, the increase of total antioxidant activity of the organism and suppression of the process of lipid peroxidation are carried out.

Ключевые слова: сухостойные коровы, кровь, системы «Кислотно-основное состояние» и «Перекисное окисление липидов-антиоксидантная защита», эклампсия, метаболический препарат «Метабол®», селеноорганический препарат, «Селенолин®».

Key words: dry cows, blood, "acid-base state" and "lipid peroxidation-antioxidant protection" systems, eclampsia, Metabol® metabolic selenium, Selenolin®.

Введение. Увеличение количества беременных коров, имеющих выраженную симптоматику эклампсии, регистрируется в большинстве стран с развитым агропромышленным комплексом [1, 12]. Метаболическое напряжение, или метаболический стресс, является основным симптомом данного заболевания, которое приводит к катаболизму и гипопроотеинемии в виде снижения «запасных белков» (альбуминов) в крови, анемии [5],

увеличению уровня белка в моче, а также к нарушению иммунного статуса, то есть к синдромам полиорганной и полисистемной недостаточности [2, 4]. При этом метаболическая полноценность плаценты обеспечивает функционирование всей системы «мать – плацента – плод». Осложнения беременности, включая эклампсию, приводят к развитию фетоплацентарной недостаточности, сопровождающей дисбаланс обменных процессов, происходящих в плаценте на молекулярном и клеточном уровнях [7, 11].

На данный момент не исключается, что одной из причин возникновения эклампсии у беременных коров может послужить нарушение прооксидантно-антиоксидантного баланса, в котором витамины-антиоксиданты осуществляют регуляторную функцию. При проявлении эклампсии у коров в любой клинической форме наблюдается изменение уровня ретинола и α -токоферола [2].

У животных, имеющих симптомы эклампсии, по данным одних исследователей, наблюдается повышение уровня перекисей липидов в сыворотке крови и плаценте, а также снижение уровня витаминов А и Е в сыворотке крови плода [9, 12]. Тем не менее, существуют и противоположные результаты исследований, которые указывают на то, что у беременных коров с симптомами эклампсии концентрация ретинола и α -токоферола выше, чем у животных с физиологическим течением беременности [8, 12].

Терапия беременных животных, страдающих тяжелой формой эклампсии, является одной из сложнейших проблем ветеринарной медицины. Патогенез эклампсии достаточно сложен. Довольно прочную позицию на данный момент занимает концепция хронического гиповолемического шока. Из этого вытекают методы патогенетической терапии тяжелых форм эклампсии [6, 7]. Терапия эклампсии у коров должна проводиться, в соответствии с современными представлениями, с использованием препаратов нового класса, которые обладают реологическими свойствами, а также оказывают минимальные побочные эффекты. Данные лекарственные средства необходимо рассматривать как наиболее подходящие инфузионные среды, используемые при коррекции гиповолемии и различных гемореологических нарушений [8].

Многие авторы [3, 10] утверждают, что применение метаболитов и антиоксидантов показано как дополнительное средство неспецифической превентивной терапии эклампсии беременных животных. Так, созданы инъекционный метаболический препарат «Метабол[®]» и композиционный селеноорганический препарат «Селенолин[®]» [7], что существенно расширяет возможности дозированного применения бутофосфана, витамина В₁₂ и селена для восстановления репродуктивного здоровья животных.

Целью данной работы послужило выяснение эффективности применения метаболической и антиоксидантной терапии при эклампсии коров в поздние сроки беременности с помощью анализа уровня ретинола, α -токоферола, а также малонового диальдегида в фетоплацентарной системе.

Материалы и методы. Основой исследовательской работы являются результаты обследования 186 голов коров, принадлежащих хозяйствам различных организационно-правовых форм собственности Волгоградской и Саратовской областей и находящихся в сухостойном периоде. По результатам обследований животные были разделены на 4 группы. Контрольная группа была набрана из 48 коров с физиологическим течением беременности. Животные с симптомами эклампсии были разделены на три основные группы (по шкале Виттлингера [8]): в первую группу попали коровы с эклампсией (50), которым применяли введение препарата «Метабол[®]» внутримышечно, в дозировке 5 мл, трехкратно, соблюдая интервал в 24 часа; во 2-ю — с эклампсией (48), которым применяли введение препарата «Селенолин[®]» внутримышечно в дозе 5 мл, с интервалом 24 часа, трехкратно; в 3-ю — с эклампсией (40), которым применяли введение препарата «Селенолин[®]» внутримышечно в дозе 5 мл, с интервалом 24 часа, трехкратно, в сочетании с препаратом «Метабол[®]» внутримышечно, в дозировке 5 мл, трехкратно, соблюдая интервал в 24 часа.

На первом этапе исследований были проведены клинические и лабораторные обследования коров без применения дополнительной метаболической и антиоксидантной терапии в период беременности.

Для проведения гематологических исследований осуществляли забор крови натошак. Исследования биохимических показателей крови были проведены с помощью анализатора CIBA - CORING 288 BLOOD GAS SYSCEM (производитель – США). Полученные данные выражали в мкмоль/л, КДиСТ - в усл. ед.

Определение уровня α – токоферола проводилось с помощью люминесцентного анализа. В качестве эталона был использован D-, L-, α -токоферол, произведенный фирмой «SERVA». Определение концентрации ретинола осуществляли одновременно с α -токоферолом. Данные, полученные по содержанию α -токоферола и ретинола в отобранных биоматериалах, были выражены в мкмоль/л.

Для проведения исследований амниотическая жидкость была получена путем трансабдоминального амниоцентеза, который был проведен под контролем УЗИ. Затем амниотическая жидкость вводилась из шприца в камеру микроанализатора 01-215 фирмы «Раделкис». Глюкозу в амниотической жидкости определяли с помощью ортотолуидинового метода Гульмана в модификации М.Е. Халенского, Ф.М. Калерно с последующим калориметрированием на ФЭК-56 против дистиллированной воды с желтым светофильтром № 7 в кювете с толщиной слоя 5 мм. Также в амниотической жидкости определялся уровень креатинина с помощью цветной реакции Яффе с пикриновой кислотой методом Поппера с построением калибровочной кривой. Полученные результаты биохимических показателей были выражены в мкмоль на литр (креатинин) и ммоль на литр (глюкоза). (Колб В.Г., Камышников В.С., 1982).

Во время второго этапа исследований трем экспериментальным группам коров были назначены метаболическая и антиоксидантная терапия.

Для статистического анализа данных использовались стандартные программы Microsoft Excel 2000 SPSS 10.0.5 for Windows.

Результаты. Чтобы установить клинический диагноз и оценить степень тяжести заболевания, был использован комплекс клинических и лабораторных исследований.

Распространенность экстрагенитальной патологии в экспериментальных группах составила $97,7 \pm 2,5$ % (в контрольной группе – $49,6 \pm 3,9$ %).

В целях исследования механизмов процессов перекисного окисления липидов у страдающих эклампсией беременных животных были определены концентрации первичных, промежуточных и конечных продуктов перекисного окисления липидов (таблица 1).

Таблица 1 – Колебания первичных, промежуточных и конечных продуктов перекисного окисления липидов в крови больных коров эклампсией

Показатель	Эклампсия легкой степени (n = 15)	Эклампсия средней степени (n = 15)	Эклампсия тяжелой степени (n = 15)
Изолированные двойные связи (усл. ед.)	$1,423 \pm 0,62$	$1,654 \pm 0,23^*$	$1,834 \pm 0,32^{**}$
Диеновые конъюгаты (мкмоль/л)	$0,396 \pm 0,05$	$0,528 \pm 0,12^*$	$0,673 \pm 0,13^{**}$
Кетодиены и сопряженные триены (усл. ед.)	$0,109 \pm 0,03$	$0,147 \pm 0,03^*$	$0,323 \pm 0,04^{**}$
Маноловый диальдегид (мкмоль/л)	$1,109 \pm 0,13$	$1,245 \pm 0,12^*$	$1,565 \pm 0,11^*$

Примечание: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

При анализе концентраций двойных связей в крови сухостойных коров, имеющих симптомы эклампсии средней степени тяжести, необходимо отметить, что в этом случае наблюдается их повышение на 20,47 %; при легкой степени эклампсии – на 15,75 % и при тяжелой степени эклампсии – на 34,15 %. В крови сухостойных коров при легкой форме течения эклампсии концентрация промежуточных продуктов кетодиенов, а также сопряженных триенов, согласно статистически достоверным данным, повышается в 1,69 раз по сравнению с эклампсией у коров со средней степенью тяжести течения данного заболевания; при тяжелой форме эклампсии концентрация вышеуказанных веществ возрастает в 3,56 раз. При легкой форме течения эклампсии содержание манолового диальдегида составило $1,132 \pm 0,29$ мкмоль/л, при эклампсии у коров со средней степенью тяжести течения заболевания данный показатель возрастает только в 1,11 раза; при проявлении же у животных тяжелой формы течения эклампсии содержание манолового диальдегида увеличилось в 1,35 раза.

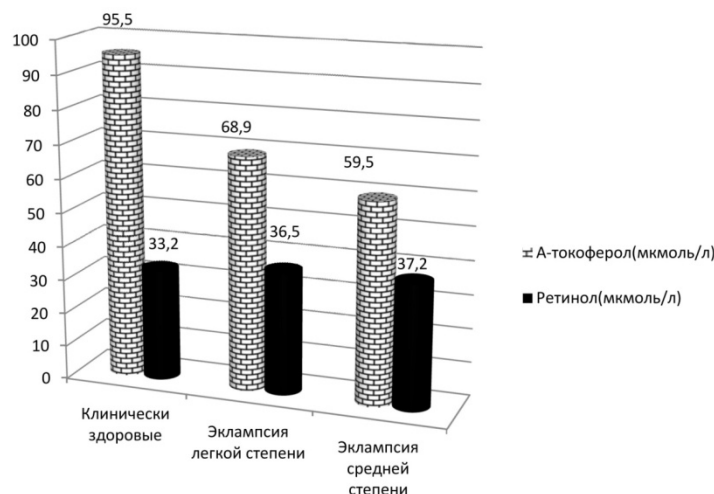


Рисунок 1 – Динамика А-токоферола и ретинола в крови коров больных эклампсией

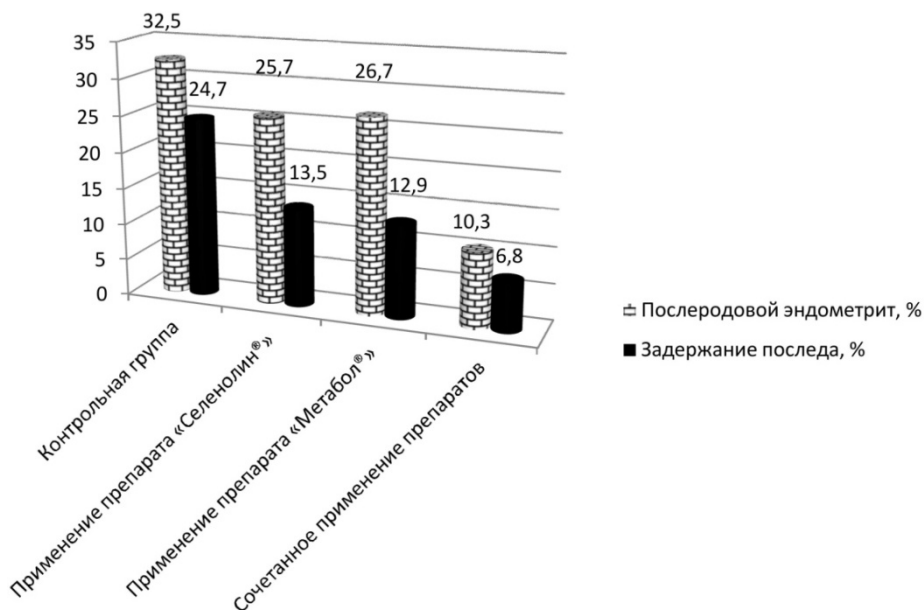


Рисунок 2 – Результаты применения препаратов «Селенолин®» и «Метабол®» для профилактики родовых и послеродовых осложнений

В группе животных с легкой формой течения эклампсии продолжительность лечения (таблица 2) составила $11,0 \pm 2,9$ дней, со средней формой течения эклампсии – $16,0 \pm 3,2$ дней, а с тяжелой формой течения болезни – $18,0 \pm 2,1$ дней. Положительная динамика результатов проведения патогенетической терапии была выявлена в $78,4 \pm 4,6$ % случаев у беременных с легким течением эклампсии и в $29,6 \pm 1,1$ % случаев у коров со средней формой течения эклампсии ($p < 0,05$). У больных коров с тяжелой степенью эклампсии эффект от терапии был достигнут в $11,9 \pm 1,2$ % случаев.

Полученные данные исследований говорят о том, что применение в терапии больных эклампсией коров антиоксидантного препарата «Селенолин®» и метаболического препарата «Метабол®» сократило проявление патологических состояний в родовом и послеродовом периоде – в 1,22 раза (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели воспроизводительной функции коров, страдавших эклампсией на завершающем этапе беременности

Показатель	Контрольная группа	Подопытные группы		
		«Селенолин®»	«Метабол®»	Сочетанное применение препаратов
Оплодотворено, %	56,6	68,4	70,2	79,1
Индекс осеменения	2,03	1,82	1,74	1,66
Период от отела до оплодотворения, дни (сервис-период)	$115 \pm 9,4$	$110,3 \pm 8,2$	$92,9 \pm 8,7$	$81,7 \pm 7,3^*$

При применении комплексной терапии у $28,3 \pm 8,8$ % коров, больных эклампсией средней формы течения, а также у $46,3 \pm 2,4$ % беременных с симптомами эклампсии тяжелой формы течения наблюдалось прогрессирование клинических выздоровлений.

На основании полученных нами данных можно сделать вывод о том, что данные кислотно-основного состояния амниотической жидкости по своей диагностической эффективности не уступают общепризнанным методам оценки состояния развития плода (рисунок 3).

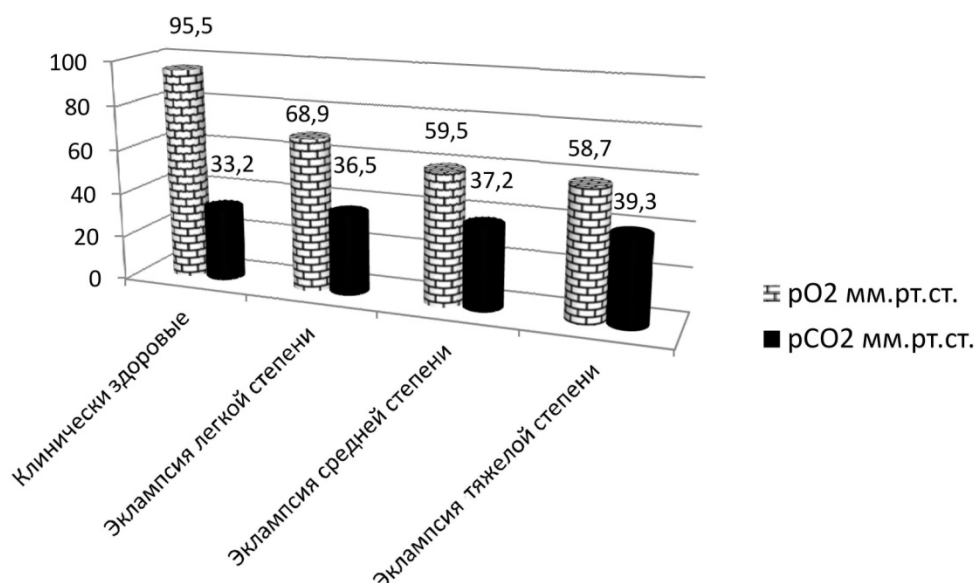


Рисунок 3 – Показатели кислотно-основного состояния амниотической жидкости

Метод определения кислотно-основного состояния амниотической жидкости при эклампсии беременных коров имеет явные преимущества в сравнении с другими тестами антенатальной диагностики.

Необходимо отметить и обнаружение в плаценте значительного увеличения концентрации токоферола и ретинола в сравнении с таковыми в контрольной группе, а также и в группе коров, в лечение которых был включен препарат «Метабол[®]».

Проводимая при этом антиоксидантная терапия не способствует устранению обнаруженного нарушения витаминно-антиоксидантного баланса у животных с выраженной симптоматикой эклампсии. Возможно, плацента служит «ловушкой» жирорастворимых витаминов при эклампсии у беременных коров, что способствует в конечном счете скоплению антиоксидантов в тканях плаценты и приводит к развитию витаминной недостаточности в периферической и пуповинной крови. Отмечается связь степени тяжести витаминно-антиоксидантного дисбаланса и степени тяжести течения эклампсии.

Полученные в результате исследований данные позволяют сделать предположение о том, что витамины, поступающие в организм животного извне, не реализуются в полном объеме, что, вероятно, имеет связь со снижением обменной функции печени. Имеются литературные данные об изменении активности компонентов неферментативной антиоксидантной защиты при эклампсии, которые при нейтрализации радикальных продуктов переходят в неактивное состояние или образуют радикальные продукты разной степени токсичности [11, 12]. Вероятно, данный эффект – следствие ингибирования и ферментативных реакций, которые участвуют в метаболизме витаминов.

Таблица 3 – Содержание витаминов А, Е и МДА в плазме крови из сосудов пуповины у новорожденных от коров с физиологической беременностью и осложненной эклампсией

Группа / препарат	Ретинол, мкмоль/л	Токоферол, мкмоль/л	МДА, нмоль/мл
Клинически здоровые беременные животные (n = 48)	1,65±0,14	7,66±0,21	4,93±0,21
Подопытная/ «Метабол [®] »(n=50)	1,52±0,12*	7,29± 0,22*	5,15±0,23*
Подопытная/«Селенолин [®] »(n = 48)	1,43±0,14*	6,48±0,20*	4,98±0,17*
Подопытная /сочетанное применение препаратов «Селенолин [®] » и «Метабол [®] »(n = 39)	1,64±0,15	7,61±0,21	4,78±0,12*

Предполагается, что суммарно данный результат проявляется изменением в фондах витаминов А и Е, что создает условия для новой направленности метаболических процессов (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание витаминов А, Е и МДА в ткани плаценты у коров, страдавших симптомами эклампсии

Группа / препарат	Ретинол, нмоль на 1 г ткани	α-Токоферол, нмоль на 1 г ткани	МДА, нмоль на 1 г ткани
Клинически здоровые животные	2,41±0,11	9,44±0,31	8,23±0,31
Подопытная/«Метабол [®] »	2,22±0,14*	9,11± 0,32	7,84±0,36
Подопытная/«Селенолин [®] »	2,15± 0,12*	8,89±0,25*	6,73±0,22*
Подопытная/ сочетанное применение препаратов, «Метабол [®] » и «Селенолин [®] »	2,36±0,13	9,44±0,21	8,16±0,16

Примечание: *($p < 0,01$), **($p < 0,01$), по отношению к клинически здоровым животным.

Обсуждение. Системы «Кислотно-основного состояние амниотической жидкости» и «Перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» исследованы у стельных коров при подтверждении диагноза по форме течения эклампсии. Пока-

затели системы «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита» показали значительную диагностическую ценность при исследовании коров с тяжелой степенью. Концентрация промежуточных продуктов кетодиенов и сопряженных триенов в крови сухостойных коров при легкой форме течения эклампсии статистически достоверно повышено в 1,69 раз, в сравнении с симптомами эклампсии у коров со средней степенью тяжести течения заболевания, а при тяжелой степени течения – в 3,56 раза. При легкой форме течения эклампсии содержание манолового диальдегида составило $1,132 \pm 0,29$ мкмоль/л, при эклампсии у коров со средней степенью тяжести течения заболевания данный показатель возрастает только в 1,11 раза; при проявлении же у животных тяжелой формы течения эклампсии содержание манолового диальдегида увеличилось в 1,35 раза.

Закключение. Проведенными исследованиями было доказано, что применение метаболических и антиоксидантных средств коровам, уходящим в сухостой с клинически выраженным синдромом эклампсии, позволило предупредить развитие акушерской патологии у 74,4 % животных. Проявление акушерских патологий удалось сократить в 3,47 раз. В связи с этим следует отметить, что терапевтическая схема восстановления функциональной деятельности всех органов и систем организма при выраженной симптоматике эклампсии должна содержать в себе не только антиоксидантную терапию, но и другие лекарственные средства, воздействующие на нормализацию основных звеньев патологического процесса. Данные исследований свидетельствуют о том, что при применении метаболического препарата «Метабол[®]» и антиоксидантного препарата «Селенолин[®]» сухостойным коровам при различных формах течения эклампсии осуществляется активация обменных и энергетических процессов, повышение общей антиоксидантной активности организма и подавление процесса перекисного окисления липидов.

Назначение испытуемых препаратов при данном заболевании глубокостельных коров положительно отразилось на функциональной деятельности фетоплацентарного комплекса.

Библиографический список

1. Алехин, Ю.Н. Перинатальная патология и разработка селеновых препаратов для терапии и профилактики [Текст]: автореф. дис...д-ра вет. наук / Ю.Н. Алехин. – Воронеж, 2013. – 40 с.
2. Авдеенко, В.С. Применение препарата «Селенолин[®]» для коррекции репродуктивного здоровья овцематок [Текст] / В.С. Авдеенко, С.А. Мигаенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета. – 2011. – № 7. – С. 23-24.
3. Лысенко, С.И. Влияние селеносодержащих препаратов на гормонально-метаболический гомеостаз и воспроизводительную функцию коров [Текст] / С.И. Лысенко, В.А. Сафонов // Селекор (диметилдипиразолилселенид). Биологическое действие. – М.: МА-GERIC, 2006. – С. 100-103.
4. Механизм развития синдрома «кетоз-гестоз» у беременных коров и эффективность применения антиоксидантных препаратов [Текст] / В.С. Авдеенко, И.М. Донник, О.Г. Лоренц, С.Н. Бабухин, А.С. Рыхлов, А.В. Молчанов // Аграрный вестник Урала. – 2016. – №08 (150). – С. 4-10.
5. Нарушение метаболических процессов в организме беременных коров при развитии субклинического кетоза [Текст] / С.Н. Бабухин, В.С. Авдеенко, И.И. Калюжный, А.В. Молчанов, С.Н. Тресницкий // Аграрный научный журнал. – 2016. – №11. – С. 6-12.
6. Нежданов, А.Г. Фетоплацентарная недостаточность и ее профилактика у коров [Текст] / А.Г. Нежданов, К.Г. Дашукаева // Ветеринария. – 1999. – №7. – С. 6-11.

7. Пугачева, О.В. Применение методов альгобиотехнологии в кормлении глубокоостельных нетелей [Текст] / О.О. Пугачева, В.Д. Кочарян // Современные проблемы животноводства в условиях инновационного развития отрасли: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Курганская ГСХА, 2017. – С. 173-175.

8. Brigelius-Flohe, R. Tissue-specific functions of individual glutathione peroxidases. / R. Brigelius-Flohe // Free Radic. Biol. Med. – 1999. – V. 27. – P. 951-965.

9. Chagas, L.M. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows / L.M. Chagas, J.J. Bass, D. Blacheet al. // J. Dairy. Sci. – 2007. – №90 (9). – P. 4022-4032.

10. Diskin, M.G. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle / M.G. Diskin, D.R. Mackey, J.F. Roche et al. // Anim. Reprod. Sci. – 2003. – № 78(3-4). – P. 345-370.

11. Dixit, V.D. Nitric oxide and the control of reproduction / V.D. Dixit, N. Parvizi // Anim. Reprod. Sci. – 2001. – V. 65. – P. 1-16.

12. Greenacre, S.A. Tyrosine nitration: localization, quantification, consequences for protein function and signal transduction / S.A. Greenacre, H. Ischi- roponlos // Free Radic. Res. – 2001. – V.34. – №6. – P. 541-581.

Reference

1. Alehin, Yu. N. Perinatal'naya patologiya i razrabotka selenovyh preparatov dlya terapii i profilaktiki [Текст]: avtoref. dis...d-ra vet. nauk / Yu. N. Alehin. – Voronezh, 2013. – 40 s.

2. Avdeenko, V. S. Primenenie preparata "Selenolin®" dlya korrektsii reproduktivnogo zdorov'ya ovcematok [Текст] / V. S. Avdeenko, S. A. Migaenko // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta. – 2011. – № 7. – S. 23-24.

3. Lysenko, S. I. Vliyanie selenosoderzhashih preparatov na gormonal'no-metabolicheskij go-meostaz i vosproizvoditel'nyuyu funkciu korov [Текст] / S. I. Lysenko, V. A. Safonov // Selektor (dimetildipirazoliselenid). Biologicheskoe dejstvie. – M.: MAGERIC, 2006. – S. 100-103.

4. Mehanizm razvitiya sidroma "ketoz-gestoz" u beremennyh korov i jeffektivnost' primeneniya antioksidantnyh preparatov [Текст] / V. S. Avdeenko, I. M. Donnik, O. G. Lorenc, S. N. Babuhin, A. S. Ryhlov, A. V. Molchanov // Agrarnyj vestnik Urala. – 2016. – №08 (150). – S. 4-10.

5. Narushenie metabolicheskikh proccessov v organizme beremennyh korov pri razvitii subklinicheskogo ketoza [Текст] / S. N. Babuhin, V. S. Avdeenko, I. I. Kalyuzhnyj, A. V. Molchanov, S. N. Tresnickij // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2016. – №11. – S. 6-12.

6. Nezhdanov, A. G. Fetoplacental'naya nedostatochnost' i ee profilaktika u korov [Текст] / A. G. Nezhdanov, K. G. Dashukaeva // Veterinariya. – 1999. – №7. – S. 6-11.

7. Pugacheva, O. V. Primenenie metodov al'gobiotehnologii v kormlenii glubokostel'nyh netelej [Текст] / O. O. Pugacheva, V. D. Kocharyan // Sovremennye problemy zhivotnovodstva v usloviyah innovacionnogo razvitiya otrasli: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Kurganskaya GSXA, 2017. – S. 173-175.

8. Brigelius-Flohe, R. Tissue-specific functions of individual glutathione peroxidases. / R. Brigelius-Flohe // Free Radic. Biol. Med. – 1999. – V. 27. – P. 951-965.

9. Chagas, L.M. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows / L.M. Chagas, J.J. Bass, D. Blacheet al. // J. Dairy. Sci. – 2007. – №90 (9). – P. 4022-4032.

10. Diskin, M.G. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle / M.G. Diskin, D.R. Mackey, J.F. Roche et al. // Anim. Reprod. Sci. – 2003. – № 78(3-4). – P. 345-370.

11. Dixit, V.D. Nitric oxide and the control of reproduction / V.D. Dixit, N. Parvizi // Anim. Reprod. Sci. – 2001. – V. 65. – P. 1-16.

12. Greenacre, S.A. Tyrosine nitration: localization, quantification, consequences for protein function and signal transduction / S.A. Greenacre, H. Ischi- roponlos // Free Radic. Res. – 2001. – V.34. – №6. – P. 541-581.

E-mail: volgau.akusherstvo@mail.ru

УДК 639.37

**РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ ПОЛА И СТАДИЙ ЗРЕЛОСТИ ГОНАД
ОСЕТРОВЫХ УЗИ-СКАНИРОВАНИЕМ И МЕТОДОМ БИОПСИИ**
**THE DIAGNOSTIC RESULTS SEX AND MATURITY STAGES OF THE GONADS
OF STURGEON ULTRASOUND SCANNING AND BIOPSY**

А.И. Новокщёнова, кандидат сельскохозяйственных наук

В.Г. Дикусаров, доктор сельскохозяйственных наук

О.С. Коротаева, кандидат сельскохозяйственных наук

В.Г. Калмыков, кандидат сельскохозяйственных наук

A.I. Novokshenova, V.G. Dikusarov, O.S. Korotaeva, V.G. Kalmykov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

В статье представлен сравнительный анализ результатов диагностики пола и стадий зрелости гонад, проведенный двумя общепринятыми методами при выращивании маточного стада осетровых в условиях установки замкнутого водоснабжения ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Описаны собственные нормативы, обеспечивающие первое и последующее созревание маток, выявляемые с целью повышения эффективности созревания особей. Предложены характеристики поляризации яйцеклеток и собственная база эхограмм гонад, полученных при исследовании рыб, выращенных в определенных рыбоводно-биологических и гидрохимических условиях. Описаны особенности гонадогенеза и гаметогенеза осетровых в условиях проблемной научно-исследовательской лаборатории, выявлено значительное сокращение межнерестовых интервалов. Охарактеризована периодичность сроков созревания ремонтно-маточного стада.

The article offers a comparative analysis of diagnostic results sex and maturity stages of the gonads, carried out by two conventional methods for growing brood stock of sturgeons in the conditions of installation of closed water research laboratory "Breeding of valuable species of sturgeons" CHAIR IN the Volgograd state agricultural UNIVERSITY. Own standards providing the first and subsequent maturation of ducks revealed for the purpose of increase of efficiency of maturation of individuals are described. The characteristics of polarization of eggs and own base of echograms of gonads obtained in the study of fish grown in certain fish-breeding biological and hydrochemical conditions are proposed. Features of gonadogenesis and gametogenesis of sturgeon in the conditions of problem research laboratory are described, significant reduction of interstitial intervals is revealed. Characterized the frequency of ripening broodstock.

Ключевые слова: *УЗИ-сканирование рыб, метод биопсии гонад, коэффициент поляризации яйцеклеток, гонады осетровых, маточное стадо, рыбоводно-биологические нормативы, гидрохимические нормативы*

Key words: *Ultrasound scanning for fish, and biopsy of the gonads, the polarization coefficient of the oocytes, gonads sturgeon brood stock, the fish-biological standards, chemical regulations.*

Введение. Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Разведение ценных пород осетровых» была основана на базе кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» в сентябре 2014 г. Объект создан для проведения научно-исследовательских работ и в числе основных целей имеет улучшение качества половых продуктов осетровых рыб.

Целью исследования был анализ методов изучения функциональных изменений развития половых клеток (гаметогенеза), формирования и развития половых желез (гонадогенеза), прохождения годичных половых циклов, характера икрометания осетровых рыб в условиях УЗВ лаборатории «Разведение ценных пород осетровых» с приме-

нением биопсийного метода и метода УЗИ-сканирования. Выявление воздействия гидрологических факторов и особенностей кормовой базы на нерест, гаметогенез, половые циклы и проявившиеся при этом адаптивные способности.

Материалы и методы. С 2015 года в ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» проводилась УЗИ-диагностика производителей. При этом отбирались особи 3-4 стадии зрелости гонад – самки стадии F4, самцы стадии M5-нерест. Оборудование – стационарный УЗИ-сканер MINDRAY DP-50 с ультразвуковыми линейными датчиками частотой 2-5 МГц, используемыми для рыб массой 20-50 кг [9, 10, 7]. Биопсия проводилась по методике Б.Н. Казанского, Ю.А. Феклова и др. После сканирования методом УЗИ у самок щупом через боковые мышцы изымали ооциты и подвергали оценке зрелости. Тестировали только 3-4 стадию, выявляемую по УЗИ. Для этого несколько извлеченных у самок ооцитов фиксировали путем кипячения в физиологическом растворе, разрезали и изучали под электронным USB микроскопом с подключением к PC. На разрезах определялся показатель – коэффициент их поляризации (K_n) [2, 8, 10]. Обследование проводилось на 10 икринках, полученных щупом от каждой особи.

$$K_n = l/L,$$

где L – наибольшее расстояние от анимального до вегетативного полюса; l – расстояние от анимального полюса до верхнего края зародышевого пузырька.

Для обработки результатов ультразвуковой диагностики пола и стадий зрелости гонад применялась классификация стадии и подстадий гонадогенеза Трусова [10]. Глубина сканирования устанавливалась – 5-6 см. При осмотре в поперечном направлении выявлялось положение генеративной ткани в гонаде на уровне 3-4 жучек. Первичный осмотр рыб проходил в апреле 2015 года в расчетное время созревания первых самок. Исследование на половую принадлежность проводили после выдерживания рыбы на диете для уменьшения скопления жира, усложняющего исследование (рисунок 1).



А



Б



В

Рисунок 1 – А - Проведение УЗИ-диагностики аппаратом MINDRAY DP-50 в период осенней бонитировки. Б, В – Оценка зрелости яйцеклеток извлеченных от 5 самок - фиксация кипячением в физиологическом растворе, продольный разрез ооцитов и изучение под электронным USB-микроскопом [10]

Результаты и обсуждение. С целью повышения изучения эффективности созревания особей в УЗВ в ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» велись наблюдения и выявлены собственные нормативы, обеспечивающие первое и последующее созревание РМС (таблица 1). Гидрохимические показатели определялись еженедельно индикаторами Tetra. Кормление маточного поголовья осуществлялось гранулированными кормами Aller Aqua и Correns.

Таблица 1 - Рыбоводно-биологические и гидрохимические нормативы, полученные в УЗВ ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» для выращивания производителей ленского осетра

Показатели	Данные измерений	ПДК
рН	7,8	7,0-8,0
Кислород растворенный, мг/л	9-10	4,0
Азот аммиака, мг/л	0,5	0,5
Азот нитритов, мг/л	0,01	0,1
Азот нитратов, мг/л	0,59	1,0
Температура воздуха, °С	23	21
Температура воды, °С	20-22	14
Основные рыбоводные характеристики		
Объем бассейнов	14 м ³	
Плотность посадки	30 кг/м ²	
Кормовой коэффициент	1,4 кг/кг ж.м.	

Таким образом, в исследованиях по определению особенностей созревания гонад осетровых и выяснения характеристик их годичных изменений в условиях УЗВ мы учитывали не только макро- и микроскопические данные, но и физиологическое состояние организма рыб, кормление и абиотические факторы прохождения жизненных циклов [1, 3, 4].

По результатам УЗИ-диагностики сибирского (ленской популяции) и русского осетров в УЗВ замечено, что обычно гонада хорошо видна, ее минимальный линейный размер на срезе превышает длину ультразвуковой волны [10]. Таким образом, в условиях лаборатории сформирована собственная база эхограмм (рисунок 2, таблица 2).

Таблица 2 - Результаты УЗИ-диагностики гонад сибирского осетра ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых»

Год	Возраст особей	Результаты УЗИ-диагностики	
		Бонитировка март-апрель	Бонитировка октябрь-ноябрь
2015	♀7-7+	4♀ F2-3	6♀ F2-3
	♂6-6+	3♀ F3 1♀ F4i 1♂ M5 нерест	2♀ F3 1♀ F4i 5♂ M5 нерест
2016	♀8-8+	3♀ F2-3	1♀ F2-3
	♂7-7+	4♀ F3 1♀ F4i 1♂ M5 нерест	1♀ F3 2♀ F4i 2♂ M5 нерест
2017	♀9-9+	3♀ F2-3	4♀ F2-3
	♂8-8+	2♀ F3 3♀ F4i 6♂ M5 нерест	3♀ F3 1♀ F4i 4♂ M5 нерест

Биопсийным методом определения стадий зрелости яйцеклеток осетровых были получены результаты (таблицы 3, 4), где расчетом коэффициента поляризации маток разделили на группы. III-IV стадии зрелости гонад достигла одна самка русского осетра, которая направлена на выдерживание при нерестовых температурах в течение 10 суток и с постепенным выходом, т.е. с ежедневным повышением t на 2 градуса.

Таблица 3 – Расчеты коэффициента поляризации ооцитов осетровых
ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых»

№ п/п	Ленский осетр	Русский осетр
1.	$L=0,58; l=0,16, 0,58/0,16 = 0,27$	$L=1,4; l=0,19, КП = 0,13$
2.	$L=1,73; l=0,48, КП = 0,48/1,73 = 0,28$	$L=0,99; l=0,18, КП = 0,18$
3.	$L=1,68; l=0,34, КП = 0,34/1,68 = 0,22$	$L=1,01; l=0,19, КП = 0,18$
4.	$L=1,73; l=0,39, КП = 0,39/1,73 = 0,22$	$L=1,03; l=0,23, КП = 0,22$
5.	$L=1,78; l=0,77, =0,77/1,78 = 0,43$	$L=1,04; l=0,21, КП = 0,20$

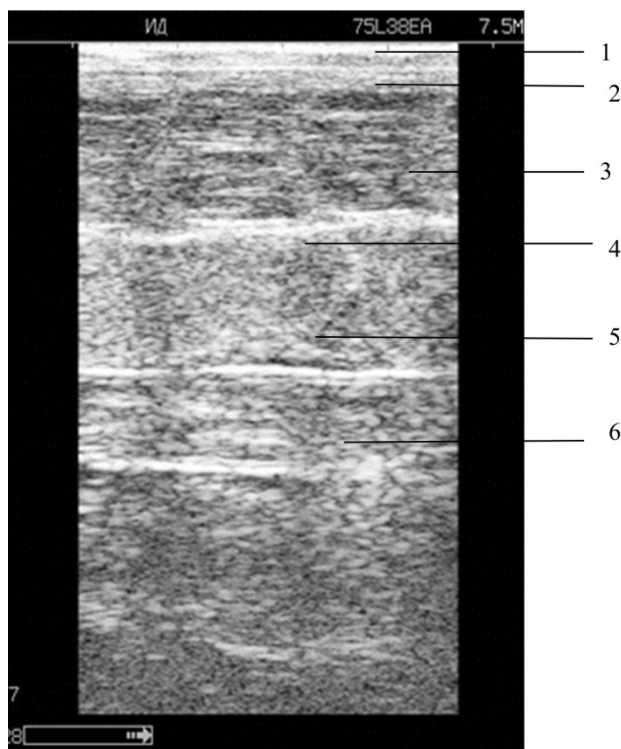


Рисунок 2 - Фронтальный срез. Ткани и органы в порядке от сканирующей поверхности:

1. Кожа – тонкая гиперэхогенная зона.
2. Подкожная жировая клетчатка, зона средней эхогенности.
3. Мышечная ткань – широкая зона смешанной эхогенности, на которой собственно мышечная ткань (средней яркости) чередуется с миомерами из соединительной ткани (наклонные, почти вертикальные более яркие, чем мышцы узкие полосы).
4. Серозная оболочка брюшной полости – яркая ровная четкая граница.
5. Собственно гонада (2 стадия зрелости) имеет структуру различной эхогенности.
6. Кишечник – обычно полая трубка [9, 10, 7]

Еще одна самка отправлена на выдерживание с более длительным периодом 30-35 суток до начала инъектирования. Ее K_p относится к категории – способные к созреванию, – и стадия зрелости гонад определяется как III. Все особи ленского осетра и еще две самки русского имеют коэффициент поляризации в пределах 0,2-0,4, относятся к категории незрелые и отправляются в нагул, стадия зрелости II начало III.

Таблица 4 - Группы самок по показателю коэффициента поляризации K_p и рекомендации по их использованию [10]

Вид	K_p	K_p	Категория	Рекомендации по использованию
-	-	$K_p \leq 0,05$	Перезревшие	Отправляются в нагул
-	-	$0,05 \leq K_p \leq 0,10$	Зрелые 1	При достижении нерестовых температур инъецируются любым гормональным препаратом
-	-	$0,10 \leq K_p \leq 0,12$	Зрелые 2	При достижении нерестовых температур инъецируются «сурфагоном»
Русский осетр	0,13	$0,12 \leq K_p \leq 0,15$	Ближкие к созреванию	Инъекции проводятся после выдерживания при нерестовых температурах 7-14 суток
Русский осетр	0,18	$0,15 \leq K_p \leq 0,18$	Способные к созреванию	Выдерживаются при нерестовых температурах 20-40 суток перед инъекцией
Ленский осетр Русский осетр	5 шт. 0,22-0,43 2 шт. 0,2-0,22	$0,18 \leq K_p$	Незрелые	Отсаживаются на нагул

Самки из второй и третьей групп (зрелые и близкие к созреванию) могут в дальнейшем использоваться без повторной биопсии, коэффициент поляризации ооцитов маток из 4-5 групп (близкие к созреванию и способные к созреванию) исследуют повторно, в зависимости от расчетного времени их готовности [6]. Рыбы 5-й группы, у которых показатель поляризации ооцитов не изменился, после выдерживания при нерестовых температурах в течение 14-21 суток относятся к категории незрелых. Преднерестовое выдерживание должно осуществляться при нерестовых температурах, без повышения температуры воды выше оптимальной даже на непродолжительное время. В условиях ПНИЛ созревание ооцитов и овуляция контролируется воздействием синтетического гормонального препарата «Сурфагон».

Заключение. В целом диагностикой пола и стадий зрелости гонад осетровых УЗИ-сканированием и методом биопсии, в течение 3-х лет выявлено:

1. Сроки межнерестовых интервалов осетровых сокращены в 3 раза, по сравнению с аналогичными данными [8]. Вероятно, на созревание производителей наиболее активно влияет сумма эффективных температур (более 20 °С круглогодично) и использование комбинированных кормов с содержанием жира около 12 %.

2. Замечено, что самцы созревают ежегодно, доля самок, созревающих каждый год, составляет около 30 %. В период каждой бонитировки выявляется часть самок с задержкой развития гонад на 2 стадии зрелости. Замечено снижение созревания самок в осенний период. Какой-либо зависимости в динамике сроков созревания особей по годам исследования не выявлено.

3. В процессе исследований ни разу не определялся максимальный коэффициент зрелости, который характеризует период наибольшего развития гонад, у рыб с порционным икрометанием (осетровых).

4. Количество жира на гонадах осетров из УЗВ значительно выше, чем у особей, выращиваемых при естественных температурах в садковых хозяйствах, что связано также и с индивидуальным рационом для всех возрастных групп производителей.

Библиографический список

1. Дикусаров, В.Г. Использование витаминно-минерального премикса при кормлении осетровых пастообразными кормами [Текст]/ В.Г. Дикусаров, Д.А. Ранделин // Инновационные технологии и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства: Материалы национальной конф. – Волгоград: ВолГАУ, 2016. – С. 305-310.
2. Калмыков, В.Г. Применение метода морфофизиологических индикаторов в исследовании самок стерляди, выращенной в условиях установки замкнутого водоснабжения [Текст]/ Калмыков В.Г., Дикусаров В.Г., Блинков Б.В. // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практич. конф. – Волгоград: ВолГАУ, 2016. – С. 399-402.
3. 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. – Волгоград: ВолГАУ, 2016. – С. 322-325.
4. 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. – Волгоград: ВолГАУ, 2016. – С. 356-360.
5. Матишов, Г.Г. Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств [Текст] / Г.Г. Матишов [и др.]. – Ростов на Дону: Изд.-во ЮНЦ РАН, 2006. – 72 с.
6. Мильштейн, В.В. Осетроводство [Текст] / В.В. Мильштейн. – М.: Пищ. пром-ть, 1982. – 150 с.
7. Осетровая УЗВ [Электронный ресурс]// Системные требования: http://belorybitsa.com/index.php/we_offer/ultrasound_diagnosis/ (дата обращения 13.12.2017)
8. Пономарёв, С.В. Осетроводство на интенсивной основе [Текст] / С.В. Пономарёв, Д.И. Иванов. – М.: Колос, 2009. – 312 с.
9. Руководство по ультразвуковой диагностике [Текст] / ВОЗ. – Женева, 2000. – 334 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. Dikusarov, V. G. Ispol'zovanie vitaminno-mineral'nogo premiksa pri kormlenii osetrovyyh pastoobraznyimi kormami [Tekst]/ V. G. Dikusarov, D. A. Randelin // Innovacionnye tehnologii i veterinarnaya zaschita pri intensivnom proizvodstve produktsii zhivotnovodstva: Materialy nacional'noj konf. – Volgograd: VolGAU, 2016. – S. 305-310.
2. Kalmykov, V. G. Primenenie metoda morfofiziolozicheskikh indikatorov v issledovanii samok sterlyadi, vyraschennoj v usloviyah ustanovki zamknutogo vodosnabzheniya [Tekst]/ Kalmykov V. G., Dikusarov V. G., Blinkov B. V. // Strategicheskie orientiry innovacionnogo razvitiya APK v sovremennyh jekonomicheskikh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. - Volgograd: VolGAU, 2016. – S. 399-402.
3. Korotaeva, O. S. Rost i razvitie russkogo osetra pri ispol'zovanii intensivnoj tehnologii vyraschivaniya [Tekst]/ O. S. Korotaeva, A. I. Gustova // Strategicheskie orientiry innovacionnogo razvitiya APK v sovremennyh jekonomicheskikh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. – Volgograd: VolGAU, 2016. – S. 322-325.
4. Kravchenko, Yu. V. Ocenka uslovij vyraschivaniya ryb v UZV na primere laboratorii “Razvedenie cennyh porod osetrovyyh” [Tekst] / Yu. V. Kravchenko, A. R. Amirhanyan, V. G. Dikusarov // Strategicheskie orientiry innovacionnogo razvitiya APK v sovremennyh jkonomicheskikh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktich. konf. – Volgograd: VolGAU, 2016. – S. 356-360.
5. Matishov, G. G. Opyt vyraschivaniya osetrovyyh ryb v usloviyah zamknutoj sistemy vo doobespecheniya dlya fermerskikh hozyajstv [Tekst] / G. G. Matishov [i dr.]. – Rostov na Donu: Izd.-vo YuNC RAN, 2006. – 72 s.

6. Mil'shtejn, V. V. Osetrovodstvo [Tekst] / V. V. Mil'shtejn. – M.: Pisch. prom-t', 1982. – 150 s.
7. Osetrovaya UZV [Elektronnyj resurs]// Sistemnye trebovaniya: http://belorybitsa.com/index.php/we_offer/ultrasound_diagnosis/ (data obrascheniya 13.12.2017)
8. Ponomapjov, C.B. Osetpovodstvo na intensivnoj osnove [Tekst] / C.B. Ponomapjov, D. I. Ivanov. – M.: Kolos, 2009. – 312 c.
9. Rukovodstvo po ul'trazvukovoj diagnostike [Tekst] / VOZ. – Zheneva, 2000. – 334 s.
10. Chebanov, M. S. Rukovodstvo po razvedeniyu i vyraschivaniyu osetrovyyh ryb [Tekst] / M. S. Chebanov, E. V. Galich, Yu. N. Chmyr'. – M.: FGNU Rosinformagroteh, 2004. – 148 s.

E-mail: korotaevaolgasemenovna@mail.ru

УДК: 619:618.111:636.22/.28.082

ОСОБЕННОСТИ Фолликулогенеза у коров мясных пород (КАЗАХСКАЯ БЕЛОГОЛОВАЯ, ШЕВРОЛЕ И ГЕРЕФОРД) В КОНТЕКСТЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОВИТОСТИ

PECULIARITIES OF FOLLICULOGENESIS IN COWS OF MEAT ROCKS (KAZAKH WHITE-HOSE, CHEVROLET AND GER-FORD) IN THE CONTEXT OF RESTORATION OF FERTILITY

С.П. Перерядкина¹, кандидат ветеринарных наук, доцент

В.С. Авдеенко², доктор ветеринарных наук, профессор

В.Д. Кочарян¹, кандидат биологических наук, доцент

Ж.О. Кемешев³, кандидат ветеринарных наук, доцент

S.P. Pereradkina¹, V.S. Avdeenko¹, V.D. Kocharyan¹, J.O. Kemeshev¹

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

³УВО «Восточно-Казахстанский агротехнический университет им. Сейфулина», г. Астана,
Республика Казахстан

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Saratov State Agricultural University named after N.I. Vavilov, Saratov

³East Kazakhstan Agrotechnical University named after Seifullin, Astana, Republic of Kazakhstan

Установлено, что продолжительность полового цикла у коров мясных пород (казахская белоголовая, шевроле и герефорд) с волновым ростом одного фолликула составляет 19 дней, у коров с двумя волнами роста фолликулов — 21 день, тремя — 24 дня и четырьмя волнами роста — 28 дней. При низких концентрациях в крови ФСГ и высоких прогестерона субдоминантные фолликулы подвергаются атрезии между 6-10 днями полового цикла. У коров казахской белоголовой породы и герефорд доминантный фолликул достигает максимального диаметра 13-19 мм на 6-7 день полового цикла, а у коров породы шевроле — на 8-9 день. Перед осеменением коров применение препарата сурфагон вне зависимости от породы, повышает оплодотворяемость на 20,0 %, а в сочетании с прогестероном — на 34,0 %. Оплодотворяемость мясных коров и телок повышается до 66,0 % после применения препарата сурфагон в сочетании с ГСЖК, а простагландинов (клатрапастин, эстуфалан и эстрофан) — на 6 и 18 день полового цикла. Эффективность составляет 69,4 %-71,4 %. Введение суперфана с ГСЖК дает эффект в 71,9 %, а с фоллитропином — 72,9 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что при определении способа стимуляции яичников при гипофункциональном состоянии следует учитывать уровень концентрации прогестерона. Использование препаратов фоллимаг и магэстрофан в ветеринарной практике будет эффективно при значениях прогестерона не выше 0,5 нг/мл. При более высоких концентрациях прогестерона в схему синхронизации полового цикла и индуцирования охоты целесообразно включать сурфагон в дозе 10,0 мл. Таким образом, предлагаемые схемы восстановления плодовитости позволяют преодолеть сезонное анэстральное состояние у коров мясных пород (казахская белоголовая, шевроле и герефорд) и процессы постфизиологической ациклии.

It has been established that the duration of the sexual cycle of cows of meat breeds (Kazakh white-headed, Chevrolet and Hereford) with wave growth of one follicle is 19 days, y cows with two waves of follicular growth - 21 days, three - 24 days and four waves of growth - 28 days. At low concentrations in the blood of FSH and high progesterone, subdominant follicles undergo atresia, between 6-10 days of the sexual cycle. In cows of Kazakh white-headed breed and hereford, the dominant follicle reaches a maximum diameter of 13-19 mm. for 6-7 days of the sexual cycle, and y cows of the Chevrolet breed for 8-9 days. Before insemination of cows, the application of the surfagon drug, regardless of the breed, increases the fertilization rate by 20.0%, and in combination with progesterone by 34.0%. Fertility of meat cows and heifers increases to 66.0% after application of surfagon, combined with GUSA, and prostaglandins (clatraprastin, estaphalan and estrofan) on the 6th and 18th days of the sexual cycle. Efficacy is 69.4% -71.4%. The introduction of superfane with GUSA gives an effect in 71.9%, and with foliotropin - 72.9%. The obtained data indicate that when determining the method of stimulation of the ovaries in the hypofunctional state, the level of progesterone concentration should be taken into account. The use of preparations of follic and magestrofan in veterinary practice will be effective with progesterone values not exceeding 0.5 ng / ml. At higher concentrations of progesterone in the scheme of synchronization of the sexual cycle and induction of hunting, it is advisable to include a surfagon in a dose of 10.0 ml. Thus, the proposed fertility restoration schemes allow us to overcome the seasonal anestrus state of y cows of meat breeds (Kazakh white-headed, Chevrolet and Hereford) and processes of post-physiological acycia.

Ключевые слова: фолликулогенез, синхронизация полового цикла, синтетические гормоны, коровы и телки случного возраста казахской белоголовой породы, шевроле и герефорд, синтетические простагландины.

Key words: folliculogenesis, synchronization of the sexual cycle, synthetic hormones, cows and heifers of the lateral age of the Kazakh white-headed breed, Chevrolet and Hereford, synthetic prostaglandins.

Введение. В мясном скотоводстве интенсификация воспроизводства маточного стада является одной из первостепенных задач, стоящих перед животноводами. Тем не менее, важнейшая проблема данной отрасли – низкий уровень оплодотворяемости самок, отсутствие схем и методов проведения массовых туровых отелов. В связи с этим необходимо усовершенствовать методы восстановления плодовитости и провести маркетинговые исследования по управлению репродуктивным потенциалом мясных коров для восстановления репродуктивного здоровья и плодовитости [1]. Реализация биотехнологической программы в мясном скотоводстве предусматривает достижение оплодотворяемости 85,0-95,0 % коров и телок случного возраста, проведение туровых отелов на протяжении года, получение минимум 90-95 телят на 100 голов коров и нетелей [2]. В то же время применяемые в ветеринарной практике методы регуляции воспроизводительной способности в мясном скотоводстве ориентированы на синхронизацию полового цикла и индукцию фолликулогенеза у коров и телок случного возраста вне зависимости от породы мясного скота, а также без учета функционального состояния организма [3, 4]. Особенности технологии содержания, кормления и разведения казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле на территории РФ не позволяют механически использовать разнообразные схемы и режимы применения биотехнических регуляторов половой функции, которые разработаны и адаптированы для применения на мясных фермах предприятий европейского уровня [5, 6]. Для разработки таких способов требуется изучение особенностей механизмов течения фолликулогенеза в яичниках мясных коров различных пород [7, 8]. Исследования в данной области репродукции позволят разработать инновационные биотехнологии восстановления репродуктивной способности у мясного скота казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле [9, 10].

Усовершенствование существующих ветеринарных технологий восстановления плодovitости и интенсификации воспроизводства маточного стада мясного скота невозможно без изучения процесса фолликулогенеза. В связи с этим открываются новые перспективы применения репродуктивных технологий для разработки способов синхронизации полового цикла, стимуляции охоты и индукции овуляции с учетом особенностей течения фолликулогенеза в яичниках коров и телок казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле [11, 12].

В следствие этого изучение процесса фолликулогенеза у мясного скота казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле позволяет усовершенствовать инновационные репродуктивные биотехнологии для решения проблемы интенсификации воспроизводства маточного стада в мясном скотоводстве.

Материалы и методы. Работа выполнена в 2013-2018 гг. Опыты и эксперименты проводили в хозяйствах различных форм собственности Волгоградской и Саратовской областей РФ. Синхронизацию полового цикла и индукцию овуляции у мясных коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле проводили с применением препаратов синтетических аналогов эстрофана и суперфана на фоне введения препаратов эстрадиола бензоата и фоллитропина. У подопытных животных казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле была определена динамика фолликулярного роста (рисунок 1) методом ультразвукографического исследования. С момента выявления охоты у животных регулярно проводили ректальные исследования и ультразвуковые сканирования каждый четвёртый день. Для исследований были использованы ультразвуковой сканер Aloka SSD-210 DX с частотой 5 МГц и видеопринтер Sony UP-850. По соноэхограммам определяли локализацию, количество и размер фолликулов в яичнике. Изучение фолликулогенеза осуществлялось с интервалом в два дня от овуляции до овуляции.

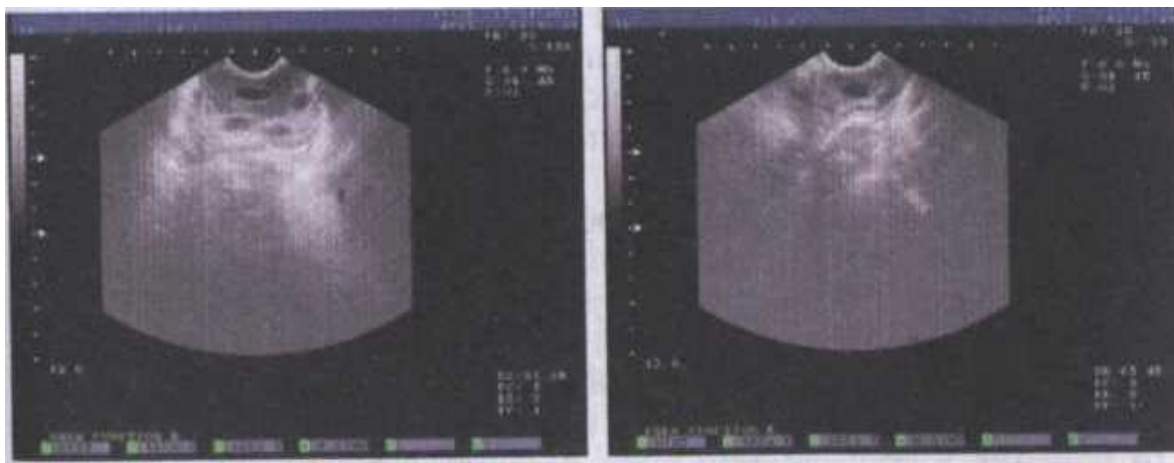


Рисунок 1 – Рост, развитие и локализация доминантного и субдоминантного фолликулов в яичниках до овуляции

Начало и конец фазы роста доминантного и субдоминантного фолликулов определяли в день достижения максимального размера.

Статистическая обработка полученных данных была проведена в компьютерной программе Statistica 5.0

Результаты. Проведенные нами исследования показывают, что у мясного скота казахской белоголовой породы и герефорд, разводимых в Волгоградской и Саратовской областях, средняя продолжительность полового цикла составляет 22-23 суток, то-

гда как среднестатистические данные породы шевроле – 19-21 день. При этом половой цикл у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы, герефорд и шевроле с одним волновым ростом фолликулов продолжается 19 дней, у коров и телок случного возраста с двумя волнами ростом фолликулов – 21 день, а тремя – 24 дня. В то же время у коров и телок случного возраста с четырьмя волнами роста продолжительность полового цикла увеличивается до 28 дней.

Поэтому во всех случаях волна популяции роста фолликулов у коров и телок случного возраста характеризуется синхронным развитием ряда мелких фолликулов после селекции доминантного фолликула. При этом происходит последующая регрессия субдоминантных фолликулов, которая не зависит от породных особенностей процесса фолликулогенеза и овуляции (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика фолликулогенеза после синхронизации полового цикла

Показатель/порода	Казахская белоголовая	Герефорд	Шевроле
Число животных, проявивших охоту и овуляцию в индуцированную охоту	n = 21	n = 20	n = 18
Интервал между инъекцией ФСГ- п, эстрофана и появлением признаков охоты, час	31,1±0,26	32,1±0,19	31,2±0,13
Продолжительность цикла, дней	22,7±0,23	22,9±0,21	21,7±0,31
Количество животных (%) с			
двумя волнами роста фолликулов, %	71,43	70,00	83,33
тремя волнами роста фолликулов, %	19,00	20,00	11,11
четырьмя волнами роста фолликулов, %	9,57	10,00	5,56
Срок появления второй волны роста фолликулов, дней	10,3±0,16	11,1±0,15*	12,7±0,12**
Срок появления третьей волны роста фолликулов, дней	15,2±0,11	14,3±0,12*	17,3±0,11**
Продолжительность доминирования фолликула, дней	5,1±0,12	5,3±0,19	6,1±0,19*
Диаметр доминантного фолликула перед овуляцией, мм	15,2±0,02	15,3±0,01	15,9±0,02*
Интервал времени от начала эструса до овуляции, час	26,1±0,31	26,8±0,52	27,8±0,43*

Примечание: здесь и далее: * $p<0,05$; ** $p<0,01$, по отношению к показателям казахской белоголовой породы

В течение волнообразного роста формируется доминантный фолликул, отличающийся от субдоминантных только размерами. При овуляторном половом цикле смена одного доминантного фолликула на другой происходит в среднем через 5,1±0,22 дней у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы, у коров и телок породы герефорд – через 5,3±0,19 дней, а у животных породы шевроле – через 6,1±0,19 дней ($p<0,05$; $p<0,01$, соответственно казахской белоголовой породе). В наших исследованиях у 71,43 % коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы наблюдались две волны роста фолликулов, у 19,00 % три и у 9,57 % четыре волны роста фолликулов. В то время как у животных породы герефорд у 70,00 % фиксируются две волны роста фолликулов, у 20,00 % три волны роста и у 10,00 % четыре волны роста фолликулов. У коров и телок случного возраста породы шевроле у 83,33 % отмечены две волны роста фолликулов, у 11,11 % три волны роста и у 5,56 % четыре волны роста фолликулов. Субдоминантные фолликулы во время доминирования подвергаются атрезии на фоне низких концентраций эстрадиола и высоких прогестерона, между 8 - 10 днями полового цикла. Проведенными нами исследованиями установлено, что фолликулогенез у коров и телок случного возраста происходит на фоне метаболического стресса, на что указывают показатели эндокринного статуса, свидетельствующие о пониженном содержании в периферической крови стероидных гормонов (рисунок 2).

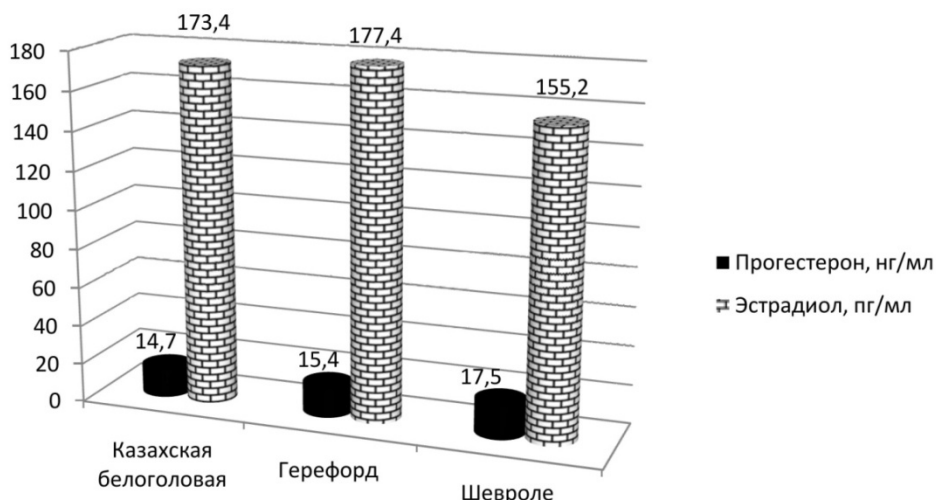


Рисунок 2 – Гормональные показатели крови у коров и телок случного возраста разных пород во время фазы развития субдоминантных фолликулов

Как следует из приведенных данных, у коров и телок случного возраста породы шевроле концентрация прогестерона оказалась выше в 1,12 раза, чем у животных казахской белоголовой породы, а тестостерона – в 1,44 раза ($p < 0,05$), эстрадиола – в 1,12 раза ($p < 0,05$) и кортизола – в 1,17 раза ($p < 0,05$).

Включающиеся в процесс компенсаторные механизмы функциональной деятельности метаболизма при течении в яичниках фолликулогенеза и последующей овуляции приводят к активизации синтеза прогестерона и эстрадиола и повышению их содержания в крови. Однако концентрация эстрадиола остается низкой, а прогестерона и кортизола – высокой, что отрицательно отражается на овуляторном процессе.

Максимального диаметра доминантный фолликул достигает 17-19 мм на 8-9 день полового цикла. В дальнейшем доминантный фолликул уменьшается в размере и регрессирует после 16-го дня полового цикла.

У коров и телок случного возраста породы шевроле с четырьмя волнами роста максимальный объем желтого тела полового цикла приходился на 12 – 22 день. Продолжительность существования доминантного фолликула у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы составила $5,1 \pm 0,12$ дней, у породы герефорд – $5,3 \pm 0,19$ дней и у животных породы шевроле – $6,1 \pm 0,19$ дней ($p < 0,05$).

При этом у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы размеры доминантного фолликула составили в среднем $15,2 \pm 0,02$ мм у животных породы герефорд – $15,3 \pm 0,01$ мм, а у животных породы шевроле – $15,8 \pm 0,02$ мм ($p < 0,05$).

В наших исследованиях у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы овуляция была зафиксирована через $26,1 \pm 0,31$ часа, в то время как у животных породы герефорд овуляцию фиксировали через $26,8 \pm 0,52$ часов. У коров и телок случного возраста породы шевроле овуляция наблюдалась через $27,8 \pm 0,43$ часов ($p < 0,05$).

Объем желтых тел, по данным наших исследований, находится в зависимости от количества волн роста популяций фолликулов в течение синхронизированного полового цикла (рисунок 3).

Исследования показали, что у коров, телок случного возраста казахской белоголовой породы с одной волной роста фолликулов максимальный объем желтого тела полового цикла регистрировался с 9 по 17 день после овуляции, а породы герефорд – с двумя и тремя волнами роста с 9 по 16 день.

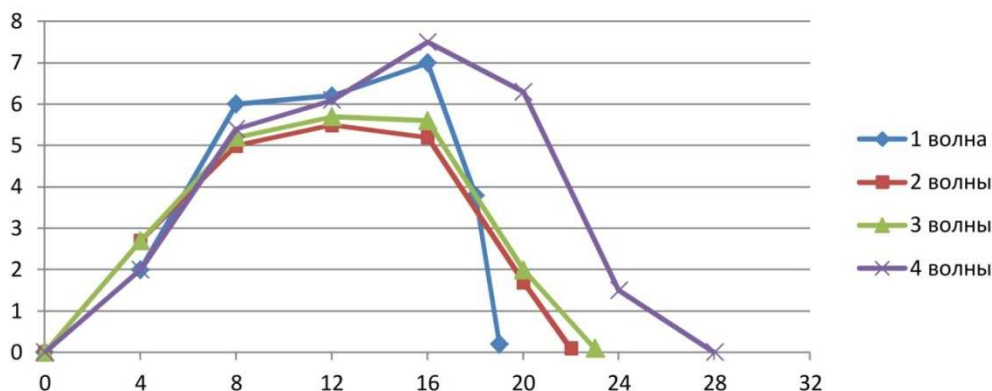


Рисунок 3 – Объём жёлтого тела в течение одного синхронизированного полового цикла у коров и телок случного возраста с одной, двумя, тремя и четырьмя волнами роста фолликулов

Размер жёлтого тела при пиковых значениях прогестерона был несколько больше у животных казахской белоголовой и породы герефорд, с тремя волнами роста фолликулов, у коров и телок случного возраста породы шевроле четырьмя волнами роста фолликулов (рисунок 4).

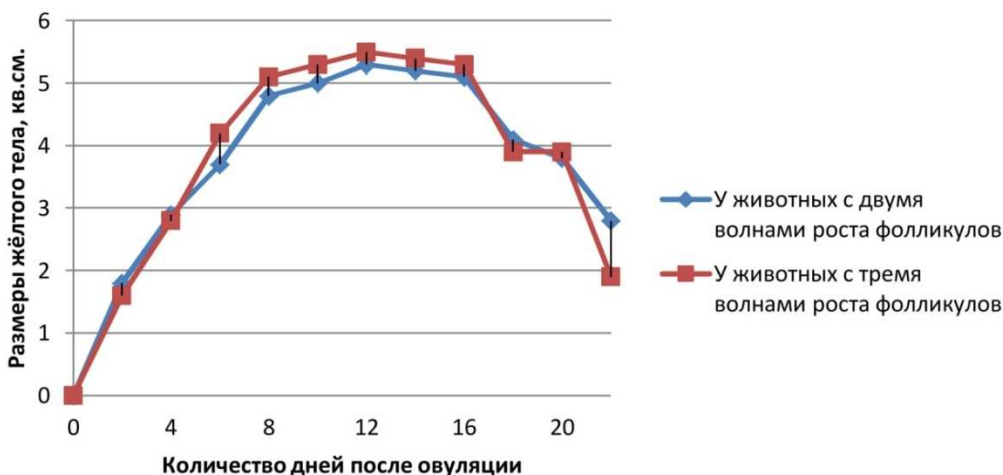


Рисунок 4 – Размер жёлтого тела у коров мясных пород с двумя и тремя волнами роста фолликулов на протяжении полового цикла

Эффективность применения препаратом простагландинового ряда (активно действующее вещество – клопростенол) зависит от степени проявления охоты у максимального числа обработанных гормонами животных в течение 24-часового периода.

При одинаковом интервале времени между введением простагландина и началом охоты, в период с 6-го до 19-й день полового цикла, установлено, что применение препарата эстрофан эффект оплодотворения составляет 50,0 %, при применении препарата эстуфалан – 50,0 %, а при применении препарата суперфан – 46,7 %. При этом отрицательной стороной применения синтетических препаратов простагландина считается образование у коров и телок случного возраста овариальных кист.

Синхронное проявление охоты в стадии возбуждения полового цикла у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы, шевроле и герефорд достигается включением в схемы синхронизации, инъекций препаратов эстрадиол бензоат и фоллитропин через 48 часов после инъекции препаратов эстрофан, эстуфалан и суперфан (таблица 2).

Таблица 2 – Эффективность комбинированного применения простагландинов для синхронизации охоты у коров при фронтальной обработке

Показатель	Эстрофан	Эстуфалан	Суперфан	Всего по трём группам
Эстрадиол бензоат				
Число животных в группах, гол.	40	40	40	120
Пришли в охоту через:				
24 часа, %	15,0	10,0	12,5	12,5
48 часов, %	70,0	72,5	60,0	67,5
72 часа, %	5,0	4,9	7,5	5,8
Не проявили признаков охоты, гол.	10,0	12,5	20,0	14,2
Оплодотворяемость в индуцированную охоту, %	69,4	71,4	71,9	70,9
Фоллитропин				
Число обработанных животных, гол.	40	40	40	120
Пришли в охоту через:				
24 часа, %	12,5	10,0	12,5	11,7
48 часов, %	82,5	80,0	77,5	76,7
72 часа, %	5,0	2,5	2,5	3,3
Не проявили признаки охоты, гол.	10,0	7,5	10,0	9,2
Оплодотворяемость в индуцированную охоту	72,2	70,3	72,9	70,9

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют о том, что сочетанное применение препаратов эстрофан и эстрадиол бензоат приводит к тому, что оплодотворение в данной группе животных составило 69,4 %.

При применении препарата фоллитропин оплодотворение коров и телок наблюдалось в 72,2 % случаев, в то время как инъекции препарата эстуфалан в сочетании с препаратом эстрадиол бензоат у 71,4 % животных, а в сочетании с препаратом фоллитропин способствовали тому, что оплодотворение наступало у 70,3 % случаев животных.

Применение препарата суперфан в сочетании с препаратом эстрадиол бензоат вызвало эффект оплодотворения у коров и телок в 71,9 % случаев, а в сочетании с препаратом фоллитропин – в 72,9 % случаев.

Обсуждение. Установлено, что продолжительность роста, созревания и формирования доминантного фолликула у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы составила $5,1 \pm 0,12$ дней, у породы герефорд – $5,3 \pm 0,19$ дней и у животных породы шевроле – $6,1 \pm 0,19$ дней. При овуляторном половом цикле смена одного доминантного фолликула другим происходит в среднем через $15,2 \pm 0,11$ дней у коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы, у коров и телок породы герефорд – через $14,3 \pm 0,12$ дней, а у животных породы шевроле – через $17,3 \pm 0,11$ дней ($p < 0,05$; $p < 0,01$, соответственно казахской белоголовой породе). У коров и телок случного возраста казахской белоголовой породы овуляция была зафиксирована через $26,1 \pm 0,31$ часа, в то время как у животных породы герефорд овуляцию фиксировали через $26,8 \pm 0,52$ часов. У коров и телок случного возраста породы шевроле овуляция наблюдалась через $27,8 \pm 0,43$ часов. Размер жёлтого тела при пиковых значениях прогестерона был несколько большим у животных казахской белоголовой и породы герефорд с тремя волнами роста фолликулов, у коров и телок случного возраста породы шевроле с четырьмя волнами роста фолликулов.

Заключение. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при сочетанном применении препаратом в синтетических аналогов простагландина: эстрофан, эстуфалан и суперфан в сочетании с препаратом эстрадиол бензоат эффект оплодотворения составляет 70,9 % случаев и не зависит от породных особенностей животных. Применение препаратов эстрофан, эстуфалан и суперфан в сочетании с препаратом фоллитропин дало положительный результат оплодотворения у 70,9 % коров и телок случного возраста.

Библиографический список

1. Авдеенко, В.С. Воспроизводительная активность стада при различных условиях эксплуатации коров [Текст] / В.С. Авдеенко, Е. У. Байтлесов // Ветеринарная патология. – 2009. – № 3. – С. 228-231
2. Мадисон, В. Синхронизация охоты крупного рогатого скота простагландинами ПГФ2α [Текст] / В. Мадисон // Молочное и мясное скотоводство. – 2000. – №7. – С. 9-14.
3. Никитина, М.А. Этиопатогенез, профилактика и лечение гипофункции яичников у коров [Текст] / М.А. Никитина, В.Д. Кочарян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – 2 (26).
4. Середин, В.А. Биологическая система стимуляции воспроизводства в скотоводстве [Текст] / В.А. Середин // Вестник ветеринарии. – 1997. – №2. – С. 10-20.
5. Хилькевич, С.Н. Синхронизация половых циклов в программе трансплантации эмбрионов [Текст] / С.Н. Хилькевич, Е.А. Тяпугин, А.Г. Самоделкин // Зоотехния. – 1993. – № 4. – С. 24-25.
6. Taylor, C. and R. Rajamahendran. 1991. Follicular dynamics, corpus luteum growth and regression in lactating dairy cattle [Текст] . Can. J. Anim. Sci. 71:61-68.
7. Fontaubert, Y. Synchronisation des chaleurs chez la vache laitière: bilan de l'utilisation du Synchro-Mate B pendant cinq années successives [Текст] /Y. Fontaubert, J. Cochaud, M // Terqui Prod. anim.-1989.-V.2.-N.5.-S.317-323.
8. Fontaubert, Y. La maîtrise des cycle sexuel chez les bovines. Le point en 1988 [Текст] / Y. Fontaubert/ Prod. anim.-1988.-N.3.-P.179-187.
9. Gjaz, A., Treatment and control of cystic ovarian disease in dairy cattle: a review [Текст] / A. Gjaz, M. Fahning, R. Zemjanec // Br. Vet. J.-1987.-N.43.-P.226-237.
10. Godfrey, R. Evaluation of luteolysis and estrous synchronization by prostaglandin analog (luprostinol) in Brahman cows and heifers [Текст] / R. Godfrey, M. Guthrie., D. Neuendorf /J.Anim. Sci.-1989.-V.67.-N.8.-P.2067-2074.
11. Hadjilobcas S., Measurements of Leaf Water Content Using Terahertz.-IEEE trans on microwave theory and techniques [Текст] / S. Hadjilobcas, L.S. Karatzas, J.W. Bowen // v.47 №2, February,1999.-S. 189-193.
12. Kothbaner, O. Über die Acupunctur and Neuraltherapie bei Fruchtbarkeitsstörungen des weiblichen Rindes, Diagnose und Therapie [Текст] / O. Kothbaner // Tierarz. Umsch. - 1990. - Vol. 45. -N 4. - S. 225-237.

Reference

1. Avdeenko, V. S. Vosproizvoditel'naya aktivnost' stada pri razlichnyh usloviyah jekspluatcii korov [Tekst] / V. S. Avdeenko, E. U. Bajtlesov // Veterinarnaya patologiya. – 2009. – № 3. – S. 228-231
2. Madison, V. Sinhronizaciya ohoty krupnogo rogatogo skota prostaglandinami PGF2? [Tekst] / V. Madison // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2000. – №7. – S. 9-14.
3. Nikitina, M. A. Etiopatogenez, profilaktika i lechenie gipofunkcii yaichnikov u korov [Tekst] / M. A. Nikitina, V. D. Kocharyan // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – 2 (26).
4. Seredin, V. A. Biologicheskaya sistema stimulyacii vosproizvodstva v skotovodstve [Tekst] / V. A. Seredin // Vestnik veterinarii. – 1997. – №2. – S. 10-20.

5. Hil'kevich, S. N. Synchronizaciya polovyh ciklov v programme transplantacii jembrionov [Tekst] / S. N. Hil'kevich, E. A. Tyapugin, A. G. Samodelkin // Zootehniya. – 1993. – № 4. – S. 24-25.
6. Taylor, C. and R. Rajamahendran. 1991. Follicular dynamics, corpus luteum growth and regression in lactating dairy cattle [Tekst]. Can. J. Anim. Sci. 71:61-68.
7. Fontaubert, Y. Synchronisation des chaleurs chez la vache laitière: bilan de l'utilisation du Synchro-Mate B pendant cinq années successives [Tekst] / Y. Fontaubert, J. Cochaud, M. Terqui Prod. anim.-1989.-V.2.-N.5.-S.317-323.
8. Fontaubert, Y. La maîtrise des cycle sexuel chez les bovines. Le point en 1988 [Tekst] / Y. Fontaubert/ Prod. anim.-1988.-N.3.-P.179-187.
9. Gjaz, A., Treatment and control of cystic ovarian disease in dairy cattle: a review [Tekst] / A. Gjaz, M. Fahning, R. Zemjanie // Br. Vet. J. – 1987. – N.43. – P. 226-237.
10. Godfrey, R. Evaluation of luteolysis and estrous synchronization by prostaglandin analog (luprostinol) in Brahman cows and heifers [Tekst] / R. Godfrey, M. Guthrie., D. Neuendorf // J. Anim. Sci. – 1989. – V.67. – N.8. – P. 2067-2074.
11. Hadjilobcas S., Measurements of Leaf Water Content Using Terahertz.-IEEE trans on microwave theory and techniques [Tekst] / S. Hadjilobcas, L.S. Karatzas, J.W. Bowen // v.47 №2, February, 1999. – S. 189-193.
12. Kothbaner, O. Über die Acupunctur and Neuraltherapie bei Fruchtbarkeitsstörungen des weiblichen Rindes, Diagnose und Therapie [Tekst] / O. Kothbaner // Tierärz. Umsch. – 1990. – Vol. 45. – N 4. – S. 225-237.

E-mail: pereryadkina.svetlana@mail.ru

УДК: 636.2.082.26

ПОВЫШЕНИЕ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЫЧКОВ КАЛМЫЦКОЙ ПОРОДЫ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

IMPROVEMENT OF MEAT PRODUCTIVITY OF THE BULLS OF THE KALMYK BREED ON THE BASIS OF OPTIMIZATION OF GENETIC FACTORS

И.Ф. Горлов¹, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН

Б.К. Болаев², кандидат сельскохозяйственных наук

Д.А. Ранделин³, доктор биологических наук

Д.В. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук

I.F. Gorlov¹, B.K. Bolayev², D.A. Randelin³, D.V. Nikolaev¹

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

²Калмыцкий государственный аграрный университет, г. Элиста

³Волгоградский государственный аграрный университет

¹Volga Region Scientific Research Institute of Meat-and-Milk Production and Processing

²Kalmyk State Agrarian University

³Volgograd State Agrarian University

Цель работы – изучить эффективность откорма бычков разных генотипов, полученных в результате скрещивания коров калмыцкой породы и быков казахской белоголовой породы в сравнительном аспекте. Исследования проводили в ОАО «Шуруповское» Фроловского района Волгоградской области. Для этого были сформированы две группы подопытных бычков в возрасте 10 месяцев: первая (I опытная) группа – чистопородные животные калмыцкой породы; вторая (II опытная) группа – помесные животные с генотипом $\frac{1}{2}$ калмыцкой породы $\times$ $\frac{1}{2}$ казахской породы, полученные в результате скрещивания коров калмыцкой породы с быками казахской белоголовой породы. Расчет по фактической поедаемости кормов показал, что бычки II группы потребили больше, по сравнению со сверстниками I группы, сенажа злаково-бобового

на 15,4 кг, или 2,40 %, силоса кукурузного – на 13,68 кг, или 3,14 %, соломы пшеничной – на 13,49 кг, или 5,92 %, зеленой массы сорго – на 6,46 кг, или 6,33 %, зеленой массы – на 27,36 кг, или 6,36 %. Поедание остальных кормов находилось на одном уровне. Однако по потреблению сена злаково-разнотравного бычки I группы превосходили аналогов II группы на 5,13 кг, или 3,82 %. За опытный период помесные бычки лучше потребляли корм, в сравнении с чистопородными аналогами. Изучение динамики живой массы подопытных животных показало, что бычки II группы в возрасте 10 месяцев превосходили сверстников I – по живой массе – на 55,3 кг, или 23,8 % ($P>0,999$), 11 месяцев – на 55,61 кг, или 21,31 % ($P>0,999$), 12 месяцев – на 55,01 кг, или 18,97 % ($P>0,999$), 13 месяцев – на 55,96 кг, или 17,52 % ($P>0,999$), 14 месяцев – на 57,54 кг, или 16,46 % ($P>0,999$), 15-месяцев – на 59,64 кг, или 15,74 % ($P>0,999$), 16 месяцев – на 62,04 кг, или 15,13 % ($P>0,999$), 17-месяцев – на 65,88 кг, или 14,97 % ($P>0,999$), 18 месяцев – на 65,23 кг, или 14,22 % ($P>0,999$). Контрольный убой, который проводили в возрасте 18 месяцев, показал, что помесные животные II группы превосходили сверстников I группы по массе парной туши – на 61,71 кг, или 25,50 % ($P>0,999$), выходу туши – на 5,0 %, убойной массе – на 59,44 кг, или 22,71 % ($P>0,999$), убойному выходу – на 3,98 %. Подопытные бычки II группы уступали по массе и выходу внутреннего жира. В результате расчета экономической эффективности установлено, что уровень рентабельности производства выше у помесных животных (II группа), по сравнению с чистопородными сверстниками (I группа), на 4,20 %.

The purpose of the study was to study the efficiency of fattening of bull calves of different genotypes obtained as a result of crossing cows of Kalmyk breed and bulls of Kazakh white-headed breed in a comparative aspect. The research was carried out in JSC "Shurupovskoye", Frolovsky district, Volgograd region. For this, two groups of experimental bull-calves were formed at the age of 10 months: the first (I experimental) group - purebred animals of the Kalmyk breed; the second (II trial) group - hybrid animals with the genotype of $\frac{1}{2}$ Kalmyk breed of $\frac{1}{2}$ Kazakh breed, obtained as a result of crossing cows of Kalmyk breed with bulls of Kazakh white-headed breed. The calculation of the actual feed consumption showed that the bulls of group II consumed more than the peers of the first group of silage of leguminous and leguminous plants by 15.4 kg, or 2.40%, of maize silage by 13.68 kg, or 3.14% wheat straw - by 13.49 kg, or 5.92%, green sorghum - by 6.46 kg, or 6.33%, green weight - by 27.36 kg, or 6.36%. The level of eating of other feeds was at the same level. However, in the consumption of hay grass-mixed herb I group exceeded the analogues of the II group - by 5.13 kg, or 3.82%. During the experimental period, the hybrid pied-oxen consumed food in comparison with purebred counterparts. A study of the dynamics of the live weight of the experimental animals showed that the gobies of group II at the age of 10 months exceeded the peer group I by 55.3 kg, or 23.8% ($P> 0.999$), by 11.5 months - by 55.61 kg, or 21.31% ($P> 0.999$), 12 months - 55.01 kg, or 18.97% ($P> 0.999$), 13 months - 55.96 kg, or 17.52% ($P> 0.999$), 14 months - 57.54 kg, or 16.46% ($P> 0.999$), 15 months - 59.64 kg, or 15.74% ($P> 0.999$), 16 months - by 62.04 kg, or 15.13% ($P> 0.999$), 17 months by 65.88 kg, or 14.97% ($P> 0.999$), 18 months by 65.23 kg, or 14.22% ($P> 0.999$). Control slaughter conducted at the age of 18 months showed that the hybrid animals of Group II outperformed the peer group I by the weight of the paired carcass - by 61.71 kg, or 25.50% ($P> 0.999$), carcass yield - 5.0%, slaughter weight - by 59.44 kg, or 22.71% ($P> 0.999$), the slaughter yield - by 3.98%. The experimental bulls of group II were inferior in mass and in the yield of internal fat. As a result of the calculation of economic efficiency, it is established that the level of profitability of production is higher for crossbred animals (group II) compared to purebred peers (group I) by 4.20%.

Ключевые слова: бычки, переваримость, прирост, живая масса, убойные показатели, эффективность производства.

Key words: gobies, digestibility, increment, live weight, slaughter indicators, production efficiency.

Работа выполнена в рамках Государственного задания

Введение. В Российской Федерации одним из основных направлений развития аграрной науки является обеспечение населения отечественными конкурентоспособными продуктами питания, в том числе животного происхождения, в частности, говядиной [2, 10, 1, 6, 5].

Наиболее ценную говядину можно получить при использовании специализированных сельскохозяйственных животных мясного направления продуктивности [7, 3, 4]. От животных казахской белоголовой и калмыцкой пород при соблюдении технологии откорма можно получать высококачественное, в том числе и «мраморное» мясо, которое является перспективным и востребованным на мировом рынке.

Одними из наиболее распространенных специализированных мясных пород скота в России являются казахская белоголовая и калмыцкая. Это объясняется их относительной неприхотливостью к условиям содержания, климату и высокой мясной продуктивностью. Однако, как и у всех пород, у них имеется ряд недостатков, которые можно устранить при межпородном скрещивании за счет эффекта гетерозиса [8, 9].

Таким образом, исследования, направленные на изучение влияния промышленного скрещивания коров калмыцкой породы с казахскими белоголовыми быками на эффективность производства говядины, являются актуальными и востребованными.

Цель работы – изучить эффективность откорма бычков, полученных в результате скрещивания быков казахской белоголовой породы с коровами калмыцкой породы, в сравнении с чистопородными сверстниками калмыцкой породы.

Материалы и методы. Исследования проводились в ОАО «Шуруповское» Фроловского района Волгоградской области. Формирование групп подопытных бычков в возрасте 10-18 месяцев велось по следующей схеме: первая (I опытная) группа – чистопородные животные калмыцкой породы; вторая (II опытная) группа – помесные животные, полученные в результате скрещивания быков казахской белоголовой и коров калмыцкой породы.

Подопытных животных содержали в одинаковых условиях в отдельных помещениях, раздельно по группам, со свободным доступом в выгульные дворики. Кормление осуществлялось в выгульных дворах из кормушек, оборудованных по периметру дворов. Кормление животных рассчитано на получение приростов от 900 до 1100 г в сутки. Доступ к воде был свободный. Контрольный убой животных с последующей обвалкой проводили на мясокомбинате «Агро-Инвест». Продолжительность опыта составляла 8 месяцев.

Рацион подопытных бычков состоял из следующих компонентов: сенаж злаково-бобовый, силос кукурузный, комбикорм, сено злаково-разнотравное, свекловичная патока (меласса), масло подсолнечное, динатрийфосфат, соль поваренная, солома пшеничная озимая, зеленая масса сорго, зеленая масса. Сбалансирование рационов по содержанию микро- и макроэлементов осуществляли с помощью БВМД «Провими».

Результаты и обсуждение. Расчет по фактической поедаемости кормов показал, что бычки II группы потребили больше, по сравнению со сверстниками I группы, сенажа злаково-бобового на 2,40 %, силоса кукурузного – на 3,14 %, соломы пшеничной – на 5,92 %, зеленой массы сорго – на 6,33 %, зеленой массы – на 6,36 %. По потреблению сена злаково-разнотравного бычки I группы превосходили сверстников II группы на 3,82 %. Потребление же остальных кормов находилось на одном уровне.

В целом за опытный период помесные бычки потребляли корм лучше, в сравнении с чистопородными сверстниками.

В результате балансового опыта установлено, что помесные бычки, в сравнении с чистопородными сверстниками, переваривали сухого вещества больше на 598,13 г, или 10,41 % ($P>0,999$), органического вещества – на 630,96 г, или 11,31 % ($P>0,999$), сырого протеина – на 72,81 г, или 9,69 % ($P>0,999$), сырого жира – на 18,57 г, или 9,30 % ($P>0,999$), сырой клетчатки – на 92,06 г, или 13,13 % ($P>0,999$), БЭВ – на 308,4 г, или 8,08 % ($P>0,999$) (таблица 1).

Таблица 1 – Переварено питательных веществ, г (n = 3)

Питательные вещества	Группа	
	I	II
Сухое вещество	5745,80±30,30	6343,93±29,79
Органическое вещество	5579,75±27,15	6210,71±22,60
Сырой протеин	751,50±2,01	824,31±2,19
Сырой жир	199,69±1,20	218,26±0,67
Сырая клетчатка	701,23±2,09	793,29±2,01
БЭВ	3815,79±18,45	4124,19±16,56

Помесные животные II группы в возрасте 10 месяцев превосходили сверстников I группы по живой массе – на 23,8 % ($P>0,999$), 11 месяцев – на 21,31 % ($P>0,999$), 12 месяцев – на 18,97 % ($P>0,999$), 13 месяцев – на 17,52 % ($P>0,999$), 14 месяцев – на 57,54 кг, или 16,46 % ($P>0,999$), 15 месяцев – на 59,64 кг, или 15,74 % ($P>0,999$), 16 месяцев – на 62,04 кг, или 15,13 % ($P>0,999$), 17 месяцев – на 65,88 кг, или 14,97 % ($P>0,999$), 18 месяцев – на 65,23 кг, или 14,22 % ($P>0,999$) (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика живой массы подопытного молодняка, кг (n = 10)

Период, месяцы	Группа	
	I опытная	II опытная
10	232,40±0,73	287,70±1,59
11	260,92±0,91	316,53±0,43
12	290,02±1,01	345,03±0,32
13	319,47±1,19	375,43±0,52
14	349,54±1,43	407,08±0,63
15	378,94±1,61	438,58±0,83
16	409,94±1,89	471,98±0,90
17	440,00±2,63	504,98±1,02
18	458,67±2,55	523,90±1,19

По абсолютному приросту живой массы помесные бычки II группы в возрастной период 10-11 мес. превосходят сверстников I группы – на 0,31 кг, или 1,09 %, 11-12 мес. – на 0,30 кг, или 1,06 %, 12-13 мес. – на 0,95 кг, или 3,23 %, 13-14 мес. – на 1,58 кг, или 5,25 %, 14-15 мес. – на 2,10 кг, или 7,14 %, 15-16 мес. – на 2,40 кг, или 7,74 %, 16-17 мес. – на 3,0 кг, или 9,71 % (таблица 3).

Таблица 3 – Абсолютный прирост живой массы подопытного молодняка, кг (n=10)

Период, месяцы	Группа	
	I	II
10-11	28,52±0,32	28,83±0,33
11-12	28,20±0,35	28,50±0,24
12-13	29,45±0,33	30,40±0,44
13-14	30,07±0,34	31,65±0,35
14-15	29,40±0,32	31,50±0,39
15-16	31,00±0,42	33,40±0,47
16-17	30,90±0,43	33,00±0,28
17-18	18,60±0,19	18,90±0,14
10-18	226,20±2,51	236,20±1,13

За весь период опыта от 10 до 18-месячного возраста помесные животные превосходили чистопородных сверстников по живой массе на 4,42 %.

По среднесуточным приростам живой массы изучаемых бычков наблюдалась аналогичная закономерность.

При достижении подопытными животными 18 месячного возраста был проведен контрольный убой (таблица 4).

Таблица 4 – Контрольный убой бычков (n=3)

Показатель убоя	Подопытные группы	
	I	II
Предубойная масса, кг	440,00±4,13	506,00±4,26
Масса парной туши, кг	241,98±1,60	303,69±2,15
Выход туши, %	55,00±0,24	60,00±0,32
Масса внутреннего жира, кг	19,80±0,21	17,53±0,24
Выход внутреннего жира, %	4,50±0,13	3,44±0,11
Убойная масса, кг	261,78±1,75	321,22±2,08
Убойный выход, %	59,50±0,28	63,48±0,23

Контрольный убой подопытных бычков показал, что помесные животные II группы превосходили сверстников I группы по массе парной туши – на 61,71 кг, или 25,50 % ($P>0,999$), выходу туши – на 5,0 %, убойной массе – на 59,44 кг, или 22,71 % ($P>0,999$), убойному выходу – на 3,98 %. Однако они уступали чистопородным особям по массе и выходу внутреннего жира.

По результатам научно-хозяйственного опыта мы рассчитали экономическую эффективность производства говядины от бычков разных генотипов (таблица 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность откорма изучаемых бычков.

Калькуляция	Подопытные группы	
	I	II
Прирост живой массы за период опыта, кг	226,2	236,2
Производственные затраты, руб.	16969,52	17086,71
Себестоимость 1 ц прироста живой массы, руб.	7502,00	7234,00
Выручка от условной реализации, руб.	19227,00	20077,00
Прибыль от условной реализации, руб.	2257,48	2990,29
Уровень рентабельности, %	13,30	17,50

Из данных таблицы 5 видно, что уровень рентабельности производства говядины выше у помесных животных (II группа), по сравнению с чистопородными сверстниками (I группа), на 4,20 %. Это произошло в результате увеличения за период опыта абсолютного прироста живой массы, помесных бычков, в сравнении с чистопородными сверстниками, на 10,0 кг. Прибыль от реализации животных во II группе возросла при этом на 732,81 руб., или 32,46 %, себестоимость производства снизилась на 268,22 руб., или 3,56 %.

Заключение. Выращивание на мясо помесного молодняка, полученного в результате скрещивания казахских белоголовых быков с коровами калмыцкой пород, экономически выгоднее, в сравнении с чистопородными сверстниками калмыцкой породы.

Библиографический список

1. Беляев, А.И. Ресурсосберегающие технологии производства говядины [Текст]/ А.И. Беляев, И.Ф. Горлов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 3. – С. 10-14.
2. Горлов, И.Ф. Создание системных технологий производства продукции животноводства [Текст]/ И.Ф. Горлов // Вестник мясного скотоводства. – 2010. – Т. 1. – № 63. – С. 9-15.
3. Горлов, И.Ф. Эффективность выращивания на мясо бычков специализированных мясных пород [Текст] / И.Ф. Горлов, Д.А. Ранделин, А.К. Натиров // Вестник Калмыцкого университета. – 2013. – №3 (19). – С. 14-20.

4. Качественные показатели мяса подопытных бычков казахской белоголовой породы разных генотипов [Текст]/ И.Ф. Горлов, А.Н. Сивко, О.А. Суторма, Д.А. Ранделин // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №4 (40). – С. 87-92.

5. Научно обоснованные технологии производства конкурентоспособной говядины [Текст]: монография / И.Ф. Горлов, А.И. Беляев, А.Н. Струк, Г.В. Волколупов, М.Е. Спивак, Д.А. Ранделин. – Москва-Волгоград: Вестник РАСХН, 2009. – 274 с.

6. Новые подходы к производству говядины на основе современных биоинженерных технологий [Текст] : монография / И.Ф. Горлов, В.И. Левахин, Д.А. Ранделин, А.К. Натиров, Б.К. Болаев, О.А. Суторма. – Элиста: Калмыцкий государственный университет, 2015. – 248 с.

7. Ранделин, Д.А. Особенности роста и развития бычков разных специализированных пород [Текст]/ Д.А. Ранделин, И.В. Сазонова, Е.В. Левковская // Известия Нижневолжского аграрного университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №4 (28). – С. 135-139.

8. Ранделин, Д.А. Влияние скрещивания на мясную продуктивность бычков и качественные показатели их мяса [Текст]/ Д.А. Ранделин // Все о мясе. – 2010. – №1. – С. 34-36.

9. Ранделин, Д.А. Научно-практическое обоснование производства конкурентоспособной говядины на основе оптимизации использования породных ресурсов мясного скота [Текст] : автореферат. дис. доктора биол. наук. 06.02.10 / Д.А. Ранделин. – Оренбург, 2013. – 50 с.

10. Совершенствование технологии выращивания молодняка крупного рогатого скота [Текст] / И.Ф. Горлов, О.П. Шахбазова, П.С. Кобыляцкий, Д.В. Николаев, А.А. Закурдаева // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – №4. – С. 5-8.

Reference

1. Belyaev, A. I. Resursosberegayushchie tehnologii proizvodstva govyadiny [Tekst]/ A. I. Belyaev, I. F. Gorlov // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – 2010. – № 3. – S. 10-14.

2. Gorlov, I. F. Sozdanie sistemnyh tehnologii proizvodstva produkcii zhivotnovodstva [Tekst]/ I. F. Gorlov // Vestnik myasnogo skotovodstva. – 2010. – T. 1. – № 63. – S. 9-15.

3. Gorlov, I. F. Jeffektivnost' vyraschivaniya na myaso bychkov specializirovannyh myasnyh porod [Tekst] / I. F. Gorlov, D. A. Randelin, A. K. Natyrov // Vestnik Kalmyckogo universiteta. - 2013. – №3 (19). – S. 14-20.

4. Kachestvennye pokazateli myasa podopytnykh bychkov kazahskoj belogolovoj porody raznyh genotipov [Tekst]/ I. F. Gorlov, A. N. Sivko, O. A. Sutorma, D. A. Randelin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrarnogo universitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – №4 (40). – S. 87-92.

5. Nauchno obosnovannye tehnologii proizvodstva konkurentosposobnoj govyadiny [Tekst] : monografiya / I. F. Gorlov, A. I. Belyaev, A. N. Struk, G. V. Volkolupov, M. E. Spivak, D. A. Randelin. – Moskva-Volgograd: Vestnik RASXN, 2009. – 274 s.

6. Novye podhody k proizvodstvu govyadiny na osnove sovremennyh bioinzhenernyh tehnologij [Tekst] : monografiya / I. F. Gorlov, V. I. Levahin, D. A. Randelin, A. K. Natyrov, B. K. Bolaev, O. A. Sutorma. – Jelista: Kalmyckij gosudarstvennyj universitet, 2015. – 248 s.

7. Randelin, D. A. Osobennosti rosta i razvitiya bychkov raznyh specializirovannyh porod [Tekst]/ D. A. Randelin, I. V. Sazonova, E. V. Levkovskaya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrarnogo universitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – №4 (28). – S. 135-139.

8. Randelin, D. A. Vliyanie skreschivaniya na myasnuyu produktivnost' bychkov i kachestvennye pokazateli ih myasa [Tekst]/ D. A. Randelin // Vse o myase. – 2010. – №1. – S. 34-36.

9. Randelin, D. A. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie proizvodstva konkurentosposobnoj govyadiny na osnove optimizacii ispol'zovaniya porodnyh resursov myasnogo skota [Tekst] : avtoreferat. dis. doktora biol. nauk. 06.02.10 / D. A. Randelin. – Orenburg, 2013. – 50 s.

10. Sovershenstvovanie tehnologii vyraschivaniya molodnyaka krupnogo rogatogo skota [Tekst] / I. F. Gorlov, O. P. Shahbazova, P. S. Kobylyackij, D. V. Nikolaev, A. A. Zakurdaeva // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2014. – №4. – S. 5-8.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК 636.2.034:636.082

**МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ДАТСКОЙ
СЕЛЕКЦИИ РАЗНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ****MILK PRODUCTIVITY OF DANISH COWS
SELECTIONS OF DIFFERENT LINEAR BELONGING****А.В. Ранделин**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А.А. Кайдулина**, кандидат сельскохозяйственных наук**Т.Н. Бармина**, старший научный сотрудник**С.А. Суркова**, старший научный сотрудник**A.B. Randelin, A.A. Kaidulina, T.N. Barmina, S.A. Surkova***ФГБНУ Поволжский научно-исследовательский институт
производства и переработки мясомолочной продукции**Volga region research institute of manufacture and processing
of meat-and-milk production*

В работе представлен материал научно-производственных исследований молочной продуктивности и качественных показателей молока коров датской селекции в условиях Волгоградской области в зависимости от их линейной принадлежности. Исследованиями установлено, что наиболее высокой молочной продуктивностью характеризовались животные генеалогической линии быка Вис Бэк Айдиала 1013415. Их удой превышал удои сверстниц линии Рефлексн Соверинга 198998 на 436 кг, или 5,4 %; линии Монтвик Чифтейна 95679 – на 563 кг, или 7,0 %. Валовый выход жира и белка у коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 также был больше, чем у сверстниц линий Рефлексн Соверинга 198998 и Монтвик Чифтейна 95679.

The paper presents the material of scientific and industrial studies of milk productivity and qualitative indicators of milk of cows of Danish breeding in the conditions of the Volgograd region, depending on their linear affiliation. Studies have shown that the highest dairy productivity was characterized by the animals of the genealogical line of the Wis Back Ideal 1013415 bull. Their yield exceeded the milk yields of the Reflection Sovering line of 198,998 by 436 kg or 5.4%; line Montvich Chiftain 95679 - by 563 kg or 7.0%. The gross yield of fat and protein in the cows of the Wis Back Ideal 1013415 line was also greater than that of the Reflection Sovering lineage of 198,998 and Montvich Chiftain 95679.

Ключевые слова: голштинская порода, генеалогическая линия, молочная продуктивность, содержание жира и белка, живая масса.

Key words: holstein breed, genealogical line, milk production, fat and protein content, live weight.

Введение. С целью повышения темпов селекции при совершенствовании отечественных пород крупного рогатого скота, в частности молочного, в нашей стране широко используется генофонд импортных пород [2].

В стаде голштинского скота ООО СП «Донское» разводятся животные американской, голландской, австралийской, немецкой и датской селекций, имеющие различные показатели молочной продуктивности. При этом анализ динамики молочной продуктивности коров по поколениям показал, что она была различной. Так, у потомков датской селекции было отмечено снижение молочной продуктивности, в сравнении с импортными предками, что указывает на необходимость ведения направленной селекции на улучшение этого показателя. Одним из методов, позволяющих повысить удой, содержание в молоке жира и белка, является разведение по линиям. Как отмечают некоторые ученые, умело используя разведение по линиям, своеобразное орудие производства, можно исправить те или иные недостатки [5, 7, 1, 4]. Поэтому нами была изу-

чена молочная продуктивность коров датской селекции трех наиболее многочисленных, используемых на комплексе линий голштинского скота – Рефлекшн Соверинга 198998, Вис Бэк Айдиала 1013415 и Монтвик Чифтейна 95679.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в условиях молочного комплекса по производству молока ООО СП «Донское» Волгоградской области на коровах голштинской породы датской селекции. Все животные на комплексе находятся на стойловом беспривязном содержании. Летний и зимний рационы кормления составлены в соответствии с физиологическим состоянием и продуктивностью коров, с учетом положений, рекомендованных Калашниковым А.П. и др. (2003). Питательность рационов была рассчитана на получение среднесуточного удоя 28-30 кг молока. Трехкратное автоматизированное доение осуществляется на установке «Карусель» на 36 мест марки «Westfalia Surge». Уровень молочной продуктивности определялся по результатам проводимых еженедельно контрольных доек.

В процессе исследований использовались материалы бонитировки, первичного зоотехнического учета и собственных экспериментальных данных. Качественные показатели молока анализировали согласно: ГОСТ Р 54669-11 – титруемая кислотность; ГОСТ Р 54758-2011 – плотность; ГОСТ Р 54668-2011 – сухой обезжиренный молочный остаток; ГОСТ Р ИСО 2446-2011 – содержание жира и ГОСТ 23327-98 – содержание белка. Цифровой материал был обработан методом вариационной статистики (Плохинский Н.А., 1969) на ПК с использованием программ Microsoft Office и Microsoft Excel и определением критерия достоверности разницы по Стьюденту-Фишеру.

Результаты и обсуждение. Генетический потенциал животных датской селекции достаточно высок: матери завезенных животных на родине имели удой молока 10 144 кг при содержании жира 4,1 %, белка – 3,3 %. Однако их дочери, лактирующие в ООО СП «Донское», снизили удой, в сравнении с матерями, на 2013,9 кг, или 19,85 %, внучками – на 2546,3 кг, или 25,10 % и правнучками – на 2440,8, или 24,10 %. При этом содержание жира в молоке снизилось у их потомков на 0,2-0,3 %, белка – на 0,1-0,2 %. Для повышения молочной продуктивности коров датской селекции необходимо разработать соответствующую селекционную программу. Одной из мер повышения продуктивности животных является разведение по линиям. Нами были проанализированы молочная продуктивность и качественные показатели молока коров разной линейной принадлежности за 305 дней первой лактации.

В выборку были включены данные по законченной первой лактации коров трех основных линий быков: Рефлекшн Соверинга 198998, Вис Бэк Айдиала 1013415 и Монтвик Чифтейна 95679 (таблица 1). Анализ показал, что наиболее высоким удоим молока обладали коровы линии Вис Бэк Айдиала 1013415. Их удой был выше, чем удой сверстниц линии Рефлекшн Соверинга 198998, на 436 кг, или 5,4 % ($P>0,95$), линии Монтвик Чифтейна 95679 – на 563 кг, или 7,0 % ($P>0,95$). Разница между удоим коров линий Рефлекшн Соверинга 198998 и Монтвик Чифтейна 95679 была недостоверной и составила 227 кг.

Таблица 1 – Продуктивные показатели коров за 305 дней лактации

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	В.Б. Айдиал	М. Чифтейн
Поголовье, гол.	98	43	25
Удой, кг	7579±108	8015±109,83	7452±112,57
Жир, %	3,85±0,01	3,83±0,02	3,81±0,02
Жир, кг	291,79±3,46	306,97±2,17	283,92±3,02
Белок, %	3,20±0,01	3,20±0,01	3,21±0,01
Белок, кг	242,52±2,83	256,48±2,06	239,30±2,70

Содержание жира и белка в молоке по линиям коров варьировало незначительно. При этом валовой выход жира у коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 был больше, чем у сверстниц линии Рефлекшн Соверинга 198998, на 15,18 кг, или 5,20 % ($P>0,99$), линии Монтвик Чифтейна 95679 – на 23,05 кг, или 8,12 % ($P>0,99$).

По массовой доле белка в молоке коров отдельных линий различия не установлены. Однако валовой выход белка в молоке коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 был больше, чем у сверстниц, соответственно на 13,94 кг, или 5,76 % ($P>0,99$) и 17,18 кг, или 7,18 % ($P>0,99$).

Более детальное исследование качественных показателей молока подопытных коров (таблица 2) показало, что содержание жира в молоке коров линии Рефлекшн Соверинга 198998 было выше, чем у сверстниц линий Вис Бэк Айдиала 1013415 и Монтвик Чифтейна 95679, соответственно на 0,03 и 0,04 % ($P>0,95$).

Таблица 2 – Качественные показатели молочного сырья (90 дней)

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	В.Б. Айдиал	М. Чифтейн
Суточный удой, кг	27,44±0,21	28,16±0,19	27,02±0,26
Жир, %	3,83±0,02	3,80±0,01	3,79±0,01
Белок, %	3,18±0,01	3,19±0,01	3,19±0,01
в т.ч. казеин, %	2,70±0,01	2,74±0,01	2,71±0,01
сывороточный белок, %	0,63±0,01	0,61±0,01	0,64±0,01
Плотность, кг/м ³	1030,75±0,54	1031,26±0,64	1031,17±0,58
СОМО, %	8,73±0,02	8,65±0,03	8,61±0,02
СМО, %	12,56±0,03	12,45±0,04	12,40±0,03
Сахар, %	4,80±0,03	4,72±0,02	4,68±0,03
Зола, %	0,75±0,01	0,74±0,01	0,74±0,01
Кислотность, °Т	17,38±0,24	17,39±0,16	17,37±0,18
Сычужная свертываемость, мин.	38,53±1,32	36,04±1,28	37,19±1,20

Массовая доля белка варьировала еще в меньших пределах, тогда как казеина содержалось больше в молоке коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415, в сравнении с линиями Монтвик Чифтейна 95679 и Рефлекшн Соверинга 198998, соответственно на 0,04 ($P>0,95$) и 0,03 %.

Сухого обезжиренного остатка (СОМО) в молоке коров линии Рефлекшн Соверинга 198998 содержалось больше, чем у сверстниц, соответственно на 0,08 и 0,12 % ($P>0,95$), сахара – на 0,08 и 0,12 % ($P>0,95$). Кислотность молока варьировала от 17,37 до 17,39 °Т.

Важным показателем качества молока, характеризующим его сыропригодность, считается сычужная свертываемость. В наших исследованиях лучшим показателем свертываемости обладало молоко коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415. Продолжительность свертываемости их молока была короче, чем у сверстниц, на 2,49 мин., или 6,46 % и 1,15 мин., или 3,10 %.

Таким образом, за счет увеличения численности коров наиболее высокопродуктивных линий можно повысить удой и улучшить качественные показатели молока. При этом существуют положительные и отрицательные взаимосвязи по разным селекционируемым признакам.

Так, в силу физиологических особенностей организма живая масса животных имеет положительную корреляционную связь с уровнем молочной продуктивности [3, 6]. Как подтверждение этому (таблица 3), средняя живая масса коров линии Вис Бэк

Айдиала 1013415 (576 кг) была выше, чем у сверстниц линии Рефлекшн Соверинга 198998, на 6 кг, линии Монтвик Чифтейна 95679 – на 8 кг. О положительной взаимосвязи живой массы с удоями молока свидетельствует и коэффициент молочности коров. Так, коэффициент молочности у коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 был выше, чем у сверстниц линий Рефлекшн Соверинга 198998 и Монтвик Чифтейна 95679, соответственно на 62,6 кг, или 4,63 % ($P>0,95$) и 80,5 кг, или 6,04 % ($P>0,95$).

Таблица 3 – Живая масса и коэффициент молочности коров

Показатель	Линия		
	Р. Соверинг	В.Б. Айдиал	М. Чифтейн
Поголовье, гол.	98	43	25
Живая масса, кг	561±2,90	567±6,39	559±4,41
Коэффициент молочности, кг/100 кг	1351,0±19,1	1413,6±17,5	1333,1±20,2

Заключение. Исходя из результатов исследований, наиболее высокой молочной продуктивностью и лучшими показателями качества молока в популяции животных датской селекции в ООО «Донское» обладали коровы линии Вис Бэк Айдиала 1013415.

Библиографический список

1. Басовский, Н.З. Популяционная генетика в селекции молочного скота [Текст] / Н.З. Басовский. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
2. Басонов, О.А. Влияние генотипа голштинских быков-производителей различной селекции на продуктивные показатели черно-пестрого скота [Текст] / О.А. Басонов, А.В. Колесникова // Зоотехния. – 2016. – № 5. – С. 2-3.
3. Горлов, И.Ф. Хозяйственно-полезные признаки черно-пестрого скота поволжского типа в зависимости от генотипа [Текст] / И.Ф. Горлов, А.И. Сивков, А.В. Ранделин // Зоотехния. – 2005. – № 11. – С. 23-25.
4. Дедов, М.Д. Разведение по линиям в молочном скотоводстве [Текст] / М.Д. Дедов, Н.В. Сивкин // Зоотехния. – 2006. – № 4. – С. 2-4.
5. Продуктивные качества коров голштинской породы канадской селекции [Текст] / Г.М. Джапаридзе, В.Г. Труфанов, Д.В. Новиков, В.В. Джелалов // Вестник Алтайского государственного университета. – 2017. – № 6 (152). – С. 107-114.
6. Сивков, А.И. Совершенствование продуктивных качеств скота черно-пестрой породы в условиях Нижнего Поволжья: монография [Текст] / А.И. Сивков. – Москва: Вестник РАСХН, 2006. – 288 с.
7. Совершенствование генеалогической структуры популяции крупного рогатого скота черно-пестрой породы племенных хозяйств Вологодской области [Текст] / Н.И. Абрамова, Г.С. Власова, О.Л. Хромова, Л.Н. Богорадова, Е.А. Федорова // Зоотехния. – 2016. – № 6. – С. 2-4.

Reference

1. Basovskij, N. Z. Populyacionnaya genetika v selekcii molochnoho skota [Tekst] / N. Z. Basovskij. – M.: Kolos, 1983. – 256 s.
2. Basonov, O. A. Vliyanie genotipa golshtinskih bykov-proizvoditelej razlichnoj selekcii na produktivnye pokazateli cherno-pestrogo skota [Tekst] / O. A. Basonov, A. V. Kolesnikova // Zootehniya. – 2016. – № 5. – S. 2-3.
3. Gorlov, I. F. Hozyajstvenno-poleznye priznaki cherno-pestrogo skota povolzhskogo tipa v zavisimosti ot genotipa [Tekst] / I. F. Gorlov, A. I. Sivkov, A. V. Randelin // Zootehniya. – 2005. – № 11. – S. 23-25.
4. Dedov, M. D. Razvedenie po liniyam v molochnom skotovodstve [Tekst] / M. D. Dedov, N. V. Sivkin // Zootehniya. – 2006. – № 4. – S. 2-4.
5. Produktivnye kachestva korov golshtinskoj porody kanadskoj selekcii [Tekst] / G. M. Dzhaparidze, V. G. Trufanov, D. V. Novikov, V. V. Dzhelalov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2017. – № 6 (152). – S. 107-114.

6. Sivkov, A. I. Sovershenstvovanie produktivnykh kachestv skota cherno-pestroj porody v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya: monografiya [Tekst] / A. I. Sivkov. – Moskva: Vestnik RASXN, 2006. – 288 s.

7. Sovershenstvovanie genealogicheskoy struktury populyacii krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody plemennykh hozyajstv Vologodskoj oblasti [Tekst] / N. I. Abramova, G. S. Vlasova, O. L. Hromova, L. N. Bogoradova, E. A. Fedorova // Zootehniya. – 2016. – № 6. – S. 2-4.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК 637.521.47

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ РУБЛЕННЫХ В ОБОЛОЧКЕ

INFLUENCE OF VEGETABLE COMPONENTS ON CHARACTERISTICS OF SEMI-FINISHED SABBRANTS IN SHELL

А.Д. Тимофеева, магистрант

В.Н. Храмова, доктор биологических наук, профессор

К.С. Федосеев, магистрант

В.В. Пузанова, магистрант

A. D. Timofeeva, V. N. Khramova, K. S. Fedoseev, V. V. Puzanova

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Volgograd State Technical University

Статья посвящена вопросу расширения ассортимента полуфабрикатов рубленых в оболочке. На основе принципов пищевой комбинаторики и нутрициологии разработаны рецептура и технология производства купат, в состав которых вносится такое региональное растительное сырье, как мякоть тыквы и мука из плодов шиповника. Доказано влияние вносимых в рецептуру растительных компонентов на физико-химические и органолептические характеристики полуфабрикатов рубленых в оболочке. Описано обоснование выбранной рецептуры, проведено гистологическое исследование продукта, органолептическая оценка и доказана функциональная направленность полуфабрикатов. Добавление мякоти тыквы в состав купат способствует увеличению сочности готового продукта, созданию рисунка на разрезе, а также увеличению пищевой и биологической ценностей. Внесение муки из шиповника способствует обогащению полуфабрикатов витамином С. Таким образом, выработан продукт, имеющий хорошие органолептические характеристики, обогащенный аскорбиновой кислотой, в результате чего полуфабрикаты рубленые в оболочке, выработанные с внесением растительных компонентов, обладают хорошим качеством и отвечают категории продуктов функциональной направленности с повышенной пищевой и биологической ценностями.

The article is devoted to the issue of widening the assortment of semi-finished products chopped in a shell. Guided by the principles of food combinatorics and nutritology, the recipe and technology of production of sweets have been developed, which include such regional vegetable raw materials as pulp of pumpkin and flour from hips. The influence of vegetable components introduced into the formulation on the physicochemical and organoleptic characteristics of the chopped semi-finished products in the shell is proved. The rationale for the chosen formulation is described, the histological examination of the product, organoleptic evaluation, and the functional orientation of the semi-finished products are proved. Adding pulp pulp to the composition of the bath helps to increase the juiciness of the finished product, create a pattern on the cut, and also increase food and biological values. The introduction of flour from rosehips helps enrich the semi-finished products with vitamin C. Thus, a product has been developed that has good organoleptic characteristics enriched with ascorbic acid, as a result of which chopped semifinished products, produced with the introduction of plant components, are of good quality and meet the product category of functional orientation with increased food and biological values.

Ключевые слова: полуфабрикаты рубленые, купаты, тыква, шиповник, функциональный продукт, витамин С.

Key words: semifinished products chopped, sweets, pumpkin, dogrose, functional product, vitamin C.

Введение. В настоящий момент рынок мясных полуфабрикатов набирает все большую популярность среди населения. Эти продукты недорогие, они просты в приготовлении и имеют широкую ассортиментную линейку на рынке мясной продукции. Сегодня производители пытаются изготавливать продукты, имеющие не только высокие органолептические показатели, но и удовлетворяющие требованиям норм питания и содержащие в себе необходимые нутриенты. К тому же, на данный момент ввиду стремительного развития производства полуфабрикатов рубленых в оболочке существует проблема сбалансированности данной категории продуктов. Вместе с этим, растет тенденция добавления в рецептуру полуфабрикатов сырья растительного происхождения либо взамен мясного сырья, либо сверх него. В связи с этим, необходимо исследовать, как влияет вносимый ингредиент на органолептические, физико-химические и гистологические показатели [5].

Ценность определенного вида продукта для организма человека определяется наличием в этом продукте компонентов, не синтезируемых в человеческом организме. Для повышения биологической ценности продукции производители вносят в ее состав растительные компоненты, вводимые в продукт на стадии составления фарша для достижения максимально равномерного распределения растительного сырья в продукте [2].

В связи с вышеизложенным, была разработана рецептура полуфабрикатов рубленых в оболочке с растительными компонентами, такими как мякоть тыквы и мука из плодов шиповника, а также проведены исследования. Для анализа эффективности повышения биологической ценности было определено содержание белков, жиров, углеводов и витамина С. К тому же было проведено гистологическое исследование продукта для определения влияния растительных компонентов на структуру полуфабрикатов рубленых в оболочке.

Материалы и методы. Материалы исследования составляют два образца полуфабрикатов рубленых в оболочке (купат) – контрольный образец, выработанный по стандартной рецептуре, и экспериментальный образец, выработанный по стандартной рецептуре с добавлением сверх рецептуры мякоти тыквы и гидратированной муки из плодов шиповника. О влиянии внесения растительных компонентов в состав рецептуры купат судили по результатам исследований [6].

Гистологическое исследование экспериментального образца проводили согласно ГОСТ 19496-93 «Мясо. Метод гистологического исследования». Содержание тяжелых металлов определяли по ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов»; витамина С – по ГОСТ Р 55482-2013 «Мясо и мясные продукты. Метод определения содержания водорастворимых витаминов».

Результаты и обсуждение. *Разработка рецептуры.* На начальном этапе была разработана рецептура купат и технология производства. Опытным путем было определено оптимальное количество вносимых растительных ингредиентов. Экспериментальные образцы полуфабрикатов рубленых в оболочке, процентное содержание растительного сырья которых приведено в таблице 1, были выработаны, доведены до кулинарной обработки и органолептически оценены. В состав полуфабрикатов рубленых в оболочке, согласно стандартной рецептуре, входит мясо полужирной свинины, лук репчатый, чеснок и специи.

Наилучшими органолептическими характеристиками обладает образец 2 – достаточно сочный, с приятным запахом, без посторонних привкусов, с красивым рисунком на разрезе. Таким образом, было принято вносить в рецептуру полуфабрикатов

рубленых в оболочке сверх мясного сыра 7 % мякоти тыквы и 7 % гидратированной муки из плодов шиповника. Согласно принципам пищевой комбинаторики, подобранная рецептура купат придает продукту функциональную направленность [9].

Таблица 1 – Содержание растительного сырья в рецептуре купат

Растительное сырье	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Мякоть тыквы, % сверх мясного сыра	5	7	10	7
Гидратированная мука из плодов шиповника, % сверх мясного сыра	5	7	10	5

Гистологические исследования полуфабрикатов. Выработанный образец полуфабрикатов рубленых в оболочке по рецептуре с добавлением сверх мясного сыра растительных компонентов подвергали гистологическим исследованиям. Гистологический анализ – это прямой метод определения состава продукта. По результатам микроструктурных исследований можно судить о структуре целого продукта и об изменениях, которые происходят в отдельных участках продукции и ее компонентах, дифференцировать особенности различных тканевых и клеточных структур [7]. На рисунке 1 представлена гистологическая идентификация исследуемого образца купат.

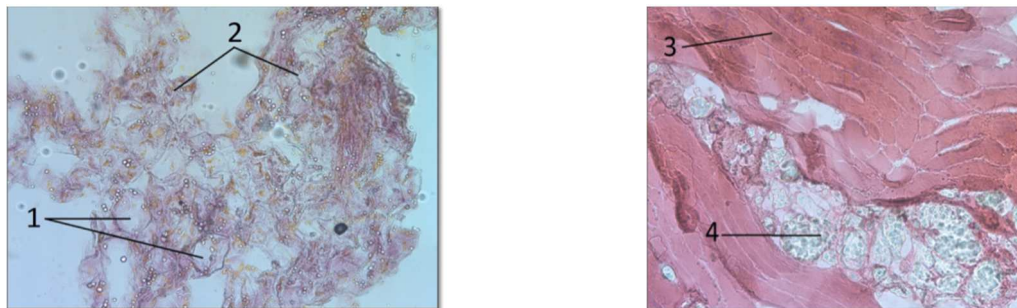


Рисунок 1 – Гистологическая идентификация полуфабрикатов рубленых в оболочке:

1 – растительные клетки; 2 – клеточные стенки; 3 – мышечные волокна;
4 – жировые клетки (жировая ткань)

Из данных исследований очевидно, что измельчение привело к значительным изменениям мышечной ткани, ее разрушению. Это объясняется тем, что в первые минуты составления фаршевой системы разрушаются миофибриллы, превращаясь в аморфное вещество фарша [8]. В готовом фарше под микроскопом видны мелкозернистая масса аморфного более светлого вещества, отдельные сохранившиеся пучки и фрагменты мышечных волокон и капли жирового вещества из разрушенных жировых клеток. Также очевидно присутствие растительных клеток вносимых ингредиентов.

Органолептическая оценка. Экспериментальный образец купат вместе с контрольным образцом подвергали органолептической оценке. Полуфабрикаты рубленые в оболочке должны удовлетворять требованиям настоящих стандартов и соответствовать показателям, указанным в таблице 2. Была проведена органолептическая оценка, по результатам которой составлена профилограмма (рисунок 2).

Таблица 2 – Органолептическая характеристика купат

Показатель	Характеристика
Внешний вид	измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана
Вид на разрезе	фарш хорошо перемешан, масса однородная с включением ингредиентов рецептуры
Цвет	серо-розовый с оранжевыми включениями
Запах	с ароматом уксуса, мясной, без посторонних запахов
Вкус	мясной, солоноватый, без посторонних привкусов

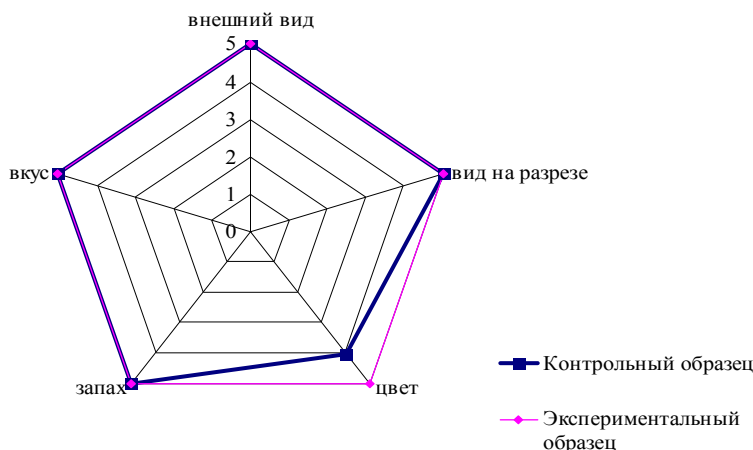


Рисунок 2 – Профилограмма органолептических показателей купат

Содержание белков, жиров и углеводов. При определении пищевой ценности экспериментального и контрольного образца использовали стандартные нормативные документы. Массовую долю углеводов определяли методом, указанным в ГОСТ 31470-2012 «Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы определения физико-химических исследований» и основанном на способности редуцирующих углеводов образовывать при кислотном гидролизе исследуемой пробы и восстанавливать в щелочной среде железосинеродистый калий в железистосинеродистый калий. Содержание белка было определено согласно ГОСТ 25011-81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка» методом Кьельдаля, который заключается в переводе азота, входящего в состав аминокислот белка, в аммиак путем минерализации с последующим его количественным определением. Метод определения содержания жиров, согласно ГОСТ 23042-86 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира», осуществляется путем экстрагирования жира органическими растворителями с их последующим удалением высушиванием экстракта до постоянной массы. Результаты исследований физико-химических характеристик полуфабрикатов рубленых в оболочке представлены в таблице 3. В качестве контрольного образца были использованы купаты без внесения растительных компонентов.

Таблица 3 – Физико-химические показатели купат

Наименование показателей качества продукции по НД	Наименование НД, регламентирующей методику испытаний	Значение показателей качества по НД	Фактическое значение показателей	
			контроль	эксперимент
Массовая доля углеводов в пересчете на глюкозу, %	ГОСТ 31470-2012	–	–	5,2±0,7
Массовая доля жира, %	ГОСТ 23042-86	32	24,3±0,1	15,9±0,1
Массовая доля белка, %	ГОСТ 25011-81	10	10,9±0,3	11,2±0,3

По приведенным данным видно, что массовые доли физико-химических показателей не превышают допустимых значений, нормируемых ТУ 9214-001-75238481-09. Внесение растительных компонентов в рецептуру полуфабрикатов рубленых способствовало увеличению содержания углеводов, употребление которых нормализует обмен белков и жиров в организме человека, стимулирует перистальтику желудочно-кишечного тракта, способствует выведению токсических веществ и холестерина. К тому же, в сравнении с контрольным образцом, снизилась массовая доля жира. Таким об-

разом, полученные по разработанной рецептуре полуфабрикаты рубленные в оболочке обладают повышенной пищевой ценностью за счет внесения подобранных рецептурных композиций, сбалансированных по химическому составу.

Определение содержания витамина С. Функциональную направленность полуфабрикатам рубленным в оболочке придает внесение муки из плодов шиповника в состав рецептуры, что в свою очередь обогащает продукт витамином С. Аскорбиновая кислота считается мощным антиоксидантом, который принимает участие в регуляции группы процессов организма. Доказано, что она участвует в обмене фолиевой кислоты, выработке проколлагена и коллагена, синтезе катехоламинов и стероидных гормонов. Также витамин С способствует лучшему усвоению железа и кальция, а снижение его объема приводит к быстрому выводу полезных веществ [1]. Таким образом, для подтверждения наличия витамина в экспериментальном образце было проведено исследование, результаты которого представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание витамина С в расчете на 100 г продукта

Наименование показателя	Фактическое значение показателя				Суточная потребность, мг / сут
	контрольный образец		экспериментальный образец		
	фарш	готовый продукт	фарш	готовый продукт	
Массовая доля витамина С, мг	—	—	25,5±0,1	21,4±0,2	70-80

Ввиду того, что аскорбиновая кислота быстро разрушается при тепловой обработке почти на 90 %, в состав рецептуры экспериментального образца купат вносится столовый уксус. Витамин С относительно более устойчив в кислой реакции среды, малоустойчив в нейтральной и чрезвычайно быстро распадается в щелочной [3]. По результатам эксперимента очевидно, что витамин С в незначительной степени подвергся окислению в процессе кулинарной обработки купат и содержится в продукте в количестве 21 мг на 100 г купат, придавая продукту функциональную направленность.

Для устойчивости аскорбиновой кислоты также имеет значение присутствие в среде сахаров и аминокислот, которые благоприятствуют сохранности, или же соединений меди, способствующих окислительному распаду витамина [4]. На рисунке 3 приведена суммарная схема распада аскорбиновой кислоты.

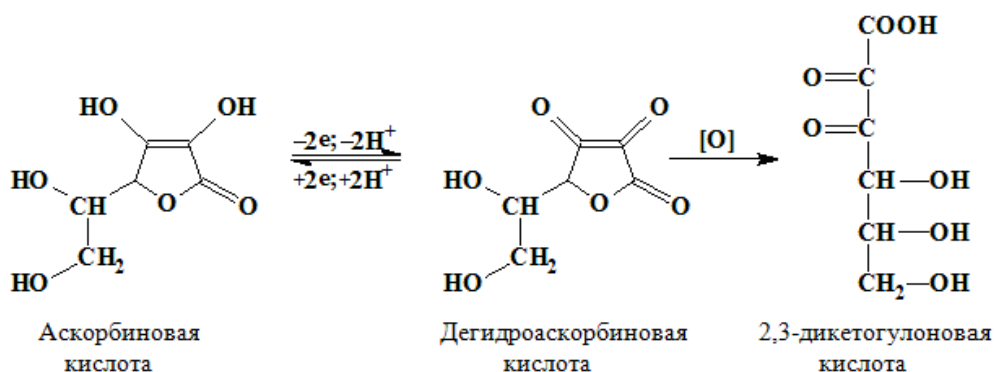


Рисунок 3 – Окисление аскорбиновой кислоты под действием соединений меди

Определение содержания тяжелых металлов. Ввиду известного действия соединений меди на сохранение аскорбиновой кислоты во время технологического процесса производства экспериментального образца, купаты с растительными компонентами подвергли исследованию на содержание тяжелых металлов. Результаты эксперимента представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов

Наименование показателей качества продукции по НД	Наименование НД, регламентирующей методику испытаний	Значение показателей качества по НД	Фактическое значение показателей
Массовая доля цинка, мг/кг	ГОСТ 30178-96	1-100	0,22±0,02
Массовая доля меди, мг/кг		0,5-30	0,16±0,02
Массовая доля свинца, мг/кг		0,01-0,5	0,01±0,001
Массовая доля кадмия, мг/кг		0,01-0,05	Не обнаружено

Таким образом, из данных таблицы очевидно, что в исследуемом образце купат массовая доля меди незначительна, следовательно, окисление аскорбиновой кислоты во время технологического процесса маловероятно. К тому же отсутствие в продукте тяжелых металлов говорит о качестве и безопасности полуфабрикатов рубленых в оболочке с растительными компонентами [10].

Заключение. Полуфабрикаты рубленые в оболочке с растительными компонентами – продукт хорошего качества, отвечающий всем требованиям современного потребителя. Имеет функциональную направленность за счет содержания витамина С, обладает хорошими органолептическими характеристиками и, главное, безопасен и качественен.

Библиографический список

1. Горлов, И. Ф. Новое в производстве пищевых продуктов повышенной биологической ценности [Текст] / И. Ф. Горлов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 3. – С. 57-58.
2. Кондратьева, Н. Н. Рынок мяса в России: текущая ситуация и перспективы [Текст] / Н. Н. Кондратьева // Вестник НГИЭИ. – 2017. – №6. – С. 75-81.
3. Куликов, А. Л. Аскорбиновая кислота и продукты ее превращений [Текст] / А. Л. Куликов, М. А. Друзева // Молодежная наука и современность. – 2006. – № 4. – С. 89.
4. Мурашев, С.В. Изменение содержания аскорбиновой кислоты при хранении и переработке [Текст] / С.В. Мурашев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 41. – С. 64-68.
5. Новые подходы к повышению пищевой и биологической ценности мясных и молочных продуктов [Текст] : монография / М.И. Сложенкина, И.Ф. Горлов, В.Н. Храмова, Е.В. Карпенко, Л.Ф. Григорян. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2017. – 140 с.
6. Прянишников, В. В. Шашлыки, купаты, колбаски для жарки по инновационным технологиям [Текст] / В.В. Прянишников, А.В. Леонова // Птица и прицеппродукты. – 2013. – №3. – С. 58-59.
7. Хвыля, С.И. Структурные особенности мясных полуфабрикатов [Текст] / С. И. Хвыля, В. А. Пчелкина // Мясная индустрия. – 2013. – №9. – С. 48-50.
8. Хвыля, С.И. Применение гистологического анализа при исследовании мясного сырья и готовых продуктов [Текст] / С. И. Хвыля, В. А. Пчелкина, С. С. Бурлакова // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – №3 (26). – С. 132-138.
9. Храмова, В.Н. Разработка продуктов функционального назначения с использованием регионального сырья [Текст] / В. Н. Храмова, О. Ю. Проскурина, В. А. Долгова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – № 2 (30). – С. 164-168.
10. Ascorbic acid oxidation of thiol groups from dithiotreitol is mediated by its conversion to dehydroascorbic acid / Nilda B. V. Barbosa, Leonardo A. Lissner, Claudia V. Klimaczewski, Elisangela Colpo, Joao B. T. Rocha. – EXCLI Journal 2012, №11. – 604-612 p.

Reference

1. Gorlov, I. F. Novoe v proizvodstve pischevyh produktov povyshennoj biologicheskoy cennosti [Tekst] / I. F. Gorlov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2005. – № 3. – С. 57-58.
2. Kondrat'eva, N. N. Rynok myasa v Rossii: tekuschaya situatsiya i perspektivy [Tekst] / N. N. Kondrat'eva // Vestnik NGIIEI. – 2017. – №6. – S. 75-81.

3. Kulikov, A. L. Askorbinovaya kislota i produkty ee prevraschenij [Tekst] / A. L. Kulikov, M. A. Druzeva // *Molodezhnaya nauka i sovremennost'*. – 2006. – № 4. – S. 89.
4. Murashev, S. V. Izmenenie sodержaniya askorbinovoy kisloty pri hranenii i pererabotke [Tekst] / S. V. Murashev // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2015. – № 41. – S. 64-68.
5. Novye podhody k povysheniyu pischevoj i biologicheskoy cennosti myasnyh i molochnyh produktov [Tekst] : monografiya / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. N. Hramova, E. V. Karpenko, L. F. Grigoryan. – Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2017. – 140 s.
6. Pryanishnikov, V. V. Shashlyki, kupaty, kolbaski dlya zharki po innovacionnym tehnologiyam [Tekst] / V. V. Pryanishnikov, A. V. Leonova // *Ptica i priceprodukty*. – 2013. – №3. – S. 58-59.
7. Hvylya, S. I. Strukturnye osobennosti myasnyh polufabrikatov [Tekst] / S. I. Hvylya, V. A. Pchelkina // *Myasnaya industriya*. – 2013. – №9. – S. 48-50.
8. Hvylya, S. I. Primenenie gistologicheskogo analiza pri issledovanii myasnogo syr'ya i gotovyh produktov [Tekst] / S. I. Hvylya, V. A. Pchelkina, S. S. Burlakova // *Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv*. – 2012. – №3 (26). – S. 132-138.
9. Hramova, V. N. Razrabotka produktov funkcional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem regional'nogo syr'ya [Tekst] / V. N. Hramova, O. Yu. Proskurina, V. A. Dolgova // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2013. – № 2 (30). – S. 164-168.
10. Ascorbic acid oxidation of thiol groups from dithiotreitol is mediated by its conversion to dehydroascorbic acid / Nilda B. V. Barbosa, Leonardo A. Lissner, Claudia V. Klimaczewski, Elisangela Colpo, Joao B. T. Rocha. - *EXCLI Journal* 2012, №11. – P. 604-612.

E-mail: timcher1909@yandex.ru

УДК 604

**ПЛАНИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА НОВЫХ ОБОГАЩЕННЫХ
КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МЕТОДА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА**

**PLANNING THE QUALITY OF NEW OXYGEN-ENRICHED PRODUCTS WITH
THE USE OF THE METHOD OF STRUCTURING THE QUALITY FUNCTION**

О.В. Друкер¹, аспирант

В.В. Крючкова¹, доктор технических наук

В.Ю. Контарева¹, кандидат технических наук

Е.С. Воронцова², аспирант

O.V. Drucker¹, V. V. Kryuchkova¹, V. Yu. Kontareva¹, E.S. Vorontsova²

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», пос. Персиановский

²ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт

производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград

¹Don State Agrarian University, vil. Persian

²Volga Research Institute of production and processing of meat and dairy products, Volgograd

Авторами представлены результаты планирования качества обогащенных кисломолочных продуктов, отвечающих международным и национальным стандартам с использованием метода структурирования функции качества. Изучены предпочтения потребителей к кисломолочным продуктам, рассчитаны коэффициенты весомости, определен ранг потребительских требований к продукту. Произведена оценка силы зависимостей потребительских требований и количественно измеряемых показателей, отраженных в центральной части общей матрицы «Дом качества»; оценки трудности воплощения изменений качественных показателей по предпочтениям потребителей. Приведены результаты сравнения степени реализации потребительских требований к качественным характеристикам традиционного и обогащенного кисломолочных продуктов. На основании проведенных исследований построена матрица «Дом качества».

The authors presented the results of planning the quality of fermented dairy products meeting international and national standards using the method of structuring the quality function. Consumer preferences for sour-milk products have been studied, weight coefficients have been calculated, and the rank of consumer requirements for the product has been determined. The force of dependences of consumer requirements and quantitatively measured indicators, reflected in the central part of the general matrix of the "House of Quality", is estimated; assessment of the difficulty of implementing changes in quality indicators based on consumer preferences. The results of comparison of the degree of realization of consumer requirements to the qualitative characteristics of traditional and enriched sour-milk products are given. Based on the studies carried out, the matrix "House of Quality" was built.

Ключевые слова: обогащенный кисломолочный продукт, потребительские предпочтения, методология развертывания функции качества, «Дом качества», планирование качества.

Key words: enriched fermented milk product, consumer preferences, methodology for the deployment of quality function, «House of Quality», quality planning.

Введение. В настоящее время самым надежным инструментом преобразования ожиданий, требований потребителя в оптимальные качественные характеристики новых пищевых продуктов является методология QFD (Quality Function Deployment), ставящая цель обеспечения качества создаваемой продукции на каждом этапе жизненного цикла [1].

QFD-методология является гибким методом принятия решений и помогает пищевым предприятиям сосредоточить внимание на важнейших характеристиках новой или существующей продукции или услуг с точки зрения отдельного клиента, сегмента рынка, компании или технологии развития. Применение инновационных методов менеджмента качества QFD позволяет помочь организациям в развитии или усовершенствовании базовой системы менеджмента, чтобы обеспечить постоянное улучшение качества продукции, ее конкурентоспособности [7, 8].

В последнее время активно применяют развертывание функции качества QFD с использованием матричной диаграммы «Дом качества» (House of Quality) в оценке потребительских предпочтений как повседневных продуктов питания, так и новых разработанных обогащенных пищевых продуктов [4, 5].

В этой связи основными задачами планирования качества обогащенных кисломолочных продуктов являются повышение качества и конкурентоспособности готовой продукции, улучшение отдельных потребительских свойств и обеспечение стандартами и нормативной документацией в данной области производства [2].

Целью работы является изучение потребительских требований к кисломолочным продуктам и планирование качества новых обогащенных кисломолочных продуктов с использованием метода структурирования функции качества.

Материалы и методы. Объектами исследования являются кисломолочный продукт, обогащенный фитокомпонентами и пребиотиком (опытный образец), и традиционный кисломолочный продукт (контрольный образец).

Для проведения дегустационного анализа методом потребительской оценки были выработаны контрольный и опытный образцы. Технология продуктов отличалась тем, что в молочную основу опытного образца вносили функциональные ингредиенты: амарантовую муку, заваренную экстрактом плодов боярышника, масло виноградных косточек и пребиотик; контрольный образец не имел в рецептуре функциональных компонентов [3].

Социологические исследования по выявлению предпочтений потребителей, касающихся кисломолочных продуктов, проходили посредством дескрипторного метода дегустационного анализа с участием студентов на базе Донского ГАУ; с участием «обычных» посетителей и потенциальных производителей на Фестивале науки Юга России; выставке «Интерагромаш», проводимой в рамках XXI Агропромышленного форума юга России; Всероссийской выставке «Здоровьесберегающие инновации»; конкурсе «Молодежный инновационный конвент».

Исследование физико-химических показателей, микробиологических, показателей безопасности, аминокислотного, витаминного и минерального составов и биологической ценности продуктов проводили с использованием общепринятых методов и методик. Коэффициенты весомости (m_i) качественных показателей продуктов рассчитали комплексным методом, основанным на сопоставлении обобщающих показателей качества продуктов [6]. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программы «Microsoft Excel 2010». Достоверность различий определяли с помощью критерия Стьюдента (t). Уровень значимости считали достоверным при $p \leq 0,05$.

Для преобразования значений дегустационной оценки респондентов, их предпочтений и пожеланий, касающихся кисломолочных продуктов, в технические и технологические характеристики внедряли методологию развертывания функции качества QFD с использованием матричного способа представления данных «Дом качества».

Результаты и обсуждение. Проведены социологические исследования по изучению потребительских требований к кисломолочным продуктам. Проведенное анкетирование студентов с использованием дескрипторно-профильного метода позволило выявить основные качественные показатели продуктов и рассчитать коэффициенты весомости (m_i) для каждого наиболее значимого по степени важности показателя (рисунок 1).

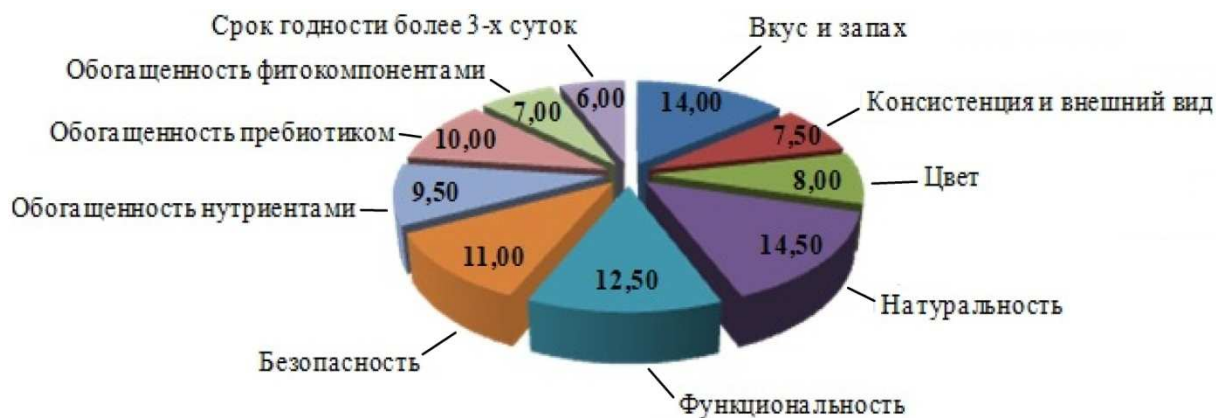


Рисунок 1 – Коэффициенты весомости (m_i) показателей качества кисломолочных продуктов (%)

Из полученных данных результатов сравнения коэффициентов весомости кисломолочных продуктов (рисунок 1) была определена важность данных показателей (ранга) для потребителей по 5-ти балльной шкале. Так, оценивание обогащенного продукта показало, что для респондентов наиболее важен вкус и запах продукта, его натуральность, функциональность и безопасность (рисунок 2).

Традиционный продукт не имел в своем составе фитокомпонентов и пребиотика, поэтому получил меньшее количество баллов по большинству показателей. По консистенции и внешнему виду традиционный продукт на 0,36 балла ($p < 0,0001$) получил

больше, чем обогащенный продукт, вследствие наличия небольшого осадка амарантовой муки. Также добавление муки повлияло на цвет продукта – он стал кремовым, потребители на 0,56 балла ($p < 0,0004$) больше оценили молочно-белый цвет традиционного продукта, причиной снижения баллов стало «привычное» представление потребителей о кисломолочном продукте.



Рисунок 2 – Анализ важности показателей кисломолочных продуктов для потребителей (балл)

Таким образом, на основании полученных данных рисунка 2 выявили качественные показатели (внешний вид и консистенция, цвет) обогащенного кисломолочного продукта, получившие наименьшее количество баллов, которые необходимо улучшать. Корректирующие меры необходимо проводить на этапе технологического процесса.

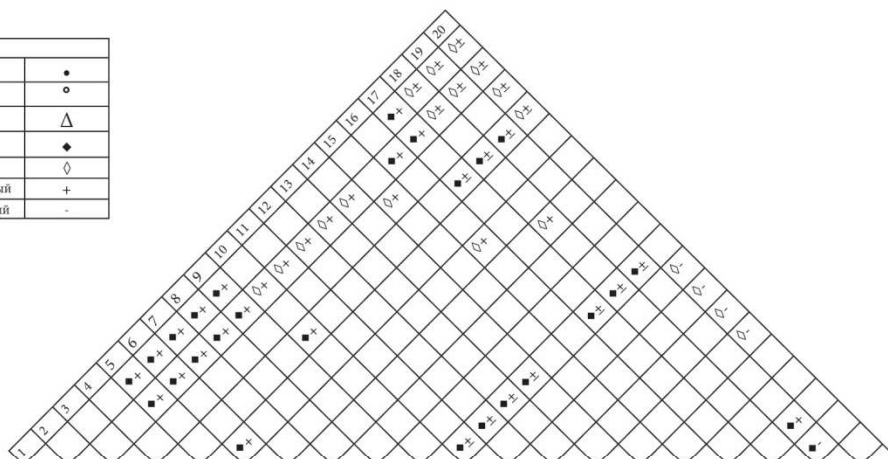
Для заполнения центральной части общей матрицы «Дом качества» определены количественные измеряемые показатели обогащенного продукта: функциональные ингредиенты, показатели нутриентов, микробиологические показатели; физико-химические показатели; срок годности, показатели безопасности; произведена оценка силы зависимостей потребительских требований и количественно измеряемых показателей качества кисломолочного продукта.

Произведены сравнение степени реализации потребительских требований и качественных характеристик обогащенного и традиционного продуктов.

На завершающем этапе развертывания функции качества QFD для заполнения «подвала» «Дома качества» определена оценка трудности воплощения изменений качественных показателей, показателей тенденции потребительских предпочтений, которые являются непосредственным итогом группировки анализируемых данных: степени значимости потребительских требований, силы зависимости между потребительскими требованиями и качественных показателей обогащенного кисломолочного продукта. Полученные показатели тенденции потребительских предпочтений, оценка трудности воплощения (5-ти балльная шкала) изменений качественных показателей обогащенного кисломолочного продукта, отвечающих требованиям потребителям, представлены на рисунке 3.

Заключение. Социологические исследования по выявлению предпочтений потребителей кисломолочным продуктам с помощью дескрипторно-профильного метода и рассчитанные коэффициенты весомости показали, что наиболее важными характеристиками кисломолочных продуктов для современных потребителей является использование при производстве продуктов натуральных и безопасных ингредиентов с высокой биологической и пищевой ценностью, функциональная направленность и высокие сенсорные характеристики.

Обозначения		
Сила взаимосвязи	Сильная	•
	Средняя	◦
	Слабая	Δ
Степень взаимосвязи	Сильная	◆
	Слабая	◇
Характер связи	Положительный	+
	Отрицательный	-



Наименование потребительских предпочтений	Ранг, балл	Качественные показатели обогащенного кисломолочного продукта																		Традиционный продукт	Проектируемое значение		
		Функциональные ингредиенты				Показатели нутриентов				Микробиологические показатели				Физико-химические показатели				Срок годности	Показатели безопасности				
		Плоды боярышника	Амарантовая мука	Масло виноградной косточки	Пребиотик лактулоза	Биологическая ценность	Аминокислоты	Витамины	Минеральные вещества (макроэлементы)	Минеральные вещества (микроэлементы)	Молочнокислые микроорганизмы	БГКП (колиформы)	Staphylococcus aureus	L. plantarum	Патогенные, в т.ч. Salmonella	М.ж. жира	М.ж. белка					М.ж. углеводов	Титруемая кислотность
Вкус и запах	4,86	•	•	Δ						•						Δ			•	◦		4,82	4,86
Консистенция и внешний вид	2,66	•	•	•						•						◦			•	◦		3,02	3,02
Цвет	2,98	•	•	◦												Δ						3,54	3,54
Натуральность	4,92	•	•	•	•	Δ	Δ	Δ	Δ	◦	Δ	Δ	Δ	Δ	•	•	•	•	•	•	•	4,88	4,92
Функциональность	4,24	•	•	•	•	•	•	•	•	•	◦	◦	◦	◦	◦	◦	◦	•	•	•	•	2,90	4,24
Безопасность	3,78	◦	◦	◦	◦					•	•	•	•	•					•	•	•	0	3,78
Обогащенность нутриентами	3,14	•	•	•	•	•	•	•	•						◦	◦	◦	Δ	•	•	•	0	3,14
Обогащенность пребиотиком	3,38				•					•	◦	◦	◦	◦			•	•	•	•	•	0	3,38
Обогащенность фитоконпонентами	2,08	•	•	•		•	•	•	•	•	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	◦	◦	◦	•	•	•	0	2,08
Срок годности более 3-х суток	1,52	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	◦	◦	◦	•	•	•	1,50	1,52
Показатели потребительских предпочтений, %	4,71	3,63	4,49	6,45	3,89	4,07	8,43	5,18	5,02	6,59	2,87	2,64	2,03	2,29	9,59	8,20	7,97	2,35	4,22	5,38			
Оценка трудности изменений, балл	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2	2	2	4	3	4			
Целевые значения (100 г)	5	3	1	0,5	65,36	4772	2,3706	557,26	898,69	2·10 ⁶	-				2,5	3,0	5,2	86	14	Исход. по ТР ТС 003/2013			
Единицы измерения	%				%	мг			мкг	КОЕ/см³(г)					по ТР ТС 033/2013			°Т	суток	-			

Рисунок 3 – «Дом качества» обогащенного кисломолочного продукта

Анализ матрицы «Дом качества» свидетельствует, что на органолептические показатели обогащенного продукта большое влияние оказывают фитоконпоненты, а на консистенцию и внешний вид – еще и молочнокислые микроорганизмы. Показатели – натуральность продукта, обогащенность фитоконпонентами, срок годности более 3-х суток – имели со многими количественными качественными показателями связь как высокую, так среднюю. Функциональность продукта имела высокую связь с большинством показателей. Высокое содержание в разработанном продукте нутриентов имело высокую взаимосвязь с функциональными ингредиентами, аминокислотным, витаминно-минеральным составом и биологической ценностью.

Пребиотик лактулоза является субстратом для многих анаэробных бактерий, поэтому имел достаточно сильное взаимодействие с микробиологическими показателями. Микробиологические показатели имели как положительную, так и отрицательную связь между собой.

Завершающий этап – сравнение степени реализации потребительских требований и качественных характеристик обогащенного и традиционного кисломолочного продукта – показал, что значения обогащенного кисломолочного продукта практически по всем показателям соответствуют проектируемым значениям. Таким образом, разработанный обогащенный продукт является качественным, востребованным и конкурентоспособным продуктом.

Библиографический список

1. Вашуков, Ю. А. Развертывание функции качества (QFD): методические указания [Текст] / Ю. А. Вашуков, А. Я. Дмитриев, Т. А. Митрошкина. – Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2009. – 54 с.
2. Контарева, В. Ю. Некоторые аспекты планирования качества функциональных кисломолочных продуктов [Текст] / В. Ю. Контарева, В. В. Крючкова // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2-1 (24). – С. 142-148.
3. Крючкова, В. В. Кисломолочный продукт, обогащенный фитокомпонентами и сиропом лактулозы [Текст] / В. В. Крючкова, О. В. Друкер, П. В. Скрипин // Молочная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 59-60.
4. Проектирование новой мясной продукции высокого качества в соответствии с потребительскими предпочтениями [Текст] / О. Э. Брезе, О. М. Мышалова, О. А. Дорогайкина, В. В. Киреев // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 4 (35). – С. 133-140.
5. Сон, С. Г. Идентификация требований потребителя при проектировании рыбных продуктов [Текст] / С. Г. Сон, Э. Н. Ким // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2014. – № 33. – С. 74-80.
6. Тариченко, А. И. Потребительские товары. Теоретические основы : учебное пособие [Текст] / А. И. Тариченко, В. В. Крючкова, П. В. Скрипин. – п. Персиановский: Донской ГАУ, 2009. – 116 с.
7. Шушерин, В. В. Средства и методы управления качеством [Текст]: учебное пособие / В. В. Шушерин, С. В. Кортков, А. С. Зеткин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2006. – 202 с.
8. Chen, L.-Hs., Chen, C.-N. A QFD-Based Mathematical Model for New Product Development Considering the Target Market Segment / L.- Hs. Chen, C.-N. Chen // Journal of Applied Mathematics. - 2014. - DOI: 10.1155/2014/594150.

Reference

1. Vashukov, Yu. A. Razvertyvanie funkicii kachestva (QFD): metodicheskie ukazaniya [Tekst] / Yu. A. Vashukov, A. Ya. Dmitriev, T. A. Mitroshkina. - Samara: Samarskij gosudarstvennyj ajerokosmicheskij universitet, 2009. – 54 s.
2. Kontareva, V. Yu. Nekotorye aspekty planirovaniya kachestva funkcional'nyh kislomolochnyh produktov [Tekst] / V. Yu. Kontareva, V. V. Kryuchkova // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 2-1 (24). – S. 142-148.
3. Kryuchkova, V. V. Kislomolochnyj produkt, obogaschennyj fitokomponentami i siropom laktulozy [Tekst] / V. V. Kryuchkova, O. V. Druker, P. V. Skripin // Molochnaya promyshlennost'. – 2017. – № 2. – S. 59-60.
4. Proektirovanie novoj myasnoj produkcii vysokogo kachestva v sootvetstvii s potrebitel'skimi predpochteniyami [Tekst] / O. Je. Breze, O. M. Myshalova, O. A. Dorogajkina, V. V. Kireev // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. – 2014. – № 4 (35). – S. 133-140.
5. Son, S. G. Identifikaciya trebovanij potrebitelya pri proektirovanii rybnyh produktov [Tekst] / S. G. Son, Je. N. Kim // Nauchnye trudy Dal'rybvтуza. – 2014. – № 33. – S. 74-80.

6. Tarichenko, A. I. Potrebitel'skie tovary. Teoreticheskie osnovy [Tekst] : uchebnoe posobie / A. I. Tarichenko, V. V. Kryuchkova, P. V. Skripin. – p. Persianovskij: Donskoj GAU, 2009. -116 s.
7. Shusherin, V. V. Sredstva i metody upravleniya kachestvom: uchebnoe posobie [Tekst] / V. V. Shusherin, S. V. Kortov, A. S. Zetkin. - Ekaterinburg: GOU VPO UGTU - UPI, 2006. - 202 s.
8. Chen, L.-Hs., Chen, C.-N. A QFD-Based Mathematical Model for New Product Development Considering the Target Market Segment / L.-Hs. Chen, C.-N. Chen // Journal of Applied Mathematics. – 2014. – DOI: 10.1155/2014/594150.

E-mail: olgadruker@ya.ru

УДК 637.524.2.04

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭКСТРУДИРОВАННЫХ НУТА И ПШЕНИЦЫ В ТЕХНОЛОГИИ
КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ
STUDYING THE OPPORTUNITY OF EXTRUDED NUTE AND WHEAT USE IN
SAUSAGE PRODUCTS TECHNOLOGY OF INCREASED BIOLOGICAL VALUES**

Ю.Д. Данилов¹, аспирант

**И.Ф. Горлов¹, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН**

М.И. Сложенкина¹, доктор биологических наук, профессор

Е.Ю. Злобина¹, кандидат биологических наук

А.А. Сложенкина², студентка

Д.А. Мосолова³, студентка

**Yu.D. Danilov¹, I.F. Gorlov¹, M.I. Slozhenkina¹, E.Yu. Zlobina¹,
A.A. Slozhenkina², D.A. Mosolova³**

¹ Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

² Волгоградский государственный технический университет

³ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, г. Москва

1 Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

2 Volgograd State Technical University

3 Russian Economic University named after G.V. Plekhanov

В настоящее время российский рынок мясной продукции является одним из быстроразвивающихся на территории нашей страны. Постоянно наблюдается тенденция увеличения производства и потребления мясных продуктов, связанная с ростом спроса на готовую продукцию и современного образа жизни потребителей. Однако, несмотря на большой ассортимент продуктов питания, представлено мало продукции лечебно-профилактической и функциональной направленности, в то время как проблема несбалансированного питания является актуальной в современном обществе. Данная статья рассматривает возможность решения проблемы недостатка эссенциальных аминокислот, а также микроэлементов йода и селена среди населения нашей страны путем создания продукции, в достаточной мере обогащенной вышеупомянутыми компонентами. В качестве примера приводится введение в производство изделий колбасных варено-копченых функциональной направленности. Оригинальная рецептура содержит специальную добавку – смесь лучших сортов нута и пшеницы, выращенных в Волгоградской области, обогащенная микроэлементами. Представлены рецептура продукта, результаты исследований и экономических расчетов. Получаемый продукт обладает более сбалансированным аминокислотным составом, повышенным содержанием пищевых волокон и ключевых минеральных веществ. В ходе исследований была определена оптимальная доза внесения растительной добавки: наилучшие показатели биологической ценности были достигнуты при введении в рецептуру 15 % растительного компонента, содержащего экструдированный нут и пшеницу в со-

отношении 2 : 1, предварительно пророщенные соответственно на растворах йодида калия и селенита натрия, в гидратированном виде. Растительное сырье удешевляет рецептуру, что является хорошим преимуществом представленной технологии. Готовый продукт рекомендуется к употреблению для всех категорий населения и тем, кто нуждается в дополнительном источнике ключевых микроэлементов.

At present, the Russian market of meat products is one of the fastest growing in the territory of our country. There is a constant trend of increasing production and consumption of meat products, related to the growth in demand for finished products, and the modern lifestyle of consumers. However, despite the large assortment of food products, there are few products of therapeutic and preventive and functional orientation, while the problem of unbalanced nutrition is relevant in modern society. This article considers the possibility of solving the problem in the lack of essential amino acids, as well as microelements of iodine and selenium among the population of our country by creating products that are sufficiently enriched with the above-mentioned components. As an example, an introduction to the production of sausage products boiled-smoked functional orientation. The original recipe contains a special additive - a mixture of the best varieties of chickpeas and wheat, grown in the Volgograd region, enriched with trace elements. The formulation of the product, the results of research and economic calculations are presented. The resulting product has a more balanced amino acid composition, an increased content of dietary fiber and key minerals. In the course of the research, the optimal dose of the plant supplement was determined: the best biological value was achieved by introducing into the formulation 15% of the plant component containing extruded chickpea and wheat in a ratio of 2: 1, previously germinated in solutions of potassium iodide and sodium selenite, in hydrated form. Vegetable raw material makes the recipe cheaper, which is a good advantage of the technology presented. The finished product is recommended for use for all categories of the population and for those who need an additional source of key trace elements.

Ключевые слова: варено-копченая колбаса, йод, селен, нут, пшеница, функциональный продукт, экструзия.

Key words: boiled-smoked sausage, iodine, selenium, chickpeas, wheat, functional product, extrusion.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ МК-3731.2018.11

«Научное обоснование и внедрение эмерджентного подхода к управлению технологическими процессами в животноводстве на основе современных молекулярно-генетических методов и повышения уровня биоконверсии кормов при производстве экологически чистой продукции»

Введение. В настоящее время российский рынок продуктов питания является одним из крупнейших в нашей стране. Мясные изделия занимают четвертую позицию в перечне продуктов, пользующихся большим спросом среди населения, уступая молочным продуктам, овощам и фруктам [19]. Современный стиль жизни не позволяет людям тратить достаточно времени на приготовление пищи, поэтому большая часть населения вынуждена питаться на ходу. Поэтому все в большей степени отдается предпочтение быстрому питанию (fast food), а также мясным изделиям как одним из самых питательных и удобных в употреблении. Тем не менее, употребляя такую пищу, люди совершенно не задумываются о ее качестве и пользе, следовательно, случаи несбалансированного питания становятся все более частыми. В качестве примера можно отметить недостаток полноценных белков, а также йода и селена в питании населения.

Несбалансированный аминокислотный состав продуктов является распространенной проблемой, актуальной не только в нашей стране. Некоторые потребители при выборе продуктов ориентируются на общие данные о содержании пищевых компонентов, представленные на этикетке продукции. Однако данная информация не является

исчерпывающей, так как не дает более подробного представления о составе продукта. Содержание белка в продукте может быть большим, но отсутствие какой-нибудь одной незаменимой аминокислоты может свести к минимуму усвояемость других аминокислот, а также привести к возникновению различных заболеваний, приводящих к нарушению обмена веществ и жизнедеятельности организма в целом.

Недостаток в питании йода и селена также является важной проблемой, затрагивающей многие регионы нашей страны. Дефицит данных микроэлементов может стать причиной возникновения эндемического зоба, умственной отсталости среди детей и подростков, заболеваний, связанных с недостатком гормонов щитовидной железы. Поэтому профилактика йодной и селенной недостаточности является еще одной важной задачей на пути решения проблемы адекватного и сбалансированного питания.

Для решения вышеупомянутых проблем необходимо создание и внедрение сбалансированной мясной продукции, обладающей функциональной направленностью [13]. Качественные мясные продукты в данное время стоят достаточно дорого, следовательно, при разработке и внедрении новых видов продуктов производителю необходимо найти баланс между качеством и себестоимостью. В данной статье рассматривается возможность создания изделий колбасных варено-копченых со сбалансированным аминокислотным составом и повышенным содержанием микроэлементов йода и селена, что позволит решить сразу две проблемы адекватного питания. Представленный теоретический расчет и экспериментальное определение пищевой и биологической ценности позволяют оценить целесообразность внедрения разработки на рынок пищевых продуктов как дополнительного источника полноценного белка, биодоступного йода и селена.

Материалы и методы. Исследования проводились в лаборатории ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» г. Волгограда. Сравнительный анализ органолептических показателей и показателей пищевой ценности исследуемого и контрольного образцов варено-копченых колбасных изделий проводился в экспериментальных образцах, произведенных в условиях Волгоградского мясокомбината. В готовых образцах сначала была проведена органолептическая оценка, затем определено содержание вносимых с растительной добавкой микроэлементов – йода и селена и их сравнение с суточной потребностью. Также было проведено определение баланса питательных компонентов, которое включало массовую долю белка, аминокислот, жира, углеводов, витаминов, ключевых микроэлементов.

Ориентация на здоровый образ жизни становится все более популярной среди различных возрастных групп населения, что в свою очередь способствует увеличению спроса на продукцию для здорового питания, к которой относятся продукты с повышенным содержанием пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ [2]. Для обогащения продуктов используют разнообразное сырье и, в первую очередь, зерновое. Однако при производстве зернового сырья наиболее ценные части удаляются. Поэтому определенный интерес в этом отношении представляют проростки. При прорастании зерна в значительной степени увеличивается содержание многих веществ, повышается его биологическая ценность. Употребление в пищу пищевых волокон оболочек зерна усиливает перистальтику кишечника, нормализует процесс пищеварения [1].

Ростки пшеницы обеспечивают стабильную работу жизненно важных и необходимых процессов в организме, улучшают обмен веществ, повышают иммунитет, нормализуют микрофлору кишечника за счет имеющихся в ее составе пищевых волокон, благотворно влияют на систему пищеварения и работу печени, выводят из организма холестерин, продукты жизнедеятельности клеток и способствуют активному долголетию. Проростки нута содержат высококачественные белки и жиры, клетчатку, большое

количество кальция, а также такие минералы, как магний и калий; кроме того, в его состав входят витамины А и С. Они превосходят другие бобовые культуры по количеству основных незаменимых кислот – метионина и триптофана [13, 10, 3].

Функциональная добавка состоит из нута сорта «Донской», обогащенного йодом, и пшеницы сорта «Камышанка-4», обогащенной селеном. Растительный компонент проходит поэтапную подготовку: пшеницу и нут моют, проращивают на растворах ключевых микроэлементов, промывают, высушивают, экструдировать, затем гидратируют и вводят на стадии фаршесоставления [16, 17]. Как известно, в нуте содержится около 2 % фитиновой кислоты, являющейся антинутриентом, препятствующим усвоению питательных веществ, таких как калий, магний, железо, кальций, цинк, фосфор и других макро- и микронутриентов. Поэтому в целях повышения всасывания минеральных веществ организмом нут предварительно замачивают в кислой среде (рН 3,5-4,0) с целью инактивации фитиновой кислоты, которая образует с металлами хелатные комплексы и выводит их из организма. Образующийся в ходе замачивания фермент фитаза инактивирует фитиновую кислоту [14]. Нут также подвергается процессу дезодорирования – удалению нежелательного «горохового» запаха. Технологическая схема получения добавки представлена на рисунке 1. Общее содержание белка в пшенице составляет около 12 %, а в нуте – до 30 %. Смешивание двух этих культур с преобладанием нута позволяет получить сбалансированную в аминокислотном отношении функциональную добавку [4]. При добавлении такой смеси в колбасные изделия будет наблюдаться небольшое повышение белка в количественном отношении, но весьма заметное обогащение аминокислотами и ключевыми микроэлементами в готовой продукции.

Экструзия является одним из зарекомендовавших себя способов повышения питательной ценности зерновой массы. В процессе экструдирования крахмал распадается на простые сахара, вредная микрофлора обеззараживается, а витамины и кислоты, содержащиеся в злаках, благодаря кратковременности процесса сохраняются практически полностью. При использовании экструдирования зерна переваримость сухого вещества увеличивается на 2,1 %, органического – на 1,9, сырого протеина – на 4,5, сырого жира – на 3,8 % [5]. Как следствие, можно отметить основные положительные эффекты при применении экструдированной растительной добавки собственной разработки:

- упрощение технологии по сравнению с известными способами обогащения;
- повышение качества растительного сырья;
- увеличение содержания в нем жизненно необходимых элементов, в частности йода и селена.

Следует также отметить механизм действия растворов солей на растительный компонент. Растворы селенита натрия и йодида калия оказывают влияние на проницаемость мембран клеток семян нута и пшеницы, в том числе способствуют разрыхлению их оболочек, что приводит к активной диффузии ионов йода и селена из раствора во внутреннее пространство семян. Далее происходит процесс ассимиляции поступивших внутрь ионов, в результате чего образуются новые биодоступные органические йод- и селенсодержащие структуры. Известно, что селен является синергистом йода, поэтому происходит более полное и интенсивное превращение микроэлементов [20, 6, 7].

Предлагаемый способ производства изделий колбасных варено-копченых включает в себя следующие стадии: подготовку мясного сырья, посол, измельчение посоленного сырья, подготовку растительного компонента, составление фарша, наполнение оболочек и вязку батонов, осадку, термическую обработку в универсальных термокамерах, сушку и охлаждение готового продукта [11]. В качестве базовой рецептуры во

всех модельных экспериментах использовали рецептуру колбасы варено-копченой «Деликатесная» высшего сорта с учетом требований ГОСТ Р 55455-2013. Цикл производства варено-копченой колбасы составляет 5 суток. Рецептура собственной разработки (таблица 1) отличается равным соотношением вносимой говядины и свинины, пониженным содержанием поваренной соли, повышенным содержанием пряностей и введением гидратированной растительной добавки на стадии фаршесоставления. Доза внесения – 15 % гидратированной добавки взамен мясного сырья.

Результаты и обсуждение. Прежде всего была проведена органолептическая оценка готового продукта. Результаты оценки представлены в таблице 2. При сравнении с контрольным образцом не было выявлено никаких отклонений.

В целом можно отметить, что органолептические показатели исследуемого образца почти не отличались от показателей контрольного образца. Как видно из полученных результатов, внесение гидратированной растительной добавки в исследуемый образец практически не влияло на органолептические показатели [6, 8]. По критерию консистенции отмечается увеличение упругости колбасных батонов, цвет приобретал еле заметный желтоватый оттенок, что объясняется добавлением экструдированной растительной добавки. Нут и пшеница оказывают стабилизирующее действие на мясной фарш, так как имеют в своем составе пищевые волокна и клейковину. Благодаря этим компонентам вода в фарше полностью связывается, частично связывается жир, фарш получается с более вязкой и упругой консистенцией. При наполнении оболочек таким фаршем уменьшается вероятность возникновения пустот в колбасных батонах и жировых потеков в готовом продукте. Эти факторы не влияют на вкусовые качества продукта и не ухудшают его внешний вид. Однако при дальнейшем повышении дозы вносимой добавки наблюдалось ухудшение органолептических показателей: появлялся ясно выраженный желтоватый оттенок на срезе и гороховый аромат. Поэтому выбранная доза внесения растительной добавки в продукт на данном этапе исследования может считаться оптимальной.

Таблица 1 – Рецептура варено-копченых колбас с растительной добавкой

№ п/п	Наименование сырья	Значение
<i>Сырье несоленое</i>		
1	Говядина жилованная, 1 сорт	32,5
2	Свинина жилованная полужирная	32,5
3	Шпик свиной	20
4	Мука из пророщенной пшеницы и нута, обогащенной селеном и йодом	5
5	Вода для гидратации муки	10
ИТОГО несоленого сырья, кг		100
<i>Пряности и материалы</i>		
6	Соль нитритная	2,15
7	Сахар-песок	0,2
8	Перец черный	0,2
9	Чеснок свежий	0,3
10	Мускатный орех	0,04
11	Фосфат пищевой	0,3
12	Рис ферментированный	0,05
13	Вода питьевая	4
ИТОГО сырья, пряностей и материалов, кг		107,24
Выход продукта, кг (%)		101,88 (95)

Таблица 2 – Органолептические показатели варено-копченых колбас

Показатель	Значение	
	контрольный образец	исследуемый образец
Внешний вид	батоны с чистой, сухой поверхностью, без пятен, повреждений, бульонно-жировых отеков	
Цвет	поверхность темно-красная, на разрезе – от светло-розовой до темно-красной	поверхность темно-красная, на разрезе – от светло-розовой до темно-красной с еле заметным желтоватым оттенком
Аромат	выраженный мясной, с ароматом копчения, с оттенком специй	
Консистенция	упругая, шпик равномерно распределен, фарш без серых пятен и пустот	упругая, шпик равномерно распределен, фарш без серых пятен и пустот, имеются едва заметные включения молотой растительной добавки
Вкус	приятный мясной, слегка острый, в меру соленый, без постороннего привкуса, свойственный для данного вида продукта	

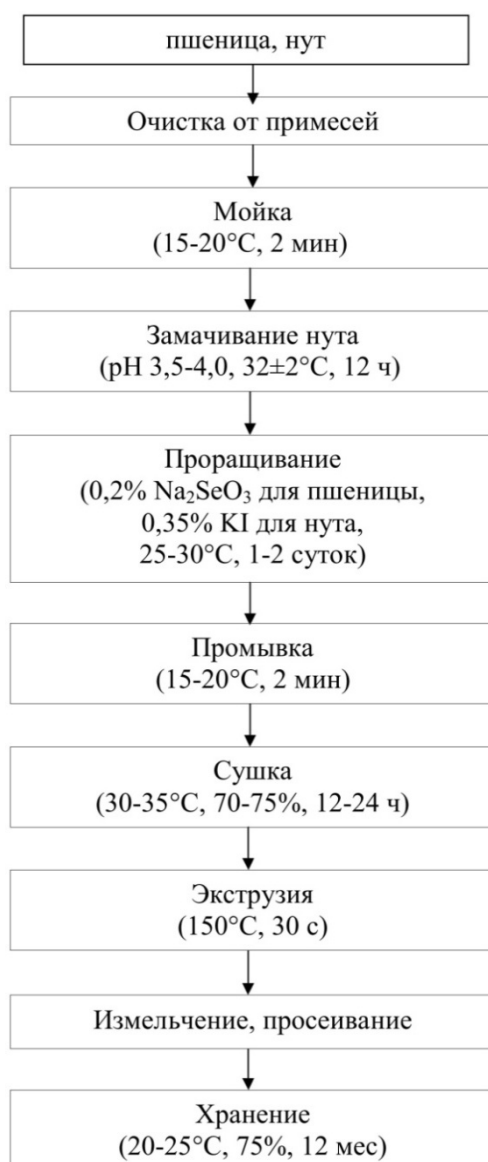


Рисунок 1 – Технологическая схема получения растительной добавки

При приготовлении фаршей контрольного и исследуемого образцов варено-копченых колбас визуально было отмечено возрастание вязкости и пластичности фарша в зависимости от доли внесения растительной добавки; поэтому было проведено экспериментальное исследование данных показателей. Данный опыт проводился три раза, приведенные в таблице 3 результаты являются усредненными значениями.

Таблица 3 – Структурно-механические свойства фарша

Показатель	Значение	
	контрольный образец (без растительной добавки)	исследуемый образец (15%)
Пластичность, см ²	2,8±0,1	3,4±0,1
Предельное напряжение сдвига, Па	4,2±0,1	4,6±0,2

В исследуемых образцах наблюдалось повышение пластичности и предельного напряжения сдвига, что приводило к получению фарша с более вязкой и плотной консистенцией. При наполнении оболочек таким фаршем снижается вероятность получения пустот в колбасных батонах, увеличивается плотность набивки. Улучшение структурно-механических свойств фарша напрямую зависит от количества внесенной растительной добавки: чем больше вносится гидратированной муки, тем больше эти показатели. Проращивание семян нута и пшеницы на растворах йода и селена не влияет на данные показатели.

Таблица 4 – Баланс питательных компонентов в варено-копченой колбасе функциональной направленности

№	Показатель	Значение показателя		Суточная норма, г
		г / 70 г продукта	% от суточной нормы	
1	Аминокислоты	13,73 ± 0,02	22,9 ± 0,03	60
2	ПНЖК	1,72 ± 0,01	13,23 ± 0,08	13
3	МНЖК	11,31 ± 0,02	21,75 ± 0,04	52
4	НЖК	9,2 ± 0,04	26,28 ± 0,11	35
5	Углеводы	3,36 ± 0,5	0,84 ± 0,125	400
6	Вода	35,72 ± 1,42	1,78 ± 0,071	2000
7	Пищевые волокна	0,26 ± 0,01	1,73 ± 0,07	15
	Витамины			
8	А, мг	0,246 ± 0,007	24,6 ± 0,7	1
9	В ₁ , мг	0,596 ± 0,021	29,8 ± 1,1	2
10	В ₂ , мг	0,168 ± 0,035	5,6 ± 1,17	3
11	РР, мг	3,266 ± 0,105	16,33 ± 0,52	20
12	В ₅ , мг	0,753 ± 0,034	7,53 ± 0,34	10
13	В ₆ , мг	0,533 ± 0,054	26,7 ± 2,7	2
14	В ₉ , мкг	5,769 ± 0,043	2,88 ± 0,02	200
15	В ₁₂ , мкг	2,18 ± 0,01	109 ± 0,5	2
	Витамины			
16	Е, мг	0,89 ± 0,012	3,56 ± 0,048	25
17	С, мг	0,115 ± 0,015	0,19 ± 0,025	60
	Минеральные вещества			
18	Йод, мкг	20,3 ± 2,4	13,53 ± 1,6	150
19	Селен, мкг	11,6 ± 0,88	16,6 ± 1,26	70

Компонентный состав композиции разработанного продукта и его соответствие с физиологическими нормами суточной потребности человека представлен в таблице 4. Содержание ключевых микроэлементов повысилось за счет введения функциональной добавки. Содержание йода и селена в исследуемом образце не превысило допусти-

мых значений. В контрольном образце селен и йод не были обнаружены [12, 15]. Исходя из полученных результатов рекомендуемая суточная норма потребления варено-копченой колбасы составит 70 г.

Рекомендуемая норма потребления готового продукта не будет удовлетворять в полной мере ни по одному из представленных показателей питательных компонентов. Однако необходимо учесть, что в рацион человека должны входить не только колбасные изделия, но и другие продукты питания, следовательно, представленный состав будет вполне адекватным. Кроме того, употребление функциональных продуктов питания в пределах нормы должно удовлетворять не более 40 % суточной потребности в ключевых элементах, внесенных в данный продукт.

В традиционных колбасных изделиях содержится малое количество витаминов, основным их источником является мясное сырье. Вносимый растительный компонент обогащает продукт витаминами: в составе появляются новые и увеличивается содержание уже имеющихся витаминов. В ходе термической обработки большая часть витаминов разрушается. Тем не менее, содержание некоторых витаминов возрастает, например, пиридоксина и ниацина – в 1,5 раза, рибофлавина, тиамина и кобаламина – в 2 раза, фолиевой кислоты – в 3 раза, значительно возрастает содержание витамина А.

Также было проведено исследование аминокислотного состава исследуемых образцов варено-копченых колбас (таблица 5). Исследования проводились согласно методике, описанной в ГОСТ Р 55569-2013, при помощи системы капиллярного электрофореза «Капель-105М» («Льюмэкс-маркетинг», Россия). 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. Аминокислотный состав определялся в двух образцах варено-копченых колбасных изделий:

- изделие колбасное варено-копченое с добавлением функциональной добавки в количестве 10 % от массы несоленого сырья, представляющей собой смесь пшеницы и нута в соотношении 1 : 2, обогащенных селеном и йодом;
- изделие колбасное варено-копченое с добавлением функциональной добавки в количестве 15 % от массы несоленого сырья, обогащенной йодом и селеном.

Таблица 5 – Аминокислотный состав исследуемых образцов варено-копченых колбас

№ п/п	Аминокислотный состав, мг%	Варено-копченая колбаса (10%)	Варено-копченая колбаса (15%)
1	аргинин	585	696
2	лизин	894	1012
3	тирозин	381	396
4	фенилаланин	455	514
5	гистидин	325	360
6	лейцин+изолейцин	1431	1633
7	метионин	209	258
8	валин	627	745
9	пролин	496	619
10	треонин	357	460
11	серин	387	463
12	аланин	689	799
13	глицин	543	613
14	триптофан	95	173

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод, что повышение массовой доли растительной добавки в рецептуре продукта способствует увеличению значений аминокислотного состава продукта. Содержание лизина и метионина, изначально дефицитных аминокислот компонентов растительной добавки, повысилось. Следовательно, соотношение нута и пшеницы в функциональной добавке было подобрано оптимальное. Однако следует учитывать также вкусовые качества разрабатываемого колбасного изделия, ведь повышение уровня внесения добавки выше 15 % становилось причиной ухудшения органолептических характеристик.

На заключительном этапе был проведен экономический расчет прямой себестоимости продукции. Для расчетов затрат на производство и срока окупаемости было выбрано предприятие «Волгоградский мясокомбинат». Данное предприятие существует уже достаточно давно, суточный объем производства его достигает до 140 т готовой продукции, основную массу которых составляют колбасные изделия – около 40 т. «Волгоградский мясокомбинат» располагает необходимым перечнем оборудования и помещений, для рассчитываемого внедрения собственной разработки потребовалась минимальная закупка оборудования и материалов. Объем производства составил 100 кг в сутки, при условии что каждый новый технологический цикл начинался только в будние дни [9].

Результаты расчета затрат на производство варено-копченой колбасы функциональной направленности представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет затрат для варено-копченой колбасы функциональной направленности

№	Статья затрат, единица измерения	Норма расхода, кг / т	Расход, кг / год	Планово-заготовительная цена, р. / кг	Стоимость расхода, тыс. р. / год
1	2	3	4	5	6
<i>Основное сырье и материалы</i>					
1	Говядина жилованная, 1 сорт	320	7094	210	1489,74
2	Свинина жилованная полужирная	320	7094	194,2	1377,65
3	Шпик свиной хребтовый	197	4865,9	86,3	419,93
4	Мука из пророщенной пшеницы и нута, обогащенных селеном и йодом	50	1235	20	24,7
5	Вода для гидратации муки	99	2445,3	6	14,7
6	Соль нитритная	21,5	531,1	400	212,44
7	Сахар-песок	2	49,4	25	1,24
8	Перец черный	2	49,4	180	8,9
9	Чеснок свежий	3	74,1	45	3,34
10	Мускатный орех	0,4	9,9	500	4,95
11	Фосфат пищевой	3	74,1	52	3,9
12	Рис ферментированный	0,5	12,4	105	1,3
13	Вода питьевая	39	963,3	6	5,78
ИТОГО основное сырье и материалы		1057,4	24497,9	–	3568,6
<i>Вспомогательные материалы</i>					
14	Клипсы, шт	1200	29640	30 р. / 1000 шт	0,9
15	Оболочка белковая искусственная «Белкозин», м	700	17290	400 р. / бобина (500 м)	14

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6
16	Бумага этикеточная	0,1	2,5	150	0,4
17	Ящики деревянные многооборотные, шт	40	20	250	5
18	Подпергамент	0,6	14,9	62	0,93
19	Щепа для копчения	7,2	177,8	10	1,8
ИТОГО вспомогательные материалы		–	–	–	23,03
<i>Энергетические ресурсы</i>					
19	Электроэнергия, кВт · ч	2262,2	55876,4	3	167,63
20	Вода, м ³	86,8	2144	10,5	22,52
21	Газ, м ³	–	–	7,1	–
ИТОГО энергетические ресурсы		–	–	–	190,15

Общая стоимость расхода сырья, вспомогательных материалов и затрачиваемых энергетических ресурсов составила 3,78 млн р./год. Наибольшую долю затрат занимает общий расход основного сырья и материалов – 3,56 млн р./год. Планово-заготовительные цены были получены с учетом среднего уровня инфляции, рассчитанного за последние пять лет [18]. В стоимость пшеницы и нута, обогащенных йодом и селеном, была внесена стоимость селенита натрия и йодида калия.

Проектная калькуляция себестоимости для каждой позиции ассортимента представлена в таблице 7. В себестоимость включены такие статьи, как затраты на сырье и материалы, энергоресурсы, оплата труда, отчисления на социальное страхование, на содержание и эксплуатацию оборудования, цеховые расходы и прочие производственные и внепроизводственные расходы.

Таблица 7 – Проектная калькуляция себестоимости варено-копченой колбасы функциональной направленности

№	Статья калькуляции	Затраты, тыс. р. / год	Себестоимость, р. / т
1	Сырье и основные материалы	3591,63	145410,1
2	Энергоресурсы на топливо и технологические цели	190,15	7698,4
3	Затраты на оплату труда производственных рабочих	436	17651,8
4	Отчисления на социальное страхование	376,8	15255,1
5	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	62,9	2546,6
6	Цеховые расходы	447,6	18121,5
	ИТОГО цеховая себестоимость	5105,1	206683,5
7	Прочие производственные расходы	21,8	882,6
	ИТОГО производственная себестоимость	5126,9	207566,1
8	Внепроизводственные расходы	49,4	2000
	ИТОГО полная себестоимость	5176,3	209566,1

При расчете затрат на содержание и эксплуатацию оборудования в учет бралось толькокупаемое оборудование. Коэффициент пересчета – 15 %. Общая сумма затрат на содержание оборудования была равномерно распределена на каждую позицию производимой продукции.

В цеховые затраты входят следующие статьи:

- амортизация оборудования;
- затраты на ремонт зданий, сооружений и инвентаря;
- затраты на лабораторные исследования качества сырья и готовой продукции;

- расходы на мероприятия по охране труда;
- сумма износа малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря цехов и затраты на его ремонт и восстановление в процессе эксплуатации;
- прочие расходы.

Многие из перечисленных выше статей цеховых затрат не были рассчитаны, так как они уже учтены на действующем производстве. Амортизация оборудования равна стоимости самого оборудования, затраты на ремонт инвентаря составили 30 тыс. р. / год, затраты на лабораторные исследования качества сырья и готовой продукции – 40 тыс. р. / год, сумма износа малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря – 15 тыс. р. / год.

В прочие производственные расходы были учтены отчисления по обязательному страхованию имущества – 2 % от стоимости оборудования и инвентаря; также учитывались платежи за предельно допустимые сбросы и выбросы – соответственно 15 и 25 тыс. р./год в пересчете на внедряемое производство. Внепроизводственные расходы – расходы, связанные с реализацией произведенной продукции, которые входят в полную себестоимость сверх ее производственной себестоимости. Транспортировка на реализацию готовой продукции будет производиться в торговые точки г. Волгограда и фирменные торговые точки «Волгоградского мясокомбината». Средняя стоимость доставки автомобильным транспортом составляет 600 рублей за партию.

Начальный годовой объем продукции составил 24,7 т. Себестоимость одного колбасного батона весом 0,5 кг составила 104,8 рублей, что является неплохим результатом. В прошлом году средняя стоимость варено-копченых колбасных изделий была 340 р./кг. С учетом последних случаев роста цен и нестабильного экономического положения в стране рекомендуемая продажная цена – 400 р./кг. При заданной мощности производства продукции собственной разработки годовая выручка составила 9,88 млн рублей; за вычетом полной себестоимости прибыль была оценена в 4,7 млн р./год.

Заключение. Таким образом, была разработана технология производства варено-копченых колбас функциональной направленности и проведено комплексное исследование потребительских свойств готовой продукции. Основной целью было получение продукции с повышенным содержанием биодоступных форм микроэлементов – йода и селена, а также более сбалансированного аминокислотного состава без потери качества и ухудшения органолептического состава. Не все продукты, представленные на отечественном рынке, имеют сбалансированный белковый состав и достаточное содержание необходимых микроэлементов, из-за чего происходит нарушение обмена веществ, повышение риска заболеваний. Предлагаемый продукт имеет улучшенный компонентный состав, его употребление позволит снизить риск возникновения йодо- и селенодефицита, а также заболеваний, связанных с недостаточным потреблением белка. Разработанную растительную добавку рекомендуется добавлять не только в варено-копченые колбасы, но и в другие мясные изделия.

На основе проведенного сравнительного анализа контрольного и исследуемого образцов варено-копченых колбас можно отметить следующие преимущества продукта функциональной направленности:

- внесение растительного компонента улучшает структурно-механические свойства фарша, такие как вязкость и предельное напряжение сдвига;
- органолептические свойства практически не меняются: цвет приобретает едва заметный желтоватый оттенок, консистенция становится более упругой;
- повышается выход готовой продукции до 95 % от массы несоленого сырья;
- улучшение баланса питательных компонентов в варено-копченых колбасах;
- повышение содержания ключевых микроэлементов – йода и селена;
- улучшение аминокислотного состава готового продукта;
- снижение себестоимости готового продукта за счет удешевления рецептуры частичной заменой мясного сырья растительным.

Такой продукт удовлетворяет требованиям государственной политики Российской Федерации в области здорового питания на период до 2020 г, важнейшей задачей которой является развитие производства пищевых продуктов, способствующих сохранению и укреплению здоровья различных групп населения. Внедрение технологии на действующее производство позволит занять продукции достойное место на рынке колбасных изделий.

Библиографический список:

1. Бережная, О.В. Проростки пшеницы – ингредиент для продуктов питания [Текст] / О.В. Бережная, Г.Г. Дубцов, Л.И. Войно // Продукция АПК – от поля до прилавка. – 2015. – №5. – С. 26-29.
2. Горлов, И.Ф. Новое в производстве пищевых продуктов повышенной биологической ценности [Текст] / И.Ф. Горлов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – №3. – С. 57-58.
3. Горлов, И.Ф. Разработка новых функциональных продуктов на основе использования пророщенного нута [Текст] / И.Ф. Горлов, Ю.Н. Нелепов, М.И. Сложенкина // Все о мясе. – 2014. – №1. – С. 28-31.
4. Горлов, И.Ф. Способ производства обогащенной варено-копченой колбасы [Текст]: патент РФ 2626730, 2015 / И.Ф. Горлов, Ю.Д. Данилов, О.Б. Гелунова.
5. Горлов, И.Ф. Использование экструдата нута и пшеницы для производства функциональных продуктов [Текст] / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, Ю.Д. Данилов // Мясная индустрия. – 2017. – №6. – С. 40-43.
6. 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.
7. Горлов, И.Ф. Способ обогащения семян биодоступными формами йода и селена. [Текст] : патент РФ № 2524540, 2014 / И.Ф. Горлов, Е.Ю. Злобина, Ю.В. Стародубова.
8. Горлов, И.Ф. Улучшение потребительских свойств мясных продуктов за счет биологически активных веществ [Текст] / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, И.С. Бушуева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – №5. – С. 32-33.
9. Горлов, И.Ф. Научно-практические подходы к оптимизации производства пищевых продуктов повышенной биологической ценности. [Текст] / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина // Стратегия обеспечения развития конкурентоспособного производства отечественных продуктов питания высокого качества. – 2006. – С. 13-20.
10. Данилов, Ю.Д. Оценка влияния зерна пшеницы, обогащенного органическими формами йода и селена, на потребительские свойства варено-копченых колбасных изделий [Текст] / Ю.Д. Данилов, И.Ф. Горлов // Современные достижения биотехнологии, актуальные проблемы молочного дела: сборник трудов. – Ставрополь, 2015. – С. 113-116.
11. Данилов, Ю.Д. Семь шагов в проектировании колбасы варено-копченой функциональной направленности [Текст] Ю.Д. Данилов, И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина // Приоритетные направления развития пищевой индустрии: сборник трудов. – Ставрополь, 2016. – С. 160-168.
12. Инновационные подходы к обогащению мясного сырья органическим йодом [Текст] / И.Ф. Горлов, М.В. Шарова, Д.А. Ранделин, Т.М. Гиро // Fleischwirtschaft. – 2012. – №1. – С. 66-68.
13. К вопросу использования добавок растительного происхождения функциональной направленности в технологии мясopодуKтоB [Текст] / Ю.Д. Данилов, М.И. Сложенкина, А.Л. Алексеев, Я.П. Сердюкова // Инновационные технологии пищевых производств: сборник трудов. – п. Персиановский: ДонГАУ, 2016. – С. 7-9.
14. 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.
15. Методические аспекты определения органического йода (йодтирозинов) в пищевых продуктах [Текст] / А.В. Куликовский, А.Б. Лисицын, О.А. Кузнецова, Н.Л. Вострикова, И.Ф. Горлов // Вопросы питания. – 2016. – №4. – С. 91-97.

16. Производство изделий колбасных варено-копченых функционального назначения для профилактики йодо- и селенодефицита [Текст] / М.И. Сложенкина, В.Н. Храмова, О.Б. Гелунова, Ю.Д. Данилов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – №3 (39). – С. 199-203.

17. Сложенкина, М.И. Проектирование колбасы варено-копченой функциональной направленности [Текст] / М.И. Сложенкина, И.Ф. Горлов, Ю.Д. Данилов // Разработка инновационных технологий производства животноводческого сырья и продуктов питания на основе современных биотехнологических методов: сборник трудов. – Волгоград: ВолГАУ, 2016. – С. 336-342.

18. Таблица месячной и годовой инфляции России с 1991 года по настоящее время // Сайт уровня инфляции в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://уровень-инфляции.рф/> (дата обращения 20.01.2018 г.).

19. Храмова, В.Н. Разработка мясных продуктов функционального назначения с использованием регионального сырья, [Текст] / В.Н. Храмова, В.А. Долгова, В.Ю. Проскурина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №1 (21). – С. 164-168.

20. Gorlov I.F., Gelunova O.B., Danilov Yu.D. Using of iodine and selenium enriched wheat in preparation of smoked-scalded sausage: [Текст] Current Biotechnology, 2015, T.2, №13, С. 4.

Reference

1. Berezhnaya, O. V. Prorostki pshenicy ingredient dlya produktov pitaniya [Tekst] / O. V. Berezhnaya, G. G. Dubcov, L. I. Vojno // Produkciya APK ot polya do prilavka. – 2015. – №5. – С. 26-29.

2. Gorlov, I. F. Novoe v proizvodstve pischevyh produktov povyshennoj biologicheskoy cennosti [Tekst] / I. F. Gorlov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2005. – №3. – С. 57-58.

3. Gorlov, I. F. Razrabotka novykh funktsional'nykh produktov na osnove ispol'zovaniya proro-schennogo nuta [Tekst] / I. F. Gorlov, Yu. N. Nelepov, M. I. Slozhenkina // Vse o myase. – 2014. – №1. – С. 28-31.

4. Gorlov, I. F. Sposob proizvodstva obogaschennoj vareno-kopchenoj kolbasy [Tekst]: patent RF 2626730, 2015 / I. F. Gorlov, Yu. D. Danilov, O. B. Gelunova.

5. Gorlov, I. F. Ispol'zovanie jekstrudata nuta i pshenicy dlya proizvodstva funktsional'nykh produktov [Tekst] / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, Yu. D. Danilov // Myasnaya industriya. – 2017. – №6. – С. 40-43.

6. Gorlov, I. F. Ispol'zovanie jekstrudata nuta i pshenicy dlya proizvodstva produktov funktsional'noj napravlenosti [Tekst] / I. F. Gorlov Yu. D. Danilov M. I. Slozhenkina // Myasnaya industriya. – 2017. – №7. – С. 46-49.

7. Gorlov, I. F. Sposob obogascheniya semyan biodostupnymi formami joda i selenia. [Tekst] : patent RF № 2524540, 2014 / I. F. Gorlov, E. Yu. Zlobina, Yu. V. Starodubova.

8. Gorlov, I. F. Uluchshenie potrebitel'skikh svoystv myasnykh produktov za schet biologicheskikh aktivnykh veshchestv [Tekst] / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, I. S. Bushueva // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2013. – №5. – С. 32-33.

9. Gorlov, I. F. Nauchno-prakticheskie podhody k optimizatsii proizvodstva pischevykh produktov povyshennoj biologicheskoy cennosti. [Tekst] / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina // Strategiya obespecheniya razvitiya konkurentosposobnogo proizvodstva otechestvennykh produktov pitaniya vysokogo kachestva. – 2006. – С. 13-20.

10. Danilov, Yu. D. Ocenka vliyaniya zerna pshenicy, obogaschennogo organicheskimi formami joda i selenia, na potrebitel'skie svoystva vareno-kopchenykh kolbasnykh izdelij [Tekst] / Yu. D. Danilov, I. F. Gorlov // Sovremennye dostizheniya biotekhnologii, aktual'nye problemy molochnogo dela: sbornik trudov. – Stavropol', 2015. – С. 113-116.

11. Danilov, Yu. D. Sem' shagov v proektirovanii kolbasy vareno-kopchenoj funktsional'noj napravlenosti [Tekst] Yu. D. Danilov, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina // Prioritetnye napravleniya razvitiya pishchevoj industrii: sbornik trudov. – Stavropol', 2016. – С. 160-168.

12. Innovatsionnye podhody k obogascheniyu myasnogo syr'ya organicheskim jodom [Tekst] / I. F. Gorlov, M. V. Sharova, D. A. Randelin, T. M. Giro // Fleischwirtschaft. – 2012. – №1. – С. 66-68.

13. K voprosu ispol'zovaniya dobavok rastitel'nogo proisxozhdeniya funktsional'noj napravlenosti v tehnologii myasoproduktov [Tekst] / Yu. D. Danilov, M. I. Slozhenkina, A. L. Alekseev, Ya. P. Serdyukova // Innovacionnye tehnologii pischevyh proizvodstv: sbornik trudov. – p. Persianskovskij: DonGAU, 2016. – S. 7-9.

14. 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). – S. 157-161.

15. Metodicheskie aspekty opredeleniya organicheskogo joda (jodtirozinov) v pischevyh produktah [Tekst] / A. V. Kulikovskij, A. B. Lisicyn, O. A. Kuznecova, N. L. Vostrikova, I. F. Gorlov // Voprosy pitaniya. – 2016. – №4. – S. 91-97.

16. Proizvodstvo izdelij kolbasnyh vareno-kopchenyh funktsional'nogo naznacheniya dlya profilaktiki jodo- i selenodeficita [Tekst] / M. I. Slozhenkina, V. N. Hramova, O. B. Gelunova, Yu. D. Danilov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2015. – №3 (39). – S. 199-203.

17. Slozhenkina, M. I. Proektirovanie kolbasy vareno-kopchenoj funktsional'noj napravlenosti [Tekst] / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, Yu. D. Danilov // Razrabotka innovacionnyh tehnologij proizvodstva zhivotnovodcheskogo syr'ya i produktov pitaniya na osnove sovremennyh bioteknologicheskikh metodov: sbornik trudov. – Volgograd: VolGAU, 2016. – S. 336-342.

18. Tablica mesyachnoj i godovoj inflyacii Rossii s 1991 goda po nastoyashee vremya // Sajt urovnya inflyacii v Rossijskoj Federacii [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <http://uroven'-inflyacii.rf/> (data obrascheniya 20.01.2018 g.).

19. Hramova, V.N. Razrabotka myasnyh produktov funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem regional'nogo syr'ya, [Tekst] / V.N. Hramova, V.A. Dolgova, V.Yu. Proskurina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2013. – №1 (21). – S. 164-168.

20. Gorlov I.F., Gelunova O.B., Danilov Yu.D. Using of iodine and selenium enriched wheat in preparation of smoked-scalded sausage: [Tekst] Current Biotechnology, 2015, T.2, №13, S. 4.

E-mail: yuriy.daniloff.2013@mail.ru

УДК 636.5.034.085:633.174

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНА НУТА И СОРГО В КОРМЛЕНИИ КУР-НЕСУШЕК ПРОМЫШЛЕННОГО СТАДА EFFICIENCY OF USING NUTE AND SORGO GRAIN IN LONG-TERM FEEDING OF THE INDUSTRIAL HERD

С.И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.К. Карапетян¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И.Ю. Даниленко¹, магистр

М.В. Струк², кандидат сельскохозяйственных наук, директор

Е.В. Корнилова³, кандидат сельскохозяйственных наук

S.I. Nikolaev¹, A.K. Karapetyan¹, I.Yu. Danilenko¹, M.V. Struk², E.V. Kornilova³

1 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет

2 ЗАО «Птицефабрика Волжская»

3 НИЦ «Черкизово»

1 Volgograd State Agrarian University

2 Poultry Factory Volzhskaya

3 Scientific Research Center "Cherkizovo"

Актуальным в области кормления птицы на сегодняшний день является поиск альтернативных кормовых источников. Представлены результаты применения зерна сорго сорта Камышинское 75 и зерна нута сорта Приво 1 в кормлении кур-несушек промышленного стада кросса «Хайсекс коричневый». Исследования были проведены в условиях ЗАО «Птицефабрика Волжская» Среднеахтубинского района Волгоградской области в период с 2013 по 2017 гг. При

проведении первого научно-хозяйственного опыта по изучению влияния нута волгоградской селекции взамен подсолнечного жмыха в комбикормах на продуктивные качества кур-несушек были получены положительные результаты. Так, у птицы опытной группы по сравнению с аналогами из контрольной повысилась яичная продуктивность на 4,49 %, масса яйца – на 3,74 %, при этом расход комбикорма на 10 яиц снизился на 6,45 %. Экономический эффект от использования зерна нута в опытной группе составил 4587,22 рублей. В ходе проведения второго научно-хозяйственного опыта на курах-несушках, в котором в составе комбикорма кукурузу заменяли на сорго, также был отмечен положительный результат. Так, количество снесенных яиц одной несушкой в опытной группе было выше на 1,5 %, масса яйца – на 2,0 %, затраты комбикорма на производство 10 яиц были ниже на 4,72 % по сравнению с контрольной. За счет использования сорго в составе комбикорма экономический эффект повысился на 3837,29 рублей. Таким образом, использование изучаемых нетрадиционных кормов в кормлении кур-несушек промышленного стада благоприятно влияет на продуктивность, физиологическое состояние птицы и экономическую эффективность.

Actual in the field of poultry feeding, to date, is the search for alternative feed sources. The results of application of sorghum grains of Kamyshinskoye 75 grade and chickpeas of Privo variety 1 in the feeding of laying hens of the industrial herd of the cross "Hayseks brown" are presented. The studies were carried out in the conditions of Poultry farm Volzhskaya of Sredneahhtubinsky district of the Volgograd region in the period from 2013 to 2017. When conducting the first scientific and economic experiment on studying the influence of chickpea in Volgograd selection instead of sunflower meal in mixed feeds on the productive qualities of laying hens, positive results were obtained, as in the case of the bird of the experimental group, in comparison with the analogs of the control group, egg productivity increased by 4.49% eggs by 3.74%, while the consumption of mixed fodder for 10 eggs decreased by 6.45%. The economic effect of using chickpeas in the experimental group was 4587.22 rubles. During the second scientific and economic experiment on chickens, in which corn was substituted for sorghum in the compound feed, a positive result was also noted. Thus, the number of eggs laid by one layer in the experimental group was 1.5% higher, the egg weight - 2.0%, the feed for production of 10 eggs was lower by 4.72%, compared to the control one. Due to the use of sorghum in the compound feed, the economic effect increased by 3837.29 rubles. Thus, the use of the studied non-traditional feed in the feeding of laying hens in industrial herds favorably affects the productivity, physiological condition of the poultry and economic efficiency.

Ключевые слова: сорго, кукуруза, некондиционное зерно нута, подсолнечный жмых, куры-несушки, комбикорм, яичная продуктивность.

Key words: sorghum, corn, substandard corn chickpeas, sunflower cake, laying hens, compound feed, egg production.

Введение. Одной из главных задач успешного развития агропромышленного комплекса нашей страны является обеспечение продовольственной безопасности населения [1]. Птицеводство на сегодняшний день является ключевой отраслью сельского хозяйства, которая обеспечивает население России высокопитательными и доступными продуктами питания. Для успешного развития животноводства и птицеводства необходимо оптимизировать затраты на корма, так как они составляют большую часть производственных затрат. Поэтому необходимо вести поиск нетрадиционных источников кормов, что позволит более полно использовать кормовые ресурсы и снижать себестоимость комбикормов за счет уменьшения в них дефицитных зерновых и белковых компонентов [5, 10].

В сложившихся климатических условиях Южного федерального округа одним из перспективных направлений является выращивание засухоустойчивых, высокоурожайных кормовых культур для обеспечения отраслей птицеводства и животноводства полноценными, безопасными, экологически чистыми и доступными кормами [6]. В

связи с вышесказанным следует обратить особое внимание на такие кормовые культуры, как сорго и нут. Использование данных кормовых средств взамен традиционно используемых позволяет повысить продуктивность животных и птицы, снизить затраты на корма, тем самым повысить экономическую эффективность производства [4].

Целью проведенных нами исследований являлось изучение влияния альтернативных кормовых культур (зерна сорго и нута) на яичную продуктивность кур-несушек, качество полученной от них продукции, гематологические показатели и экономическую эффективность.

Материалы и методы. С 2013-2017 гг. на ЗАО «Птицефабрика Волжская» Среднеахтубинского района Волгоградской области была проведена серия опытов по изучению влияния зерна сорго и нута волгоградской селекции на продуктивные качества кур-несушек промышленного стада. На рисунке 1 представлена общая схема исследований.

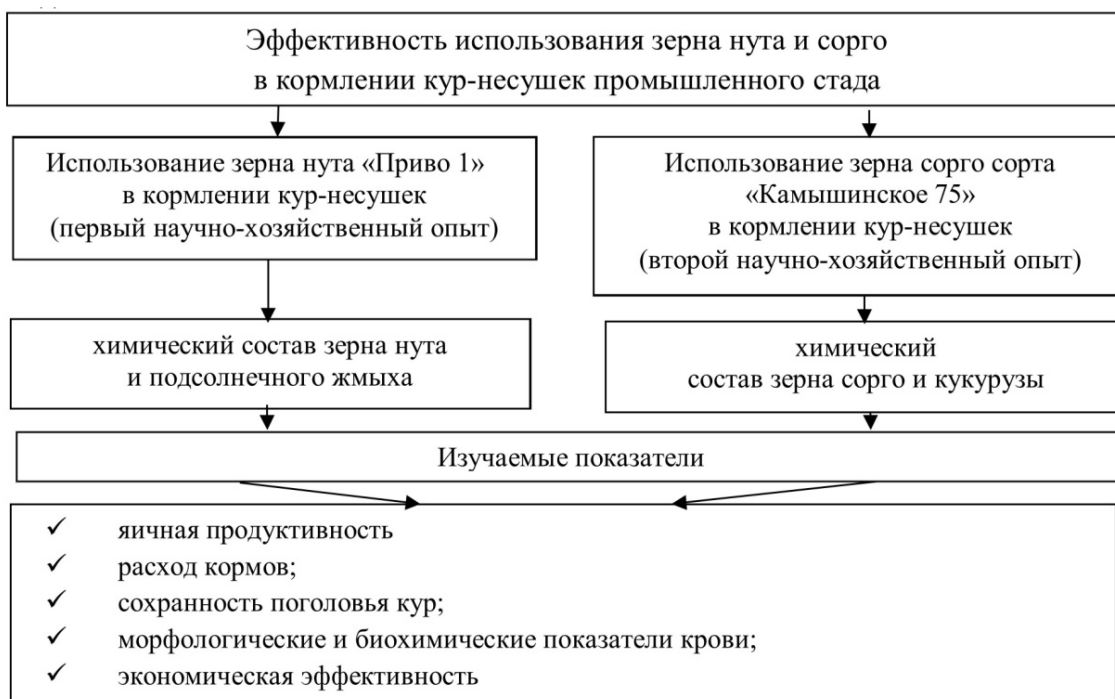


Рисунок 1– Общая схема исследований

В группы подопытную птицу подбирали согласно общепринятой методике научных исследований по методу аналогов, при этом учитывали кросс, возраст, физиологическое состояние и продуктивность.

Фронт кормления, поения, параметры микроклимата, а также условия содержания у подопытных групп птицы были одинаковыми и соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

При проведении научно-хозяйственных опытов питательность комбикормов контрольной и опытной групп была практически одинаковой и соответствовала требованию к кроссу «Хайсекс коричневый».

Результаты и обсуждение. Перед проведением первого научно-хозяйственного опыта нами был изучен химический состав жмыха подсолнечного и некондиционного зерна нута сорта Приво-1 в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» Волгоградского ГАУ.

В ходе проведенного лабораторного исследования было выявлено, что в зерне нута сырого протеина содержалось на 2,2 % меньше, чем в жмыхе подсолнечном. Сырого жира в жмыхе подсолнечном содержалось 6,2 %, что выше на 0,8 % в сравнении с зерном нута. Однако нами было отмечено, что зерно нута было богаче БЭВ по сравнению с исследуемым жмыхом подсолнечным на 6,5 %.

Далее нами на курах-несушках был проведен научно-хозяйственный опыт, результаты которого представлены ниже.

Важным показателем в яичном птицеводстве является учет яйценоскости за продуктивный период кур-несушек. Особенно важным моментом, способствующим выявлению генетического потенциала птицы и ее способности к яйцекладке, является процесс и качество кормления [7, 9]. Следует отметить, что за период опыта несушки контрольной группы в среднем снесли 321,4 штук яиц, а опытной группы – 336,5 штук яиц. Так, изучаемый показатель был выше в опытной группе на 4,5 % по сравнению с аналогами из контрольной (таблица 1).

Таблица 1 – Яйценоскость кур-несушек

Группа	Показатель						
	Получено яиц, шт.		Средняя масса яиц, г	Получено яичной массы, кг	Затраты корма, кг		
	всего	на несушку			всего	на 1 кг яйцемассы	на 10 яиц
Контрольная	17358	321,4	63,40±1,87	1100,5	2286,9	2,08	1,32
Опытная	18173	336,5	65,87±1,93	1197,05	2257,8	1,89	1,24

За период опыта средняя яичная продуктивность на несушку составила в опытной группе 336,5 штук, что было выше на 4,7 %, чем у аналогов из контрольной. В контрольной группе изучаемый показатель был на уровне 321,4 яйца.

Общеизвестно, что одним из наиболее важных показателей в зоотехническом учете считается расход кормов на единицу получаемой продукции. В нашем опыте расход кормов на 1 кг яйцемассы составил в опытной группе 1,89 кг, что было на 0,19 кг ниже, чем в контроле. Затраты комбикорма на производство 10 яиц в контроле составили 1,32 кг, в опытной – 1,24 кг, что ниже в сравнении с аналогами из контрольной группы на 0,08 кг.

Также нами были изучены морфологические показатели яиц, результаты исследований которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфологические показатели яиц

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Масса яиц, г	63,40±1,87	65,87±1,93
Масса составных частей яйца, г:		
белка	36,85±1,29	38,02±1,15
желтка	17,20±1,04	17,74±1,08
скорлупы	9,35±0,71	10,02±0,89
отношение белок/желток	2,14±0,08	2,14±0,06
Индекс, %:		
формы	74,60±0,52	75,57±0,41
белка	6,48±0,42	6,95±0,46
желтка	41,96±1,01	43,01±1,24
единицы Хау	74,40±2,56	75,51±2,6

В контрольной группе средняя масса яйца находилась на уровне 63,4 г, в опытной группе – 65,87 г, что было больше, чем в контроле на 2,47 г (3,9 %). Следует отметить, что масса белка и желтка в яйцах подопытной птицы была выше по сравнению с аналогами из контрольной группы соответственно на 1,17 г и 0,54 г.

На основании данных, полученных в ходе проведения опыта, можно сделать вывод о том, что использование зерна нута в составе комбикорма для кур-несушек промышленного стада оказало положительное действие как на количественные, так и на качественные показатели яйценоскости.

Также за период проведения опыта были изучены морфологические и биохимические показатели крови подопытной птицы с целью контроля физиологического состояния и обменных процессов, протекающих в организме птицы [3]. Изучение гематологических показателей при тестировании различных кормов и кормовых добавок в составе комбикормов имеет важное значение, так как данные показатели в полной мере свидетельствуют об изменениях, происходящих в обменных процессах организма (таблица 3).

Из приведенных в таблице 3 данных видно, что в крови птицы опытной группы по сравнению с контролем содержание эритроцитов было выше на $0,1 \cdot 10^{12}/л$, гемоглобина – на 7,54 г/л, что свидетельствует о лучшей усвояемости питательных веществ рационов, что непосредственно влияет на яйценоскость птицы.

Таблица 3 – Гематологические показатели кур-несушек ($M \pm m$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Морфологический состав		
Эритроциты, $10^{12}/л$	$3,66 \pm 0,07$	$3,76 \pm 0,08$
Гемоглобин, г/л	$99,38 \pm 2,28$	$106,92 \pm 2,05$
Лейкоциты, $10^9/л$	$30,62 \pm 0,58$	$29,76 \pm 0,64$
Биохимический состав		
Общий белок, г/л	$49,98 \pm 0,44$	$53,12 \pm 0,87$
Альбумин, г/л	$25,03 \pm 0,57$	$27,17 \pm 1,05$
Кальций, ммоль/л	$1,89 \pm 0,05$	$1,95 \pm 0,06$
Фосфор, ммоль/л	$1,67 \pm 0,13$	$1,74 \pm 0,14$
Каротин, мг/%	$0,08 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$
Витамин А, мг/%	$0,18 \pm 0,73$	$0,19 \pm 0,54$
Витамин Е, мг/%	$0,73 \pm 0,42$	$0,78 \pm 0,45$

Замена жмыха подсолнечного нутот в составе комбикорма для птицы опытной группы способствовала повышению в крови уровня общего белка по сравнению с контрольной группой на 6,28 %. Важно отметить, что сохранность поголовья в подопытных группах находилась на уровне 100 %. Экономическая эффективность использования нута в составе комбикорма приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Экономическая эффективность использования нута в кормлении кур-несушек

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество голов	54	54
Валовое производство яиц, шт.	17358	18173
Стоимость израсходованных комбикормов, руб.	28 334,69	26 732,35
Экономия затрат на корма, руб.	-	1602,34
Валовой доход, руб.	95 764,08	100 351,30
Экономический эффект за счет использования некондиционного зерна нута, руб.	-	4587,22

Анализ полученных данных свидетельствует о положительном влиянии использования нута взамен подсолнечного жмыха в кормлении кур-несушек. Так, замена подсолнечного жмыха на нут способствовала удешевлению 1 кг комбикорма на 0,55 руб. Экономический эффект в опытной группе достиг 4587,22 рублей, благодаря чему использование нута взамен подсолнечного жмыха экономически целесообразно.

Таким образом, необходимо заменять традиционно используемый подсолнечный жмых на некондиционное зерно нута волгоградской селекции в комбикормах для птицы, что будет способствовать повышению экономической эффективности и рентабельности отрасли птицеводства.

Перед проведением второго научно-хозяйственного опыта на курах промышленного стада в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» нами были изучены химический и аминокислотный составы зерна кукурузы и сорго (рисунок 2).

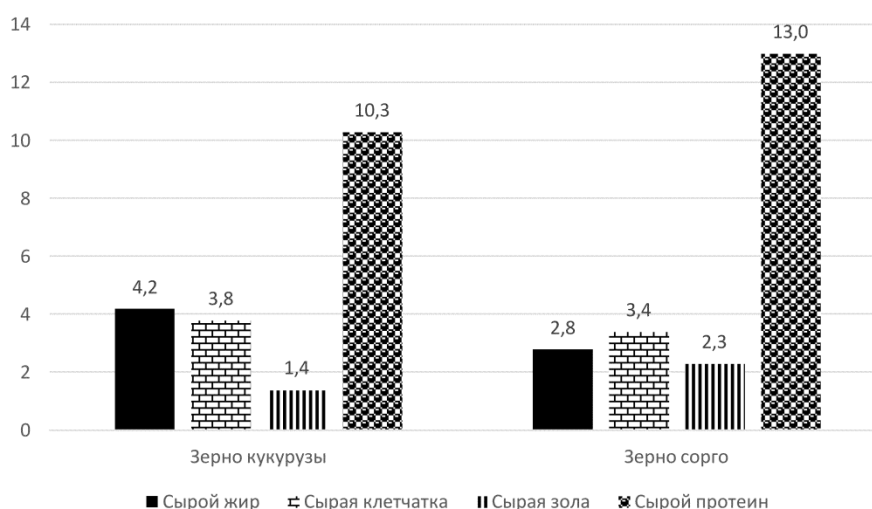


Рисунок 2 – Химический состав зерна кукурузы и сорго, %

Анализ данных сравнительного химического состава зерна кукурузы и сорго показывает, что влажность данных компонентов комбикорма находилась в пределах нормы. Однако следует отметить, что содержание сырого протеина было выше в зерне сорго по сравнению с зерном кукурузы на 2,7 %. Аналогичная закономерность наблюдалась и по содержанию минеральных веществ, в сорго оно было выше в сравнении с зерном кукурузы на 0,9 %.

Сравнительный аминокислотный состав данных кормов показал, что сумма аминокислот в зерне сорго была выше, чем в зерне кукурузы на 0,03 %.

Таким образом, по химическому и аминокислотному составам зерно сорго сорта Камышинское 75 не уступает зерну кукурузы.

Яйценоскость – один из важных показателей, используемых в птицеводстве и определяющих продуктивность птицы. Этот показатель напрямую связан с развитием и физиологическим состоянием органов размножения несушек, наследственных свойств, а также с условиями кормления и содержания (таблица 5).

Таблица 5 – Яйценоскость кур-несушек

Группа	Показатель						
	Получено яиц, шт.		Средняя масса яиц, г	Получено яичной массы, кг	Затраты корма, кг		
	всего	на несушку			всего	на 1 кг яйцемассы	на 10 яиц
Контрольная	17328	320,9	64,52±1,87	1118,0	2300,4	2,06	1,33
Опытная	17593	325,8	65,84±1,95	1158,32	2236,04	1,93	1,27

Результаты проведенного опыта показали, что у птицы опытной группы, получавшей в составе комбикорма зерно сорго сорта Камышинское 75 взамен зерна кукурузы, в среднем на одну несушку за период опыта количество снесенных яиц составило 325,8 штук.

За период опыта от несушек контрольной группы было получено 17 328 штук яиц, опытной – 17 593 штук, разница составила 265 штук яиц. На несушку было получено в контрольной группе 320,9 яиц, в опытной на 1,53 % больше, что составило 325,8 штук.

Масса яйца является главным показателем, который непосредственно связан не только с его питательной ценностью, но и с показателями яйценоскости [2]. Средняя масса яйца составила в контрольной группе 64,52 г, в опытной – 65,84 г, превысив показатель контрольной на 1,32 г или 2,05 %.

От птицы контрольной группы было получено яичной массы 1118,0 кг, а опытной – 1158,32 кг, разница составила 40,32 кг.

Затраты корма на единицу продукции в опытной группе были ниже, чем в контрольной. Затраты корма на 1 кг яйцемассы в контрольной группе составили 2,06 кг, в опытной группе – 1,93 кг, что было ниже, чем в контроле на 0,13 кг. Затраты корма на 10 штук яиц в опытной группе составили 1,27 кг и были ниже на 0,06 кг, чем в контрольной группе.

Нами было изучено влияние зерна сорго на основные морфологические показатели пищевых яиц (таблица 6).

Таблица 6 – Морфологические показатели яиц

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Масса яиц, г	64,52±1,89	65,84±1,96
Масса составных частей яйца, г:		
белка	38,3±1,29	39,87±1,15
желтка	19,9±1,03	19,45±1,06
скорлупы	6,32±0,72	6,52±0,71
отношение белок/желток	1,92±0,09	2,04±0,06
Индекс, %		
формы	74,63±0,54	75,58±0,42
белка	6,47±0,41	6,97±0,47
желтка	41,98±1,09	43,12±1,28
единицы Хау	74,43±2,58	75,59±2,63

Основные параметры, предъявляемые к морфологическим показателям пищевых яиц, были в пределах нормы.

Масса белка яиц кур контрольной группы составила 38,3 г, опытной – 39,87 г, при этом разница в пользу опытной группы была 1,57 г.

В наших исследованиях наблюдалась тенденция к увеличению массы скорлупы в опытной группе. Так, масса скорлупы яиц в контрольной группе составила 9,8 г, в опытной – 9,91 г, превысив показатель аналогов контрольной группы на 0,11 г.

Исходя из вышеприведенных данных можно сделать вывод, что введение в состав комбикорма зерна сорго взамен зерна кукурузы оказало положительное влияние на среднюю массу яиц.

В контрольной группе отношение белка к желтку составило 1,92 %, в опытной – 2,05 %.

Единицы Хау характеризуют качество белка, в нашем опыте данный показатель был выше на 1,16 в пользу опытной группы. Индекс формы в контрольной группе составил 74,63 %, в опытной – 75,58 %, что было на 0,95 % выше, чем в контроле; индекс белка

в контрольной группе составил 6,47 %, в опытной – 6,97 %, что было выше на 0,5 % в сравнении с аналогами контрольной группы; индекс желтка в контрольной группе составил 41,98 %, в опытной – 43,12 %, превысив показатель контрольной группы на 1,14 %.

Контроль полноценности кормления кур проводят на основании изучения гематологических показателей крови [3]. Кровь выполняет важную роль в организме птицы, так как она осуществляет перенос питательных веществ к органам и тканям.

При правильном и полном удовлетворении организма птицы всеми необходимыми питательными веществами морфо-биохимический состав крови постоянен. Данные морфологических и биохимических показателей крови кур-несушек приведены в таблице 7.

В наших исследованиях было установлено повышение концентрации эритроцитов в опытной группе на $0,09 \cdot 10^{12}/л$ по сравнению с контролем, что свидетельствует о более интенсивном протекании обменных процессов, происходящих в организме птицы.

Таблица 7 – Морфологический и биохимический составы крови кур-несушек ($M \pm m$)

Группа	Показатель									
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, $10^9/л$	Общий белок, г/л	Альбумин, г/л	Кальций, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Каротин, мг/%	Витамин А, мг/%	Витамин Е, мг/%
Контрольная	3,64 $\pm$	99,37 $\pm$	31,60 $\pm$	49,98 $\pm$	22,04 $\pm$	1,88 $\pm$	1,64 $\pm$	0,07 $\pm$	0,19 $\pm$	0,73 $\pm$
	0,09	2,30	0,59	0,43	0,57	0,08	0,15	0,02	0,79	0,43
Опытная	3,73 $\pm$	102,92 $\pm$	30,81 $\pm$	51,13 $\pm$	24,18 $\pm$	1,94 $\pm$	1,75 $\pm$	0,09 $\pm$	0,22 $\pm$	0,79 $\pm$
	0,10	2,05	0,67	0,87	1,08	0,06	0,17	0,03	0,59	0,51

Результаты исследований показали, что улучшились дыхательные свойства крови. Так, концентрация гемоглобина в крови кур-несушек контрольной группы – 99,37 г/л, опытной группы – 102,92 г/л, что на 3,55 г/л выше, чем в контрольной группе.

Содержание лейкоцитов в сыворотке крови кур-несушек составило $31,60 \cdot 10^{12}/л$ в контрольной группе, в опытной группе – $30,81 \cdot 10^{12}/л$, что ниже на $0,79 \cdot 10^{12}/л$, чем у аналогов контрольной.

Содержание общего белка составило в контрольной группе 49,98 г/л, опытной – 51,13 г/л, что выше в сравнении с контрольной группой на 1,15 г/л.

Содержание в крови кальция у кур-несушек контрольной группы составило 1,88 ммоль/л, в опытной группе этот показатель превышал аналогов из контрольной группы на 0,06 ммоль/л; содержание фосфора в крови кур-несушек контрольной группы составило 1,64 ммоль/л, опытной – 1,75 ммоль/л, что выше в сравнении с контрольной на 0,11 ммоль/л. Содержание каротина в крови кур-несушек контрольной группы – 0,07 мг/%, опытной – 0,09 мг/%, разница 0,02 мг/%. Содержание витаминов А и Е в крови кур-несушек контрольной группы составило соответственно 0,19 и 0,73 мг/%, в опытной – 0,22 и 0,79 мг/л соответственно, разница в пользу опытной группы составила 0,03 и 0,06 мг/л.

Таким образом, использование зерна сорго взамен зерна кукурузы в составе комбикорма для кур-несушек оказало стимулирующее воздействие на процессы кроветворения в организме птицы. Это говорит о том, что в обмене веществ не наблюдалось каких-либо нарушений, и свидетельствует о полноценности кормления подопытной птицы.

Использование зерна сорго взамен зерна кукурузы в составе комбикорма для кур-несушек способствовало снижению стоимости израсходованных комбикормов на 2216,42 рублей. Экономический эффект за счет использования зерна сорго в рационе кур-несушек составил 3837,29 рублей (таблица 8).

Таблица 8 – Экономическая эффективность использования зерна сорго в кормлении кур-несушек

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество голов	54	54
Валовое производство яиц, шт.	17 328	17 593
Яйценоскость на среднюю несушку, шт.	320,9	325,8
Стоимость израсходованных комбикормов, руб.	28 870,02	26 653,6
Валовой доход, руб.	95 633,23	97 254,10
Экономический эффект за счет использования сорго, руб.	-	3837,29

Заключение. Таким образом, полная замена подсолнечного жмыха на некондиционное зерно нута сорта «Приво 1» в составе комбикорма для кур-несушек оказала положительное влияние на яичную продуктивность. Так, от птицы контрольной группы было получено 321,4 яиц на несушку, а в опытной группе – 336,5 штук, что было больше на 4,7 %, чем в контрольной. В контрольной группе средняя масса яйца составила 63,4 г, в опытной – 65,87 г, что было выше, чем в контрольной группе на 3,9 %, затраты корма на производство 10 яиц в опытной группе были на 6,06 % ниже, чем в контрольной. Полная замена зерна кукурузы на зерно сорго сорта «Камышинское 75» также положительно отразилась на яичной продуктивности кур-несушек и морфологических показателях яиц. За период опыта от кур опытной группы было получено на 265 штук яиц больше, чем в контрольной. На несушку было получено в опытной группе 325,8 яиц, в опытной – 320,9 яиц, что было выше, чем в контроле на 1,53 %. В контрольной группе средняя масса яйца составила 64,52 г, в опытной – 65,84 г, и была выше, чем в контрольной группе на 2,05 %. Следует отметить, что затраты корма на 10 яиц в опытной группе составили 1,27 кг и были ниже на 4,51 %, чем в контрольной группе.

Однако введение зерна нута и зерна сорго в состав комбикорма для кур-несушек способствовало улучшению процессов кроветворения, что свидетельствует о полноценности кормления подопытной птицы. Экономический эффект от использования данных кормовых средств составил в первом опыте – 4587,22 рублей, во втором опыте – 3837,29 рублей.

Таким образом, использование сорго и некондиционного зерна нута в кормлении кур-несушек позволит сохранить их продуктивность и существенно снизить стоимость комбикорма.

Библиографический список

1. Водяников, В.И. Экологические проблемы животноводческих комплексов [Текст]/ В.И. Водяников, В.В. Шкаленко // Экологические, генетические, биотехнологические проблемы и их решение при производстве и переработке продукции животноводства: материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград: ООО «Сфера», 2017. – С. 153-157.
2. Липова, Е.А. Использование белково-витаминно-минеральных концентратов в яичном птицеводстве [Текст]/ М.А. Шерстюгина, Е.А. Липова // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 306-309.

3. Липова, Е.А. Премиксы и БВМК в кормлении птицы [Текст]/ Е.А. Липова, А.К. Карапетян // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 292-295.

4. Чехранова, С.В. Физиологические показатели коров при использовании в рационах зерна сорго и нута [Текст]/ С.В. Чехранова // Аграрная наука: поиск, проблемы, решения: материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 226-229.

5. Чехранова, С.В. Использование зерна сорго и нута волгоградской селекции в кормлении коров [Текст]/ С.В. Чехранова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: сборник I международной научно-практической интернет-конференции. – с. Солёное Займище: Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2016. – С. 3303-3306.

6. Шерстюгина, М.А. Использование белоксодержащей кормовой добавки "Горlinka" в кормлении сельскохозяйственной птицы [Текст]/ М.А. Шерстюгина // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей. – Барнаул: Алтайский ГАУ, 2017. – С. 215-216.

7. Шерстюгина, М.А. Отходы маслоперерабатывающей промышленности - наполнители премиксов [Текст]/ Шерстюгина М.А. // Аграрная наука – сельскому хозяйству сборник. – Барнаул: Алтайский ГАУ, 2016. – С. 205-206.

8. Genetic Analyses of Egg Quality in Khorasan Razavi Native Fowl Using the Bayesian Method / Z. Kheirkhah, S. Hassani, S. Zerehdaran, M. Ahani Azari, M.H. Sekhavati, M. Salehinasab // Poultry Science Journal. – 2017. – № 5(2). – P. 113-121.

9. Hadavi, A. Effects of Fennel Extract on Egg Production, Antioxidant Status and Bone Attributes of Laying Hens Administered Carbon Tetrachloride / Hadavi, H. Kermanshahi, H. Nassiri Moghaddam, A. Golian // Poultry Science Journal. – 2017. – № 5 (2). – P. 165-171.

10. Widodo, A.E. Response of Broiler Chickens to Triticale-Based Diets Supplemented with Microbial Enzymes (2. Microbial Profiles and Activities) / A.E. Widodo, J.V. Nolan, M. Akter, H.M. O'Neill, P.A. Iji // Poultry Science Journal. – 2018. – № 6 (1). – P. 41-50.

Reference

1. Vodyannikov, V. I. Jekologicheskie problemy zhivotnovodcheskih kompleksov [Текст]/ V. I. Vodyannikov, V. V. Shkalenko // Jekologicheskie, geneticheskie, biotehnologicheskie problemy i ih reshenie pri proizvodstve i pererabotke produkciy zhivotnovodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd: ООО «Sfera», 2017. - S. 153-157.

2. Lipova, E. A. Ispol'zovanie belkovo-vitaminno-mineral'nyh koncentratov v yaichnom pti- cevodstve [Текст]/ M. A. Sherstyugina, E. A. Lipova // Strategicheskoe razvitie APK i sel'skih terri- torij RF v sovremennyh mezhdunarodnyh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy konferencii. – Volgograd: Volgogradskij, 2015. - S. 306-309.

3. Lipova, E. A. Premiksy i BVMK v kormlenii pticy [Текст]/ E. A. Lipova, A. K. Karapetyan // Strategicheskoe razvitie APK i sel'skih territorij RF v sovremennyh mezhdunarodnyh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2015. - S. 292-295.

4. Chehranova, S. V. Fiziologicheskie pokazateli korov pri ispol'zovanii v racionah zerna sorgo i nuta [Текст]/ S. V. Chehranova // Agrarnaya nauka: poisk, problemy, resheniya: materialy Mezhdunarod- noj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2015. - S. 226-229.

5. Chehranova, S. V. Ispol'zovanie zerna sorgo i nuta volgogradskoj selekcii v kormlenii ko- rov [Текст]/ S. V. Chehranova // Sovremennoe jekologicheskoe sostoyanie prirodnoj sredy i nauchno- prakticheskie aspekty racional'nogo prirodopol'zovaniya: sbornik I mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy internet-konferencii. - s. Solenoe Zajmische: Prikaspijskij nauchno-issledovatel'skij in- stitut aridnogo zemledeliya, 2016. - S. 3303-3306.

6. Sherstyugina, M. A. Ispol'zovanie beloksoderzhashej kormovoj dobavki "Gorlinka" v kormlenii sel'skohozyajstvennoj pticy [Текст]/ M. A. Sherstyugina // Agrarnaya nauka - sel'skomu ho- zyaystvu: sbornik statej. - Barnaul: Altajskij GAU, 2017. - S. 215-216.

7. Sherstyugina, M. A. Othody maslopererabatyvayuschej promyshlennosti - napolniteli premiksov [Tekst] / Sherstyugina M. A. // Agrarnaya nauka - sel'skomu hozyajstvu sbornik . - Barnaul: Altajskij GAU, 2016. - S. 205-206.

8. Genetic Analyses of Egg Quality in Khorasan Razavi Native Fowl Using the Bayesian Method / Z. Kheirkhah, S. Hassani, S. Zerehdaran, M. Ahani Azari, M.H. Sekhavati, M. Sale-hinasab // Poultry Science Journal. - 2017. - № 5(2). - R. 113-121.

9. Hadavi, A. Effects of Fennel Extract on Egg Production, Antioxidant Status and Bone Attributes of Laying Hens Administered Carbon Tetrachloride / Hadavi, H. Kermanshahi, H. Nassiri Moghaddam, A. Golian // Poultry Science Journal. - 2017. - № 5 (2). - R. 165-171.

10. Widodo, A.E. Response of Broiler Chickens to Triticale-Based Diets Supplemented with Microbial Enzymes (2. Microbial Profiles and Activities) / A.E. Widodo, J.V. Nolan, M. Akter, H.M. O'Neill, P.A. Iji // Poultry Science Journal. - 2018. - № 6 (1). - R. 41-50.

E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

УДК 637.524.26

**ОБОГАЩЕНИЕ МЯСНОГО ХЛЕБА
ОРГАНИЧЕСКИМИ ФОРМАМИ ЙОДА И СЕЛЕНА
ENRICHMENT OF MEAT BREAD BY ORGANIC FORMS
OF IODINE AND SELENIUM**

В.Н. Храмова, доктор биологических наук

Д.С. Матренина, магистрант

V.N. Hramova, D.S. Matrenina

Волгоградский государственный технический университет

Volgograd State Technical University

Концепция оптимального питания предполагает в качестве одного из важнейших условий сохранения здоровья человека адекватную обеспеченность его организма как микро-, так и макронутриентами. К числу элементов, дефицит которых выявляется наиболее часто, относятся селен и йод, играющие важную роль в течении многих биохимических процессах в организме. Единственным и быстрым путем решения задачи коррекции недостаточности селена и йода является применение селено- и йодосодержащих добавок, предназначенных для введения их в состав пищевых продуктов, в виде измельченной муки. К сожалению, население России в значительной степени подвержено патологическому влиянию селено-йодного дефицита. Щитовидная железа (ЩЖ) является одним из важных органов, который синтезирует жизненно необходимые всем клетки организма гормоны. От её состояния и эффективности действия гормонов зависит общее здоровье, качество и продолжительность жизни. Патология во многом зависит от генетической предрасположенности факторов внешней среды: экологии, рациона питания, дефицита микроэлементов (йод, селен), витаминов, курения и др. Мясо и мясные продукты являются одним из наиболее популярных продуктов питания у россиян, поэтому обогащение их селеном и йодом актуально и целесообразно.

The concept of optimal nutrition presupposes as one of the most important conditions for the preservation of human health adequate security of his organism, both micro and Makronutrientami. Among the elements, the deficit of which is most often, is selenium and iodine, which play an important role in the course of many biochemical processes in the body. The only and fastest way to solve the problem of correction of insufficiency of selenium and iodine is the use of rural and jodosoderzhashhih additives in the form of crushed flour, intended for ingestion or introduction of them into the composition of food products. Unfortunately, the population of Russia is largely prone to pathological influence of the selenium-iodine deficit. The thyroid gland (thyroid) is one of the important organs that synthesizes the vitally necessary cells of the body's hormones. Overall health, quality and life expectancy depend on its condition and efficacy of hormones. Pathology in many re-

spects depends on genetic predisposition, factors of an external environment-ecology, a diet, deficiency of microelements (iodine, selenium), vitamins, smoking, etc. Meat and meat products are one of the most popular food products among Russians, so the enrichment of their selenium and iodine is actual and expedient.

Ключевые слова: мясной хлеб, йод, селен, органические формы, обогащение, дефицит, микронутриенты и макронутриенты.

Key words: Meat bread, iodine, selenium, organic forms, enrichment, deficit, micronutrients and makronutrienty.

Введение. Важным условием для усвоения йода является соблюдение баланса общего присутствия в организме йода и селена. Селен в качестве активного центра выступает в таких селеноцистеиновых ферментах, как дийодиназы. Они принимают активное участие в деятельности работы щитовидной железы. Их главная цель заключается в трансформации тетраiodтиронина в активный тиреоидный гормон трийодтиронин. Только при таких обстоятельствах становится вероятным успешная работа щитовидной железы [12].

Согласно сведениям WHO, недостаток йода испытывают более 1,5 млрд жителей планеты в 153 странах мира. В России ИДЗ страдают более 35 % населения, из которых 10-15 % приходится на городских жителей. Установлено, что в нашей стране недостаток йода в природе является одной из основных природоохранных трудностей. В соответствии с врачебной статистикой, фактическое среднее потребление йода на человека составляет 40-80 мкг/сутки, в то время как физиологическая потребность в нем для взрослых составляют 150 мкг/сутки, верхний допустимый уровень – 600 мкг/сутки [13].

По рекомендациям WHO, UNICEF и ICCIDD была установлена физиологическая суточная потребность йода по возрастным категориям:

- дети до 1 года – 50 мкг;
- дети от 2 до 6 лет – 90 мкг;
- дети от 7 до 12 лет – 120 мкг;
- молодые люди от 12 лет и старше – 150 мкг;
- беременные и в период грудного кормления – 200 мкг;
- люди пожилого возраста – 100 мкг [6].

Используя данные о распространении и клинических проявлениях недостатка йода в организме, Международным советом по борьбе с йоддефицитными заболеваниями были выделены три степени тяжести йодной недостаточности [3]. Легкая - встречается у 10-30 % населения на территориях с йодной недостаточностью и характеризуется увеличением щитовидной железы (зоб), гипотериоз и кретинизм отсутствуют; средняя – частота появления зоба до 50 % возможны случаи гипотериоза; тяжелая – частота зоба может достигать почти 100 %, кретинизм встречается с частотой от 1 до 10 % [8].

О недостатке йода говорит состояние кожи: она становится сухой, утрачивает эластичность, обретает восковый оттенок. Из-за патологии обмена веществ, в котором также принимают участие гормоны щитовидной железы, появляется избыточный вес. Происходит нарушение в работе кишечника, проявляющееся в виде запора. При выраженном йоддефиците страдает сердечно-сосудистая система, снижается артериальное давление, появляются аритмии. С течением времени нехватка йода может стать причиной увеличения щитовидной железы (эпидемический зоб), которая начинает сдавливать органы, расположенные рядом, вызывая тем самым кашель, препятствие глотания и приступы удушья [2].

Дефицит селена сопровождается понижением иммунитета, усилением неблагоприятных свободно-радикальных процессов, риском активации тиреоидных аутоиммунных реакций. Селен является антиоксидантом, он защищает витамин Е от деградации, воздей-

ствует на иммунную систему, способствует выведению свободных радикалов, принимает участие в контроле над выработкой антител. Его недостаток способствует аденомы простаты, мужского бесплодия, снижает подвижность сперматозоидов, повышает чувствительность и различным инфекционным заболеваниям. Чем меньше его потребление (концентрация в крови ниже 45 мкг/л), тем выше вероятность выявления случаев рака, прежде всего желудка, простаты толстого кишечника, молочной железы [1].

Материалы и методы. Наиболее распространённым методом решения проблемы недостатка йода и селена является обогащение мяса и мясных продуктов. С одной стороны, улучшаются органолептические свойства продукта. С другой стороны, происходит обогащение компонентами, обладающими физиологической функциональностью. Таким образом, изменение химического состава продукта, призванное увеличить его полезность с целью сохранения здоровья, необходимо рассматривать как главный путь создания продуктов функционального питания [9].

Использование в производстве мясных хлебов, проращенных на растворах неорганических йод- и селенсодержащих солей семян нута, даст возможность получить готовый продукт с повышенным содержанием йода и селена, а также витаминов группы В, А, С и Е, необходимыми в ежедневном питании. Исследования проводились в Волгоградском государственном техническом университете на кафедре «Технология пищевых производств» и лаборатории ГНУ НИИММП. Целью работы являлось создание рецептуры функциональных мясных хлебов для профилактики йодо- и селенодефицита, а также анализ влияния растительного компонента на структурно-механические свойства фарша, органолептические характеристики продукта и его пищевую ценность.

Полезность нута определена содержанием в нем огромного количества полезных веществ и витаминов. В этом виде бобовых содержится клетчатка, витамины Р, Е, А, С и многие витамины группы В. Среди всех других культур в семенах нута самое большое содержание метионина - аминокислоты, необходимой для синтеза холина, цистеина и адреналина. Эта аминокислота препятствует ожирению печени, улучшая ее функциональность, восстанавливает уровень холестерина и даже выступает в роли антидепрессанта. Семена нута содержат около 80 полезных веществ. Селен, который присутствует в нуте, продлевает молодость, улучшает мозговую деятельность и предохраняет от возникновения онкологических заболеваний. Наравне с селеном нут содержит фосфор, кальций, калий, магний, марганец, железо, бор и кремний [11].

Результаты и обсуждение. Подготовку растительного компонента вели в следующей последовательности. Нут промывали в прохладной воде, удаляли загрязнения, а затем проращивали на растворах йодида калия и селенита натрия, соблюдая необходимые параметры. В процессе проращивания нута происходит процесс органификации йода и селена, что приводит к повышению их усвоения в готовом продукте. Проращенный нут промывали водой, удаляли неорганические вещества, не перешедшие в зародыши. Далее проводили сушку нута, которая необходима для осуществления последующей стадии – измельчения. Нут измельчали на молотковой зернодробилке и просеивали через сита с магнитоуловителями. Внесение измельченного нута в гидратированном виде осуществляли на стадии составления фарша частично взамен мясного сырья. В ходе исследований было установлено, что оптимальный уровень замены мясного сырья нутотом в рецептурах мясных хлебов составляет 5 %. При увеличении доли растительного сырья в готовом продукте наблюдалась жесткая консистенция готового продукта, а также появление постороннего запаха и привкуса [10].

Непосредственно после изготовления был проведен контроль качества готовых мясных хлебов, показавший, что они по всем органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют требованиям нормативной документации. Сенсорная оцен-

ка, как известно, является одним из решающих факторов при определении качества любых пищевых продуктов, особенно новых видов изделий. Результаты сравнительной характеристики органолептических показателей мясных хлебов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели мясных хлебов

Показатель	Значение	
	контрольный образец	исследуемый образец
Внешний вид	гладкая, поверхность, прямоугольной формы	
Цвет	поверхность темно-красная, на разрезе от светло-розового до темно-красного	
Аромат	ароматный мясной, с приятной ноткой специй	
Консистенция	достаточно упругая, плотная, с хорошей структурой	достаточно упругая, плотная, с хорошей структурой, имеются едва заметные включения нута
Вкус	ярко выраженный мясной	

По органолептической оценке было отмечено следующее: исследуемый образец мясного хлеба с растительным компонентом практически не отличался от контрольного образца; по критерию консистенции имеется небольшое отклонение от нормы - имеются едва заметные включения молотого нута. Этот фактор не влияет на вкусовые качества продукта и не ухудшает его внешнего вида [4].

Внесение растительного компонента также влияет на физико-химические показатели готового продукта (таблица 2). Экспериментальным путем установлено, что внесение растительного компонента в мясной хлеб не влияет на массовую долю нитрита натрия и поваренной соли. Снижение массовой доли белка и жира в исследуемом образце обусловлено внесением наполнителя частично взамен мясного сырья.

Таблица 2 – Физико-химические показатели готового продукта

Показатель	Значение	
	контрольный образец	образец с нутом
Массовая доля белка, %	17,6±0,4	17,2±0,4
Массовая доля жира, %	22,2±0,1	19,8±0,1
Массовая доля влаги, %	45±3,0	50±1,5
Массовая доля нитрита натрия, %	0,002±0,0001	0,002±0,0001
Массовая доля поваренной соли, %	1,64±0,02	1,64±0,02
Выход готового продукта, %	88	95

Количество влаги увеличивается: введение в фарш растительных компонентов приводит к увеличению влагосвязывающей и водоудерживающей способности фарша и содержания влаги в готовом продукте. Благодаря этому, было зафиксировано повышение выхода готового продукта до 95 %.

В ФГБНУ Поволжском научно-исследовательском институте производства и переработки мясомолочной продукции проведен анализ содержания йода и селена в исследуемом и контрольном образцах мясных хлебов с целью определения степени перехода микроэлементов в готовый продукт и оптимального соотношения растворов йодида калия и селенита натрия, используемых при проращивании семян нута. Было установлено, что содержание селена и йода в исследуемом образце не превышает допустимых норм, в контрольном образце селена и йода не было обнаружено [5].

Заключение. Таким образом, использование пророщенного нута, обогащенного биодоступными формами йода и селена в рецептурах мясных хлебов дает возможность получить первоклассный продукт функциональной направленности, систематическое

употребление которого снижает риск возникновения йодо- и селенодефицита. Внедрение в производство такой технологии поможет повысить выход готовой продукции до 95 %, по сравнению с традиционным способом производства, расширить диапазон используемого сырья за счет частичной замены мясного сырья пророщенным нутом [7]. Полученный продукт удовлетворяет условиям государственной политики Российской Федерации в области здорового питания на период до 2020 года, главной проблемой, которой является развитие производства пищевых продуктов, способствующих сохранению и укреплению здоровья всевозможных групп населения.

Библиографический список

1. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания [Текст] / Е. И. Муратова, С. Г. Толстых, С.И. Дворецкий, О. В. Зюзина, Д. В. Леонов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – С. 80.
2. Горлов, И.Ф. Научно-практическое обоснование интенсификации производства конкурентноспособной продукции животноводства и комплексной ее переработки [Текст]/ И.Ф. Горлов, Т. В. Каренгина. – Волгоград: Типография «Химпром», 2002. – С. 135.
3. Горлов, И.Ф. Ресурсосберегающие технологии переработки животноводческого сырья с использованием региональных нетрадиционных продуктов растительного происхождения [Текст]/ И.Ф. Горлов, Т. В. Каренгина // Хранение и переработка сельхозсырья. – Волгоград, 2000. – С. 28.
4. Донченко, Л.В. Безопасность пищевой продукции [Текст] / Л.В. Донченко, В. Д. Надикта. – М.: Пищепромиздат, 2000. – С. 528.
5. Ипатова, Л.Г. Научное обоснование и практические аспекты применения пищевых волокон при разработке функциональных пищевых продуктов [Текст]/ Л. Г. Ипатова. – М.: 2011. – С. 49.
6. Коснырева, Л.М. Товароведение и экспертиза мяса и мясных товаров [Текст]/ Л.М. Коснырева, В.И. Криштафович, В.М. Позняковский. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – С. 320.
7. Лисицын, А.Б. Тенденции развития мировой науки о мясе [Текст] / А.Б. Лисицын // Все о мясе. – М., 2005. – С. 20.
8. Постников, С.И. Технология мяса и мясных продуктов. Раздел колбасное производство [Текст]/ С. И. Постников. – Ставрополь: СКГТУ, 2007. – С. 97.
9. Рогов, И. А. Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов [Текст]/ И.А. Рогов, Н.И. Дунченко, В.М. Позняковский. – Н.: Сибирское университетское издательство, 2007. – С. 227.
10. Рогов И. А. Биотехнология мяса и мясопродуктов [Текст]/ И.А. Рогов, А.И. Жаринов, Л.А. Текутьева. – М.: ДеЛи принт, 2009. – С. 296.
11. Рогов, И.А. Технология мяса и мясных продуктов. Книга 2. Общая технология мяса [Текст] / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Т.М. Казюлин. – М.: Колос, 2009. – С. 711.
12. Скурихин, И.М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания [Текст]/ И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2007. – С. 276.
13. Скурихин, И.М. Химический состав российских пищевых продуктов [Текст]/ И.М. Скурихина, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2002. – С. 236.

Reference

1. Avtomatizirovannoe proektirovanie slozhnyh mnogokomponentnyh produktov pitaniya [Tekst] / E. I. Muratova, S. G. Tolstyh, S. I. Dvoreckij, O. V. Zyuzina, D. V. Leonov. - Tambov: Izd-vo FGBOU VPO "TGTU", 2011. - S. 80.
2. Gorlov, I. F. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie intensifikacii proizvodstva konkurentnosposobnoj produkcii zhivotnovodstva i kompleksnoj ee pererabotki [Tekst]/ I. F. Gorlov, T. V. Karengina. - Volgograd: Tipografiya "Himprom", 2002. - S. 135.
3. Gorlov, I. F. Resursosberegayushchie tehnologii pererabotki zhivotnovodcheskogo syr'ya s ispol'zovaniem regional'nyh netradicionnyh produktov rastitel'nogo proisxozhdeniya [Tekst]/ I. F. Gorlov, T. V. Karengina // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. - Volgograd, 2000. - S. 28.

4. Donchenko, L. V. Bezopasnost' pischevoj produkcii [Tekst] / L. V. Donchenko, V. D. Nadykta. - M.: Pischepromizdat, 2000. - S. 528.
5. Ipatova, L. G. Nauchnoe obosnovanie i prakticheskie aspekty primeneniya pischevyh volokon pri razrabotke funkcional'nyh pischevyh produktov [Tekst]/ L. G. Ipatova. - M.: 2011. - S. 49.
6. Kosnyreva, L. M. Tovarovedenie i jksperitiza myasa i myasnyh tovarov [Tekst]/ L. M. Kosnyreva, V. I. Krishtafovich, V. M. Poznyakovskij. - 3-e izd., ster. - M.: Izdatel'skij centr "Akademiya", 2007. - S. 320.
7. Lisicyn, A. B. Tendencii razvitiya mirovoj nauki o myase [Tekst] / A. B. Lisicyn // Vse o myase. - M., 2005. - S. 20.
8. Postnikov, S. I. Tehnologiya myasa i myasnyh produktov. Razdel kolbasnoe proizvodstvo [Tekst]/ S. I. Postnikov. - Stavropol': SKGTU, 2007. - S. 97.
9. Rogov, I. A. Bezopasnost' prodovol'stvennogo syr'ya i pischevyh produktov [Tekst]/ I. A. Rogov, N. I. Dunchenko, V. M. Poznyakovskij. - N.: Sibirskoe universitetskoe izdatel'stvo, 2007. - S. 227.
10. Rogov I. A. Biotehnologiya myasa i myasoproduktov [Tekst]/ I. A. Rogov, A. I. Zharinov, L. A. Tekut'eva. - M.: DeLi print, 2009. - S. 296.
11. Rogov, I. A. Tehnologiya myasa i myasnyh produktov. Kniga 2. Obschaya tehnologiya myasa [Tekst] / I. A. Rogov, A. G. Zabashta, T. M. Kazyulin. - M.: Kolos, 2009. - S. 711.
12. Skurihin, I. M. Tablicy himicheskogo sostava i kalorijnosti rossijskih produktov pitaniya [Tekst]/ I. M. Skurihin, V. A. Tutel'yan. - M.: DeLi print, 2007. - S. 276.
13. Skurihin, I. M. Himicheskij sostav rossijskih pischevyh produktov [Tekst]/ I. M. Skurihina, V. A. Tutel'yan. - M.: DeLi print, 2002. - S. 236.

E-mail: fomina_d@rambler.ru

УДК 637.524.2.04

ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ КОЛБАСНЫХ ПОЛУКОПЧЕНЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

PRODUCTION OF SEMI-SMOKED SAUSAGE WITH APPLICATION OF FUNCTIONAL INGREDIENTS

А. С. Коновалова, магистрант

С.В. Шинкарева, доцент

A.S. Konovalova, S.V. Shinkareva

Волгоградский государственный технический университет

Volgograd State Technical University

Рассматривается производство полукопченых колбас с использованием растительных добавок. По принципам пищевой комбинаторики разработана рецептура полукопченых колбасных изделий с использованием функциональных ингредиентов – пророщенной на растворах йодида калия и селенита натрия чечевицы и биологически активной добавки «Кумелакт». Рассмотрено влияние функциональных ингредиентов на технологические процессы, физико-химические и органолептические показатели. При выполнении работы были рассмотрены стандартные методы исследования. Проведена органолептическая оценка исследуемого образца, определена массовая доля поваренной и нитритной соли, массовая доля влаги и жира, количество белка в готовом продукте. Результаты исследования показали положительное влияние функциональных ингредиентов в производстве полукопченых колбасных изделиях. Использование в рецептуре полукопченых колбас чечевицы, пророщенной на растворах KI и Na₂SeO₃ позволяет увеличить в продукте содержание белка, а также йода и селена. Йод благотворно влияет на работу щитовидной железы, а для лучшего его усвоения необходим селен. Чечевица придает сочность продукту, поглощает и удерживает влагу, а также повышает пищевую и биологическую ценность продукта и увеличивает выход готового продукта. БАД «Кумелакт» содержит большое количество витаминов и минералов, тем самым повышает их содержание в готовом продукте. Введение БАД «Кумелакт» в рацион питания человека стимулирует обмен веществ и кроветворение, повышает иммунитет, компенсирует витаминную и минеральную

недостаточность. Биологически активная добавка «Кумелакт» нормализует кислотно-щелочной баланс, способствует очищению организма от шлаков и интенсивному пищеварению, замедляет процессы старения. Таким образом, разработанная рецептура полукопченых колбасных изделий позволила выработать продукт с хорошими физико-химическими и органолептическими показателями, высоким содержанием йода и селена, повышенной пищевой и биологической ценностью.

The article deals with the production of semi-smoked sausages using vegetable additives. According to the principles of the food formulation designed combinatory smoked sausages using functional ingredients - sprouts in solutions of potassium iodide and sodium selenite and lentils dietary supplement "Kumelakt". The influence of functional ingredients on technological processes, physicochemical and organoleptic indices is considered. During the work, standard methods of investigation were considered. An organoleptic evaluation of the test sample was carried out, the mass fraction of the sodium chloride and nitrite salt, the mass fraction of moisture and fat, the amount of protein in the finished product was determined. The results of the study showed a positive effect of functional ingredients in the production of semi-smoked sausage products. The use of semi-smoked sausages of lentils sprouted on KI and Na₂SeO₃ solutions allows to increase the protein content, as well as iodine and selenium in the product. Iodine has a charitable effect on the functioning of the thyroid gland, selenium is needed to better assimilate it. Lentil gives juiciness to the product, absorbing and retaining moisture, and also increases the nutritional and biological value of the product and increases the yield of the finished product. Supplements "Kumelact" contains a large number of vitamins and minerals, thereby increasing their content in the finished product. Introduction of BAA "Kumelact" in the diet of a person stimulates metabolism and hematopoiesis, increases immunity, compensates for vitamin and mineral deficiency. Biologically active additive "Kumelact" normalizes the acid-base balance, helps to cleanse the body of toxins and intense digestion, slows down the aging process. Thus, the developed formulation of semi-smoked sausages made it possible to develop a product with good physico-chemical and organoleptic indicators, high iodine and selenium content, increased food and biological value.

Ключевые слова: колбасные изделия, чечевица, БАД «Кумелакт», йод, селен.

Key words: sausage products, lentils, "Kume-lact" supplements, iodine, selenium.

Введение. Полукопченые колбасные изделия традиционно пользуются особой популярностью у российских потребителей. Если раньше колбасные изделия покупались в основном в праздничные дни для застолья и считались деликатесом, то сейчас большое количество россиян употребляют их практически ежедневно. Высокий спрос на колбасы подталкивает мясоперерабатывающие предприятия расширять ассортиментный ряд. Однако вследствие введения запрета на поставки отдельных видов продовольствия и сельскохозяйственной продукции из стран, присоединившихся к санкциям против России, а также из-за резкого скачка курса валют и ухудшения общей экономической ситуации россияне были вынуждены сократить свои расходы; снизился покупательный спрос, который коснулся в том числе и повышения цен на колбасные изделия. Средние розничные цены на полукопченые колбасы с начала 2014 года выросли почти на 31 %. В сентябре 2015 года стоимость одного килограмма полукопченой колбасы составляла более 400 рублей [10].

Таким образом, для поддержания расширения ассортиментного ряда и снижения стоимости продукта возможно использование регионального сырья в производстве полукопченых колбасных изделиях. В качестве регионального сырья используются семена чечевицы. Семена чечевицы выращивают на территории Волгоградской, Саратовской и Самарской области.

В рецептурах изделий колбасных полукопченых, в качестве бобовых культур используют чечевицу. Чечевица содержит большое количество растительного легкоусвояемого белка, при этом содержание серных аминокислот и триптофана в чечевице ниже, чем в других бобовых. Семена чечевицы содержат меньше жира, чем горох и являются превосходным источником железа. Чечевица, как и все бобовые, богата микроэлементами, особенно магнием, необходимым для полноценной работы сердца и нервной системы.

В семенах чечевицы содержатся от 24 до 35 % высококачественного белка, от 48 до 60 % углеводов, от 0,6 до 2 % жира, лецитин, макро- и микроэлементы, а также витамины группы В, витамин С. Количество витамина С в проростках чечевицы увеличивается примерно в 60 раз. Возрастает содержание витамина В1, В6, биотина и фолиевой кислоты. Пророщенные семена чечевицы один из источников полноценного легкоусвояемого белка (до 35 мг/100 г).

Обогащение семян бобовых культур биодоступными формами йода и селена включает намачивание и проращивание семян, отличается тем, что в качестве исходных семян используют семена чечевицы, с целью обогащения используют раствор неорганических йод- и селенсодержащих солей с содержанием селенита натрия и йодида калия соответственно 0,1 г и 0,225 г на 1 л бидистиллированной воды, проращивание ведут при температуре 20-25 °С в течение трех дней, завершают при достижении длины проростков 4-5 мм [8].

Взамен сахара в рецептуре полукопченых колбас используется БАД «Кумелакт». Биологически активная добавка производится на территории города Волгограда Поволжским научно-исследовательским институтом производства и переработки мясомолочной продукции. Содержание в БАД натурального меда и лактулозы определило такие её функциональные свойства, как восполнение энергетических затрат организма, профилактику сердечно-сосудистых заболеваний и заболеваний центральной нервной системы, нормализацию и поддержание микробиоценоза кишечника, метаболического гомеостаза. Использование в предлагаемой БАД семян тыквы в «пробужденном», т.е. пророщенном состоянии предполагает обогащение экстрагента (меда) дополнительным количеством эссенциальных веществ [7].

Биологически активные пищевые кислоты – яблочная, янтарная – участвуют в превращении сахаров и жиров в аденозинтрифосфат, который является источником энергии, ускоряют образование желчи в печени, способствуют опорожнению желчного пузыря, обладают противовоспалительными свойствами, нормализуют выработку желудочного сока, стимулируют пищеварительные процессы. Применяемые пищевые кислоты обладают способностью улучшать усвоение железа из пищи, что важно при лечении анемий. Антиоксидантные свойства кислот усиливают углеводный обмен [7].

БАД «Кумелакт» является мощным бифидус-фактором, обладает антиоксидантными, иммуностимулирующими, противовоспалительными, бактерицидными, мягко тонизирующими и общеукрепляющими свойствами, снижает нагрузку на печень и почки, способствует продуцированию витаминов [7].

Целью работы являлась разработка усовершенствованной рецептуры полукопченых колбасных изделий. Для достижения поставленных целей необходимо решение следующих задач: подбор оптимального количественного внесения функциональных ингредиентов, определение органолептических и физико-химических показателей готового продукта.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования были проведены в лабораторных условиях кафедры «Технология пищевых производств» Волгоградского государственного технологического университета, а также в лаборатории ГНУ НИИММП с использованием общепринятых методик и оборудования.

Была разработана технология производства полукопченых колбас с использованием функциональных ингредиентов, проведены исследования физико-химических и органолептических показателей готового продукта.

Массовую долю белка определяли согласно ГОСТ 25011-81 методом Кьельдаля. Метод заключается в переводе азота аминокислот белка в аммиак путем минерализации с последующим его количественным определением. Массовую долю влаги согласно ГОСТ 9793-74 – методом высушивания навески пробы с песком до постоянной массы при темпе-

ратуре (103 ± 2) °С. Метод определения массовой доли липидов согласно ГОСТ 23042-86 основан на экстрагировании жира органическими растворителями из исследуемого образца с их последующим удалением путем высушивания экстракта до постоянной массы. Массовую долю поваренной соли определяли согласно ГОСТ 9957-2015 методом Мора – титрование иона хлора водной вытяжки мясного продукта в нейтральной среде ионами серебра в присутствии хромата калия. Определение массовой доли нитрита натрия в мясных продуктах проводят согласно ГОСТ 8558.1-78. В основе метода определения массовой доли нитрита в мясных продуктах лежит реакция Грисса – взаимодействие нитрита с реактивом Грисса в безбелковом фильтрате и последующим измерением интенсивности окраски полученного раствора на фотоэлектроколориметре. Общее микробное число определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 10444.15-94, сущность метода заключается в определении количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов посевом в агаризованные питательные среды, основан на высеве продукта или разведения навески продукта в питательную среду, инкубировании посевов, подсчете всех выросших видимых колоний.

Результаты и обсуждение. *Разработка рецептуры и технологии.* На начальном этапе работы была разработана рецептура и технология производства полукопченых колбас. Опытным путем определили количественное внесение растительного ингредиента. В таблице 1 были рассмотрены процентные соотношения растительного компонента.

Таблица 1 – Соотношение растительного ингредиента в полукопченых колбасах

Растительный ингредиент	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Чечевичная мука, %	5	10	15

В результате органолептической оценки образец 1 обладает достаточной сочностью, приятным вкусом и ароматом и красивым рисунком на разрезе. Образец 3 крошится при разрезе, рисунок на разрезе плохо просматривается, из-за того, что было внесено 15 % чечевичной муки, чечевица поглощает много влаги. Чувствуется сильный привкус чечевицы, попадаются ее зерна при пережевывании продукта. Следовательно, предпочтение было отдано образцу 1, с оптимальным соотношением растительного ингредиента.

Технологическая диаграмма производства изделий колбасных полукопченых представлена на рисунке 1. Функциональный ингредиент вносится на стадии фарше-приготовления. Чечевицу предварительно подготавливают, обогащают йодом и селеном, измельчают и гидратируют.

Обогащение семян бобовых культур биодоступными формами йода и селена включает в себя намачивание и проращивание семян, отличается тем, что в качестве исходных семян используют семена чечевицы, с целью обогащения используют раствор неорганических йод- и селенсодержащих солей с содержанием селенита натрия и йодида калия соответственно 0,1 г и 0,225 г на 1 л бидистиллированной воды, проращивание ведут при температуре 20-25°С в течение трех дней, завершают при достижении длины проростков 4-5 мм [9].

Затем сушат при температуре 20-25 °С и измельчают в муку на коллоидной мельнице с частотой вращения 8000 об./мин. Пророщенная чечевица содержит в своем составе полезные для организма микро- и макроэлементы (железо, калий, кальций, натрий, марганец, цинк, селен), рибофлавин, никотиновую кислоту. Такой богатый состав не утрачивает своих свойств даже под действием высокой температуры.

Пророщенная чечевица способствует насыщению организма жирами и углеводами. Все необходимые для здоровой жизнедеятельности организма вещества поступают в достаточном количестве, восполняя суточную норму потребления [6].

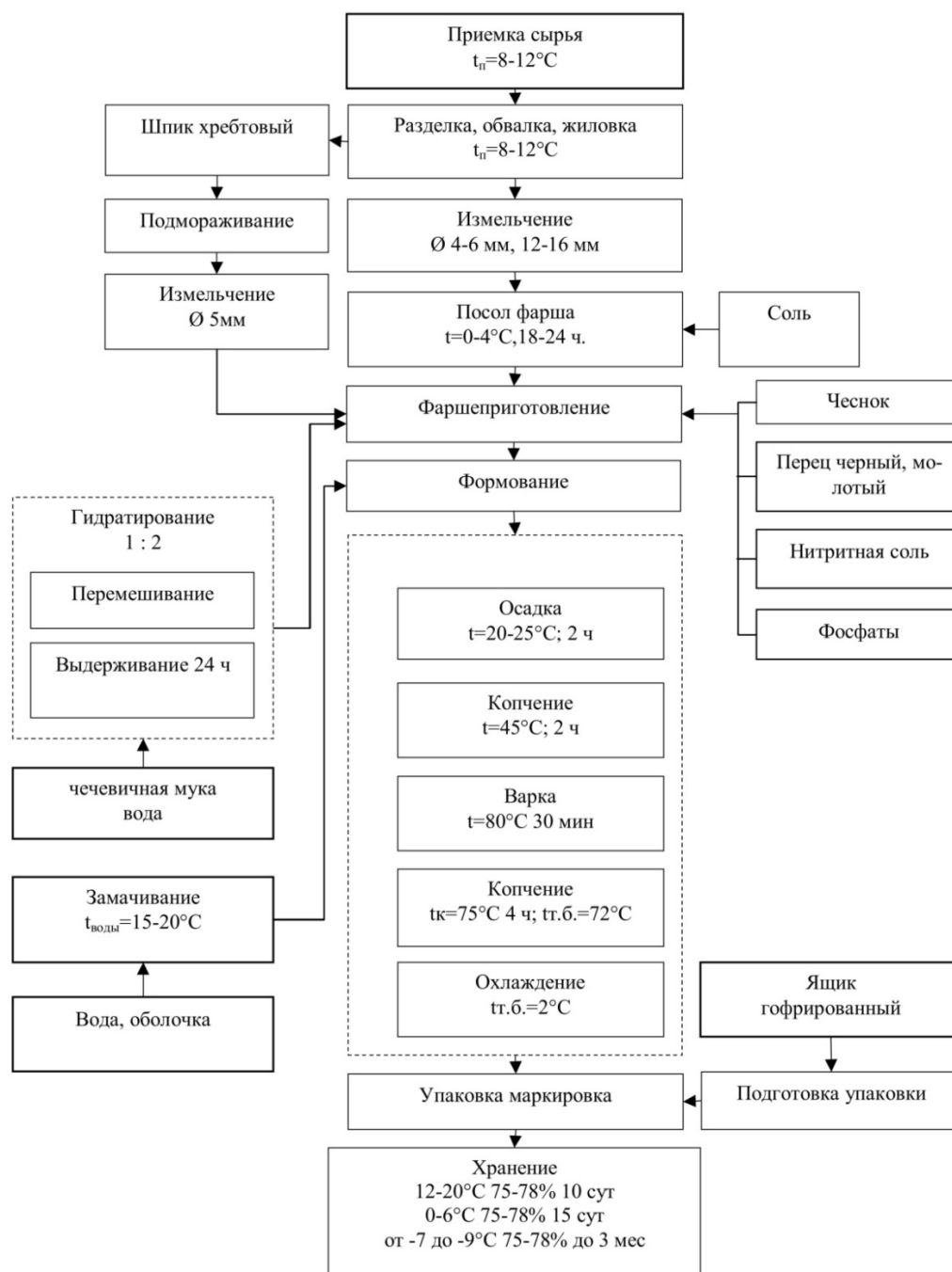


Рисунок 1 – Технологическая диаграмма производства изделий колбасных покопченных

Определение физико-химических показателей. В результате разработанной рецептуры и технологии полученные образцы подвергли физико-химическому анализу: определение массовой доли белка, жира, влаги, поваренной соли и нитрита натрия. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Применение растительного компонента увеличивает выход готового продукта за счет повышения водосвязывающей способности колбасного фарша. Высокое содержание белка в чечевице способствует повышению пищевой и биологической ценности продукта.

Таблица 2 – Физико-химические показатели полукопченых колбас

Наименование показателей качества продукции по НД	Наименование НД, регламентирующей методику испытания	Значение показателей качества по НД	Фактическое значение показателей	
			Контроль	эксперимент
Массовая доля белка, %	ГОСТ 25011-81	14	14±0,3	16±0,3
Массовая доля жира, %	ГОСТ 23042-86	46	36±0,1	32±0,1
Массовая доля влаги, %	ГОСТ 9793-74	40	40±0,2	42,5±0,2
Массовая доля поваренной соли, %	ГОСТ 9957-73	3,0	2,9±0,1	2,44±0,1
Массовая доля нитрита натрия, %	ГОСТ 8558.1-78	0,005	0,000243 ±0,001	0,000243 ±0,001

Определение начальной обсемененности. Определения ОМЧ проводилось в двух образцах: контрольном и опытном. Результаты показали, что контрольный образец содержит 10 КОЕ / г, а экспериментальный – 15 КОЕ / г. Допустимые микробиологические показатели для изделий колбасных полукопченых, не более 1000 КОЕ / г, установлены техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 034 / 2013.

Исследование динамики ОМЧ. Исследование динамики ОМЧ проводилось через 10, 15 и 90 суток после начала выдерживания готовых образцов, максимальный срок хранения – 90 суток. Результаты исследования приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета КМАФАнМ

Наименование образца	срок хранения	значение КМАФАнМ, КОЕ / г
Опытный образец	10	26
	15	27
	90	33
Контрольный	10	32
	15	36
	90	30

Допустимые микробиологические показатели для изделий колбасных полукопченых на стадии хранения не должны превышать нормативного значения. Согласно Таможенному союзу «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 034 / 2013, содержание КМАФАнМ в полукопченых колбасных изделиях не более $2,5 \cdot 10^3$ КОЕ / г.

Определение органолептических показателей готового продукта. Готовый продукт подвергли органолептическому анализу, который позволяет быстро и просто определить внешние качества готового продукта, выявить нарушения в технологии приготовления и рецептуре, что в свою очередь, даст возможность в устранении недостатков. В таблице 4 приведены органолептические характеристики изделий колбасных полукопченых.

Таблица 4 – Органолептические показатели полукопченых колбас

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Приятный, с однородной структурой
Вид на разрезе	Фарш хорошо перемешан, масса однородная, видны включения растительного ингредиента. Кусочки шпика не более 4 мм
Цвет	Темно-красный, видны включения чечевицы.
Запах	Ароматный, мясной, с приятной ноткой специй
Вкус	Ярко выраженный мясной с нотками чечевицы, без посторонних привкусов

Согласно ГОСТ 9959-2015, органолептическую оценку проводили по пятибалльной шкале. По результатам анализа была построена профилограмма, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 – Профилограмма органолептических показателей полукопченых колбасных изделий

По данным профилограммы видно, что готовый продукт имеет отличные органолептические показатели. Внесение измельченных семян чечевицы не влияет на показания органолептики.

Заключение. Таким образом, в ходе проведения экспериментальных опытов была подтверждена возможность и целесообразность использования чечевицы, пророщенной на растворах йодида калия и селенита натрия и БАД «Кумелакт». Комплексная оценка качественных характеристик экспериментальных образцов, полученных с использованием функциональных ингредиентов, подтверждает высокие сенсорные свойства, что позволит увеличить ассортимент продуктов для людей, страдающих йододефицитом. Применение растительного компонента увеличивает выход готового продукта, за счет повышения водосвязывающей способности колбасного фарша. Высокое содержание белка в чечевице способствует повышению пищевой и биологической ценности продукта.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 51479-99 «Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги» [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения 29.01.2016).
2. ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов» [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения 29.01.2016).
3. ГОСТ 9957-73. Колбасные изделия и продукты из свинины, баранины и говядины. Методы определения хлористого натрия [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения 29.01.2016).
4. ГОСТ 8558.1-78 Продукты мясные. Методы определения нитрита [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс» (дата обращения 29.01.2016).
5. Инновационные разработки лактулозосодержащих пищевых добавок и БАД [Текст]: монография / И.Ф. Горлов [и др.]; под ред. И.Ф. Горлова. – Волгоград, 2010. – 80 с.
6. Пророщенная чечевица – вегетарианский деликатес [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://kozdor.ru/odna_stat.php?id=420 (дата обращения 19.11.2017)

7. Сложенкина, М.И. Инновационная технология производства новых видов биологически активных добавок на основе меда и лактулозы [Текст]/ М.И. Сложенкина, А.А. Мосолов, С.Е. Божкова //Инновационные технологии в пищевой промышленности: сборник материалов VII междунар. науч.-практ. конф. г. Минск, 2-3 окт., 2008 г. – Минск, 2008. – Ч. 1. – С. 140-147.

8. Способ обогащения семян биодоступными формами йода и селена [Текст]: пат. 2524540 Российская Федерация МПК С 2 К 1/22 / Горлов И. Ф., Злобина Е. Ю., Стародубова Ю. В., Воронцова Е. Н., Мосолова Н. И., Бараников В. А., Хорошевская Л. В.; заявитель и потенто-обладатель ГНУ ПНИИ производства и переработки мясомолочной продукции Российской академии сельскохозяйственных наук.

9. Способ обогащения семян биодоступными формами йода и селена [Текст]: пат. 2524540 Российская Федерация МПК С 2 К 1/22 / Горлов И. Ф., Злобина Е. Ю., Стародубова Ю. В., Воронцова Е. Н., Мосолова Н. И., Бараников В. А., Хорошевская Л. В.; заявитель и потенто-обладатель ГНУ ПНИИ производства и переработки мясомолочной продукции Российской академии сельскохозяйственных наук.

10. Яковлева, А. Обзор российского рынка колбасных изделий [Текст]/ А. Яковлева // Российский продовольственный рынок. – 2016. – №1. – С. 154

Reference

1. GOST R 51479-99 “Myaso i myasnye produkty. Metod opredeleniya massovoj doli vlagi” [Elektronnyj resurs]. - Dostup iz sprav. - pravovoj sistemy “Konsul'tant plyus” (data obrascheniya 29.01.2016).

2. GOST 10444.15-94 “Produkty pischevye. Metody opredeleniya kolichestva mezofil'nyh a]robnyh i fakul'tativno ana]robnyh mikroorganizmov” [Elektronnyj resurs]. - Dostup iz sprav. -- pravovoj sistemy “Konsul'tant plyus” (data obrascheniya 29.01.2016).

3. GOST 9957-73. Kolbasnye izdeliya i produkty iz svininy, baraniny i govyadiny. Metody opredeleniya hloristogo natriya [Elektronnyj resurs]. - Dostup iz sprav. - pravovoj sistemy “Konsul'tant plyus” (data obrascheniya 29.01.2016).

4. GOST 8558.1-78 Produkty myasnye. Metody opredeleniya nitrita [Elektronnyj resurs]. - Dostup iz sprav. - pravovoj sistemy “Konsul'tant plyus” (data obrascheniya 29.01.2016).

5. Innovacionnye razrabotki laktulozosoderzhashchih pischevyh dobavok i BAD [Tekst]: monografiya / I. F. Gorlov [i dr.]; pod red. I. F. Gorlova. - Volgograd, 2010. - 80 s.

6. Proroschennaya chechevica - vegetarianskij delikates [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa http://kozdor.ru/odna_stat.php?id=420 (data obrascheniya 19.11.2017)

7. Slozhenkina, M. I. Innovacionnaya tehnologiya proizvodstva novyh vidov biologicheski aktivnyh dobavok na osnove meda i laktulozy [Tekst]/ M. I. Slozhenkina, A. A. Mosolov, S. E. Bozhkova //Innovacionnye tehnologii v pischevoj promyshlennosti: sbornik materialov VII mezhdunar. nauch. - prakt. konf. g. Minsk, 2-3 okt., 2008 g. - Minsk, 2008. - Ch. 1. - S. 140-147.

8. Sposob obogascheniya semyan biodostupnymi formami joda i selena [Tekst]: pat. 2524540 Rossijskaya Federaciya MPK S 2 K 1/22 / Gorlov I. F., Zlobina E. Yu., Starodubova Yu. V., Voron-cova E. N., Mosolova N. I., Baranikov V. A., Horoshevskaya L. V.; zayavitel' i potentoobladatel' GNU PNII proizvodstva i pererabotki myasomolochnoj produkcii Rossijskoj akademii sel'sko-hozyajstvennyh nauk.

9. Sposob obogascheniya semyan biodostupnymi formami joda i selena [Tekst]: pat. 2524540 Rossijskaya Federaciya MPK S 2 K 1/22 / Gorlov I. F., Zlobina E. Yu., Starodubova Yu. V., Voron-cova E. N., Mosolova N. I., Baranikov V. A., Horoshevskaya L. V.; zayavitel' i potentoobladatel' GNU PNII proizvodstva i pererabotki myasomolochnoj produkcii Rossijskoj akademii sel'sko-hozyajstvennyh nauk.

10. Yakovleva, A. Obzor rossijskogo rynka kolbasnyh izdelij [Tekst]/ A. Yakovleva // Ros-sijskij prodovol'stvennyj rynek. - 2016. - №1. - S. 154.

E-mail: anast.conovalova@yandex.ru

УДК 636.5.034.085:633.174

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ
И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ И СОРГО**
**COMPARATIVE CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITION
OF GRAIN OF CORN AND SORGO**

С.И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.К. Карапетян¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И.Г. Плешакова¹, соискатель

А.Н. Струк², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор

М.В. Струк³, кандидат сельскохозяйственных наук

S.I. Nikolaev¹, A.K. Karapetyan¹, I.G. Pleshakova¹, A.N. Struk², M.V. Struk³

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Племрепродуктор СП «Светлый»

³ЗАО «Птицефабрика Волжская»

¹Volgograd State Agrarian University

²Breeding productor "Svetly"

³Poultry Factory Volzhskaya

В зерне кукурузы содержание сухого вещества находилось в пределах 84,2 %, а в зерне сорго – 86,7 %. Содержание жира и клетчатки в зерне сорго было меньше по сравнению с зерном кукурузы соответственно на 0,3 % и 0,4 %. Доля минеральных веществ в зерне сорго была выше по сравнению с зерном кукурузы на 0,3 %. В зерне кукурузы данный показатель составил 1,3 %. Содержание сырого протеина как наиболее дорогостоящего компонента комбикорма в зерне сорго было на уровне 12,2 %, а в зерне кукурузы – 9,5 %. Содержание аргинина, лизина тирозина в зерне сорго было выше по сравнению с зерном кукурузы на 0,1 %. Серина в зерне сорго содержалось 0,48 %, а в кукурузе – 0,39 %. Аланина было в зерне сорго 1,04 %, а в зерне кукурузы – 0,34 %. Глутаминовой кислоты в зерне сорго было больше на 0,63 %, чем в зерне кукурузы. В зерне кукурузы данный показатель составил 1,82 %. Стоит отметить, что общее содержание аминокислот в зерне сорго было выше по сравнению с зерном кукурузы на 1,19 %. В зерне сорго по сравнению с зерном кукурузы преобладает содержание витаминов В₃, В₄ и В₅.

In corn grain, the dry matter content was within 84.2%, and in sorghum grain - 86.7%. The content of fat and fiber in sorghum grain was less than in corn grain by 0.3% and 0.4%, respectively. The share of mineral substances in sorghum grain was higher by 0.3% compared to maize corn. In corn grain, this indicator was 1.3%. The content of raw protein, as the most expensive component of mixed fodder, in sorghum grain was at the level of 12.2%, and in corn grain 9.5%. The content of arginine, tyrosine lysine in sorghum grain was higher by 0.1% compared to maize corn. Serine in sorghum grain contained 0.48%, and in corn 0.39%. Alanine was in the grain sorghum 1.04%, and in corn grain 0.34%. Glutamic acid was greater in sorghum grain by 0.63% than in corn kernels. In corn grain, this figure was 1.82%. It is worth noting that the total content of amino acids in sorghum grain was higher by 1.19% compared to maize corn. The content of vitamins B₃, B₄ and B₅ prevails in sorghum grain in comparison with corn grain.

Ключевые слова: сорго, кукуруза, химический состав, аминокислоты, витамины и минеральные вещества.

Keywords: sorghum, corn, chemical composition, amino acids, vitamins and minerals.

Введение. К качеству комбикормов сельскохозяйственных животных и птицы предъявляются высокие требования: они должны быть не только экологически безопасными, но и удовлетворять потребность в белке и энергии [5, 6]. Поэтому в рацион животным и птице включают зерновые корма, такие как кукуруза, пшеница, ячмень, овес [2]. Общеизвестно, что птица по потреблению зерна составляет достойную конкуренцию человеку [3].

В связи с этим приоритетным направлением в области кормления животных и птицы является поиск альтернативных культур, которые обладают равными или большими кормовыми достоинствами, чем традиционно используемые зерновые культуры [4]. Такой альтернативной культурой, которая может заменить зерновые, является высокоэнергетическое сорго. Оно способно давать высокие урожаи в жаркий, засушливый сезон и не предъявляет высоких требований к агротехнологическим мероприятиям.

Однако классические сорта сорго содержат танины, вяжущие свойства которых способствуют уменьшению площади всасывающей поверхности в тонком кишечнике, замедляют и снижают общую эффективность процесса всасывания в организме птицы. Учеными Волгоградской области был выведен новый сорт сорго «Камышинское 75», который характеризуется низким содержанием танинов (не более 0,4 %).

Целью исследований явилось сравнительное изучение химического, аминокислотного, витаминного и минерального составов зерна кукурузы и сорго.

Материалы и методы. В период с 2015 по 2017 гг. на факультете биотехнологий и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» был изучен химический состав зерна кукурузы (35 проб) и сорго (29 проб).

Химический состав исследуемых кормов, зерна сорго и кукурузы, определяли по методике зоотехнического анализа в соответствии с ГОСТ:

- определение влажности – ГОСТ 13496.3-92, ГОСТ Р 54951-2012;
- определение содержания азота и сырого протеина – по Кьельдалю ГОСТ Р 51417-99 (ISO5988-97);
- определение сырой клетчатки – ГОСТ 13496.2-91, ГОСТ 31675-2012;
- определение сырой золы – ГОСТ 13979.6-94.

Исследования проводились по следующим методикам:

- содержание первоначальной и гигроскопической влажности определяли путем высушивания образцов при температуре соответственно 60-65° С и 105° С до постоянной массы;
- определение массовой доли жира – путем экстрагирования диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета;
- определение сырой клетчатки – по методу Генненберга и Штомана;
- определение азота и сырого протеина – по методу Кьельдаля;
- содержание сырой золы определяли путем сжигания навески корма в муфельной печи при температуре 450-550 °С.

Аминокислотный анализ кормов проводили по разработанной ООО «Люмэкс» № ФР.1.31.2005.01499 методике с использованием аминокислотного анализатора «Капель-105».

Результаты и обсуждение. За последние несколько лет в Нижневолжском регионе зафиксировано повышение среднегодовой температуры воздуха, что приводит к частым засухам. В таких аномальных погодных условиях зерновые культуры пшеницы, овса, ячменя погибают. В связи с этим необходимо обратить внимание на использование в севооборотах и в кормопроизводстве зерна сорго, которое даже при неблагоприятных условиях дает стабильные урожаи.

В рецептуре комбикормов для животных и птицы в больших количествах применяются дорогостоящие ингредиенты комбикорма (зерно кукурузы, подсолнечный жмых) [7]. Поэтому в засушливой зоне нашего региона необходимо подбирать более дешевое зерно злаковых культур. Одной из таких культур, возделываемых в хозяйствах

Волгоградской области, является сорго кормовое, которое не уступает кукурузе по энергетической ценности и питательным веществам. Химический состав зерна кукурузы и сорго представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный химический состав зерна кукурузы и сорго, %

Содержание	Зерно	
	Кукуруза	Сорго
Воды	15,8	13,3
Сухого вещества	84,2	86,7
Сырого жира	4,3	4,0
Сырой клетчатки	3,7	3,3
Сырой золы	1,3	1,6
Сырого протеина	9,5	12,2
БЭВ	65,4	65,6

Содержание воды в данных кормовых средствах (зерне кукурузы и сорго) находилось в пределах нормы.

Продуктивность птицы приблизительно на 20-30 % зависит от уровня протеинового питания. Запасы белка в организме ограничены, поэтому дефицит протеина в рационе незамедлительно сказывается на сохранности птицы и ее продуктивности [8]. С превращением белков связаны такие процессы, как рост, развитие, размножение, передача наследственных свойств, активность ферментов, гормонов, защитные и другие функции, составляющие основу обмена веществ и энергии в организме птицы. Содержание сырого протеина было выше в зерне сорго по сравнению с зерном кукурузы на 2,7 % (рисунок 1).

В организм сельскохозяйственных животных и птицы белки должны поступать с кормом, так как их не могут заменить другие питательные вещества. Важно отметить, что жиры и углеводы могут синтезироваться при необходимости из белка.

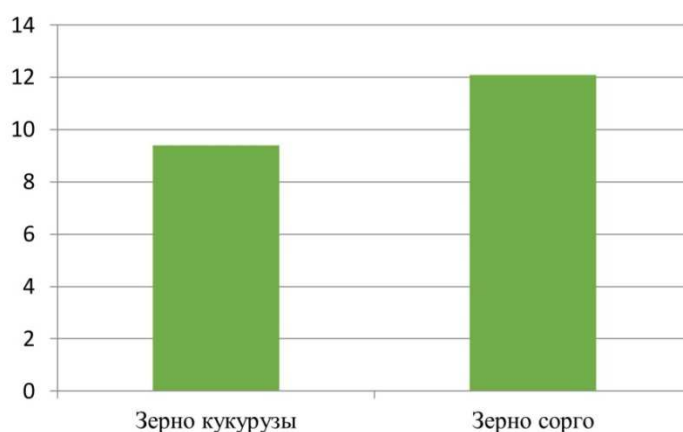


Рисунок 1 – Содержание сырого протеина в зерне кукурузы и сорго, %

Большое значение в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы отводится нормированию сырого жира в составе рационов, так как самая основная его функция – аккумуляция энергии в организме. Углеводы входят в состав клеточной оболочки, клеточного сока, плазмид, нуклеопротеидов протоплазм и клеточного ядра. Сырого жира и клетчатки в зерне сорго содержалось меньше, чем в зерне кукурузы соответственно на 0,3 % и 0,4 %. Содержание безазотистых экстрактивных веществ в зерне кукурузы и сорго было соответственно 65,4 % и 65,6 %.

Минеральные вещества играют весьма разнообразную роль в организме сельскохозяйственных животных и птицы, их недостаток вызывает такие заболевания, как рахит, остеопороз и другие, при этом снижается продуктивность и ухудшаются качественные показатели получаемой продукции. Содержание сырой золы в сорго было больше по сравнению с кукурузой на 0,3 % (рисунок 2).

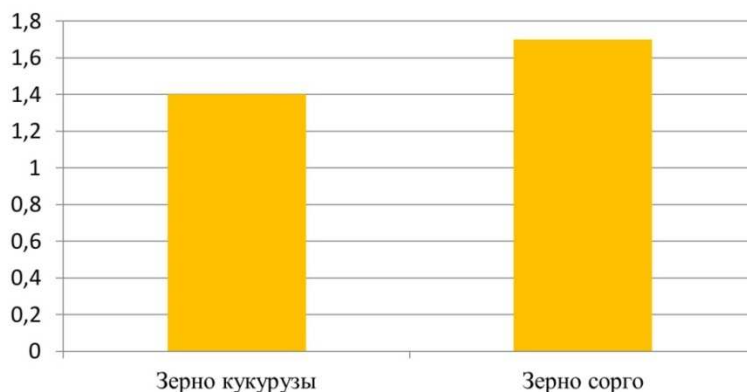


Рисунок 2 – Содержание сырой золы в зерне кукурузы и сорго, %

Корма, входящие в состав комбикорма, являются основным источником аминокислот для животных и птицы [9]. Поэтому при составлении рецептов комбикормов необходимо учитывать оптимальное количество и соотношение незаменимых аминокислот с целью удовлетворения потребности птицы и обеспечения их полноценным протеином. Общеизвестно, что важным показателем биологической ценности протеина корма является его аминокислотный состав [10]. Для обеспечения высоких темпов роста птицы и ее продуктивности требуются относительно высокие концентрации аминокислот. Аминокислотный состав зерна кукурузы и сорго представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Аминокислотный состав зерна кукурузы и сорго, %

Содержание	Зерно	
	Кукуруза	Сорго
Аргинина	0,43	0,44
Лизина	0,28	0,29
Тирозина	0,35	0,36
Фенилаланина	0,54	0,46
Гистидина	0,36	0,32
Лейцина	1,2	1,19
Изолейцина	0,39	0,36
Метионина	0,18	0,17
Цистина	0,15	0,12
Триптофана	0,13	0,11
Валина	0,48	0,47
Треонина	0,33	0,32
Серина	0,39	0,48
Аланина	0,34	1,04
Глицина	0,35	0,33
Глутаминовой кислоты	1,82	2,45
Общее содержание аминокислот	7,72	8,91

Аргинин связан с обменом нуклеиновых кислот и углеводов, он оказывает положительное влияние на воспроизводительную функцию животных и птицы. Содержание аргинина в зерне сорго составило 0,43 %, что больше по сравнению с кукурузой на 0,01 %.

Лизин входит в состав сложных белков ядра (нуклеопротеидов) также необходим при синтезе гемоглобина. При дефиците лизина замедляется процесс роста и развития птицы, снижается продуктивность. Содержание лизина и тирозина также было выше в зерне сорго по сравнению с кукурузой на 0,01 %. По содержанию серина зерно сорго превосходит зерно кукурузы на 0,09 %. Содержание аланина в зерне кукурузы составило 0,34 %, а в зерне сорго 1,04 %, что было выше, чем в зерне кукурузы на 0,7 %.

Глутаминовая кислота участвует в обмене белков и углеводов, синтезе аргинина и пролина, играет важную роль в деятельности скелетных мышц и центральной нервной системы. По содержанию глутаминовой кислоты зерно сорго также превосходило зерно кукурузы на 0,63 %.

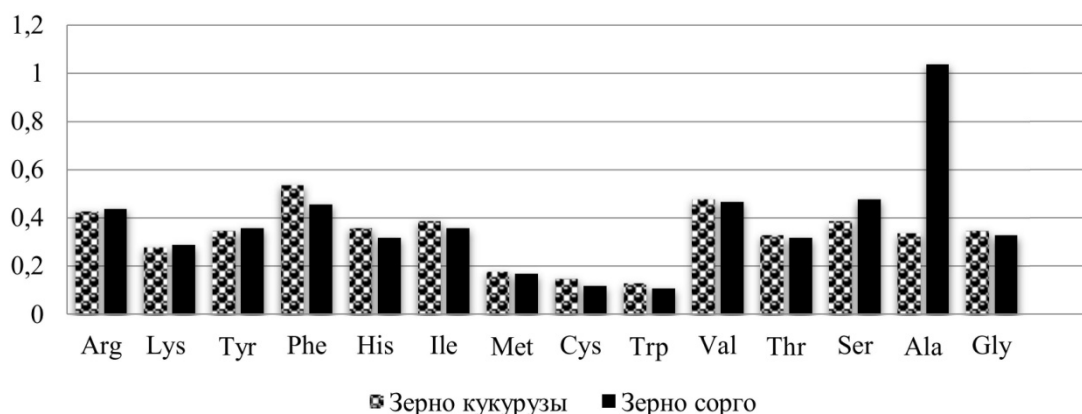


Рисунок 3 – Содержание аминокислот в зерне кукурузы и сорго, %

Из данных, представленных в таблице 2, можно сделать вывод, что аминокислотный состав зерна кукурузы составил 7,72 %, а зерна сорго – 8,91 %, что было выше, чем в зерне кукурузы на 1,19 % (рисунок 4).

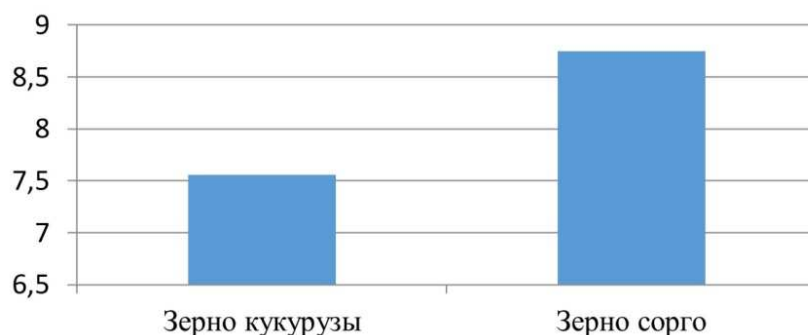


Рисунок 4 – Сумма аминокислот зерна кукурузы и сорго, %

Одним из важнейших направлений в повышении полноценности кормления сельскохозяйственных животных и птицы является нормирование витаминного и минерального питания [1].

При недостатке витаминов в рационе молодняка птицы снижается устойчивость к инфекциям и повышается смертность, а у несушек – яйценоскость, оплодотворяемость яиц и выводимость молодняка.

Таблица 3 – Витаминный состав зерна кукурузы и сорго, мг/кг

Содержание	Зерно	
	Кукуруза	Сорго
Витамин Е	15,94	11,97
Витамин В ₁	4,59	4,38
Витамин В ₂	1,38	1,23
Витамин В ₃	4,39	11,14
Витамин В ₄	483,7	607,83
Витамин В ₅	15,16	39,75

Недостаток пантотеновой кислоты снижает среднесуточные приросты живой массы у молодняка, яйценоскость и выводимость яиц у кур. Содержание витамина В₃ было выше в зерне сорго на 6,75 мг/кг по сравнению с зерном кукурузы (рисунок 5).

Недостаток в организме холина приводит к хондродистрофии у молодняка и снижению продуктивности птицы. Содержание в зерне сорго витамина В₄ составляет 607,83 мг/кг, что выше, чем в зерне кукурузы на 124,13 мг/кг (рисунок 6).

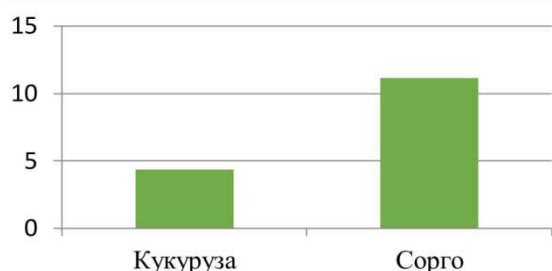


Рисунок 5 – Содержание пантотеновой кислоты в зерне кукурузы и сорго, мг/кг

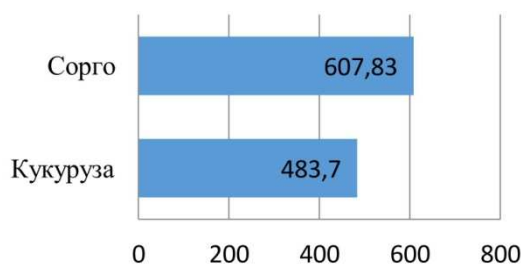


Рисунок 6 – Содержание холина в зерне кукурузы и сорго, мг/кг

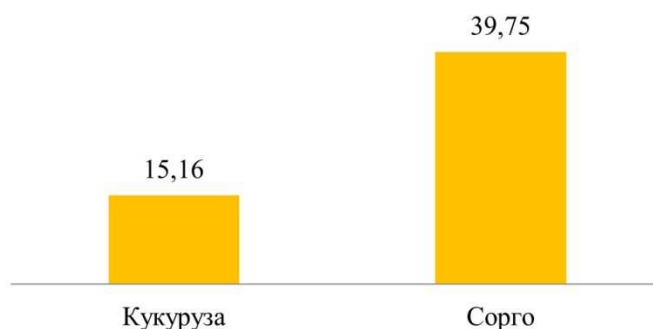


Рисунок 7 – Содержание никотиновой кислоты в зерне кукурузы и сорго, мг/кг

Недостаток никотиновой кислоты в организме приводит к медленной оперяемости, шелушению и изменению в суставах ног, наблюдается массовый отход, снижение яйценоскости у птицы и выводимости яиц. Содержание витамина В₅ было выше в зерне сорго по сравнению с зерном кукурузы на 24,59 мг/кг (рисунок 7).

В комбикормах минеральные вещества представлены зольным остатком, который получают при озолении сухой массы (таблица 3). Содержание минеральных веществ в зерне сорго было выше по сравнению с зерном кукурузы.

В организме птицы кальций необходим для нормального формирования костной ткани, яичной скорлупы, также он является активатором ферментов систем и функций свертывания крови. Фосфор тесно в организме связан с кальцием, он играет важную роль в углеводном обмене, активирует некоторые ферменты, принимает участие в создании буферности в крови и тканях.

Таблица 3 – Минеральный состав зерна кукурузы и сорго

Содержание	Зерно	
	Кукуруза	Сорго
макроэлементов, г/кг		
кальция	0,63	1,19
фосфора	2,55	3,12
калия	3,43	3,54
серы	0,33	0,92
магния	1,48	1,88
микроэлементов, мг/кг		
железа	42,87	48,16
цинка	18,96	20,72
йода	0,11	0,00
меди	6,53	9,85
марганца	8,97	19,64
кобальта	0,14	0,32

Так, содержание кальция и фосфора было выше в зерне сорго по сравнению с зерном кукурузы на 0,56 и 0,57 г/кг. Содержание калия в зерне сорго составило 3,54, что было больше по сравнению с зерном кукурузы на 0,11 г/кг (рисунок 8).

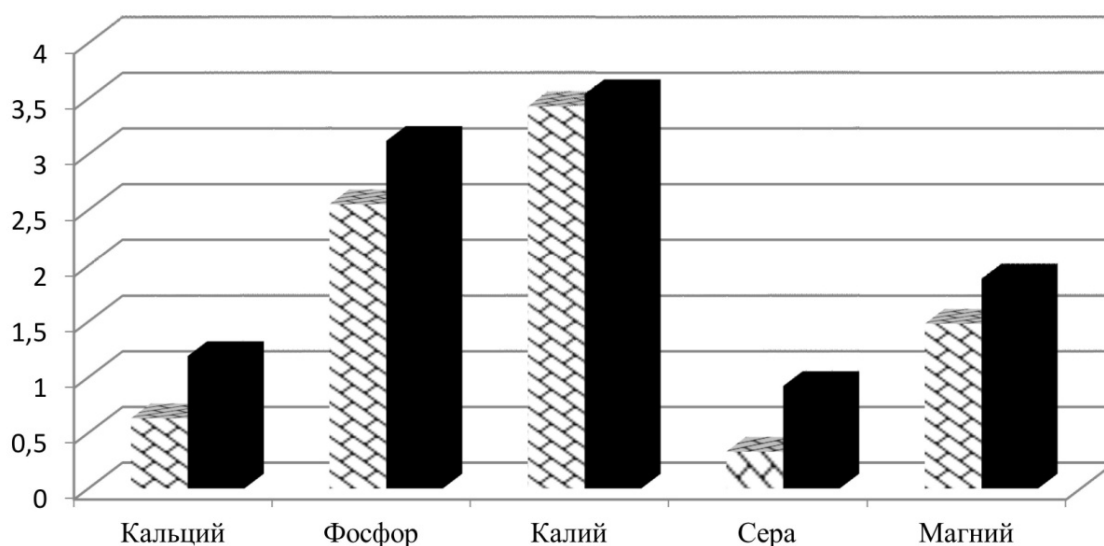


Рисунок 8 – Содержание макроэлементов в зерне кукурузы и сорго, г/кг

Содержание микроэлементов в зерне сорго было больше в сравнении с зерном кукурузы.

Около половины железа сконцентрировано в гемоглобине, который выполняет в организме дыхательную функцию. Недостаток данного микроэлемента в первую очередь вызывает снижение синтеза гемоглобина, резистентности организма, а также замедление темпов роста. Содержание железа в зерне сорго было 48,16 мг/кг, а в кукурузе – 42,87 мг/кг.

В организме сельскохозяйственных животных и птицы цинк необходим для нормального роста, развития репродуктивных органов, кожного и волосного покрова. Цинка в зерне сорго также было больше, чем в зерне кукурузы на 1,79 мг/кг.

Недостаток таких микроэлементов, как марганец, медь и кобальт, в организме животных и птицы приводит к снижению интенсивности роста, продуктивности, нарушению строения костной ткани, а также вызывает депигментацию и потерю волос, хрупкость и недоразвитость костяка. Содержание меди, марганца и кобальта в сорго было выше по сравнению с кукурузой соответственно на 3,32 мг/кг, 10,67 мг/кг и 0,18 мг/кг (рисунок 9).

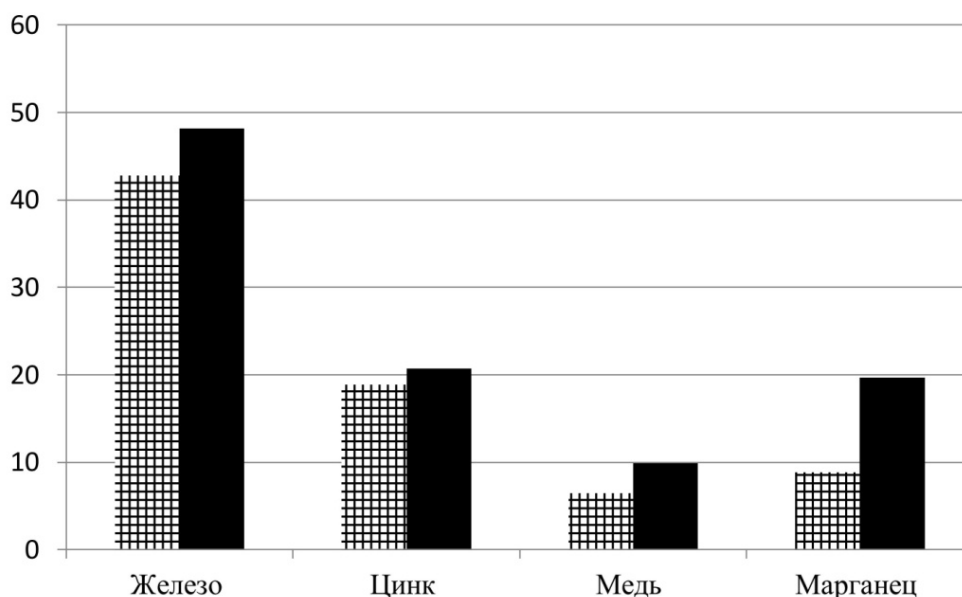


Рисунок 9 – Содержание микроэлементов в зерне кукурузы и сорго, мг/кг

Необходимо отметить, что нормирование витаминов и минеральных веществ в составе рациона оказывает существенное влияние не только на количественные показатели продуктивности, но и на качественные.

Заключение. Таким образом, резервы дальнейшего выращивания зерна кукурузы в Волгоградской области исчерпаны в связи с существенными ограничениями климатических условий для гарантированного его производства. В таких условиях на первый план постепенно выдвигается перспектива увеличения посевов нетрадиционных зерновых кормовых культур, которые максимально приспособлены к критическим условиям земледелия. Изучив химический состав данных кормов, мы установили, что зерно сорго превосходило зерно кукурузы по химическому составу: так, содержание сырого протеина было выше на 2,7 %, сырой золы – 0,3 %, аминокислотному на 1,19 %, витаминному и минеральному составам.

По химическому, аминокислотному, витаминному и минеральному составам зерно сорго сорта «Камышинское 75» не уступает используемому в комбикормах зерну кукурузы, а следовательно, может использоваться в кормлении птицы.

Библиографический список

1. Влияние биологически активных кормовых добавок «Лактумин», «Лактофит» и «Лактофлекс» на гематологические показатели молодняка свиней [Текст]/ С.И. Николаев, Г.В. Волколупов, В.И. Водяников, В.В. Шкаленко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2 (42). – С. 147-152.
2. Липова, Е.А. Белково-витаминно-минеральный концентрат в кормлении сельскохозяйственной птицы [Текст]/ Е.А. Липова // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2014. – Т.2. – № 7. – С. 153-156.
3. Липова, Е.А. Использование кормового концентрата из растительного сырья "Сарефта" в качестве наполнителя для БВМК (Р) [Текст]/ Е.А. Липова, В.В. Липов // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2015. – Т.1. – № 8. – С. 198-201.
4. Продуктивность коров черно-пестрой породы, обмен и использование азота при скормлинии премиксов [Текст]/ С.В. Чехранова, О.Ю. Брюхно, Т.В. Медведева, Т.А. Акмалиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2 (34). – С. 134-138.
5. Рост и развитие телят при скормлинии зерна нута в рационе [Текст]/ О.Ю. Брюхно, С.В. Чехранова, И.А. Кучерова, В.Н. Агапова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2. – С. 183-190.
6. Чамурлиев, Н.Г. Влияние биологически активных добавок «Лактофит» и «Лактофлекс» на качественные показатели мяса овец [Текст]/ Н.Г. Чамурлиев, О.В. Чапуркина // Овцы, козы и шерстяное дело. – 2015. – № 3. – С. 27-28.
7. Шерстюгина, М.А. Повышение продуктивности кур-несушек при использовании белково-витаминно-минеральных концентратов [Текст]/ М.А. Шерстюгина // Научное обеспечение агропромышленного комплекса молодыми учеными: сборник всероссийской научно-практической конференции. – Ставрополь, 2015. – С. 440-444.
8. Abdollahi, M.R. The interactive influence of dietary nutrient density and feed form on the performance of broiler chickens / M.R. Abdollahi, V. Ravindran, P.H. Selle // Animal Feed Science and Technology. – 2018. - Volume 239. – P. 33-43.
9. Energy and nutrient utilisation of broilers fed soybean meal from two different Brazilian production areas with an exogenous protease / C. Stefanello, a S.L. Vieira, a H.V. Rios, a C.T. Simões, a J.O.B. Sorbarab // Animal Feed Science and Technology. - 2016. - Volume 221. - P. 267-273.
10. Simitzis, P. Impact of dietary quercetin on laying hen performance, egg quality and yolk oxidative stability / P. Simitzis, D. Spanou, N. Glastra, M. Goliomytis // Animal Feed Science and Technology. – 2018. - Volume 239. – P. 27-32.

Reference

1. Vliyanie biologicheskii aktivnykh kormovykh dobavok "Laktumin", "Laktofit" i "Laktofleks" na gematologicheskie pokazateli molodnyaka svinej [Tekst]/ S. I. Nikolaev, G. V. Volkolupov, V. I. Vodyannikov, V. V. Shkalenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 2 (42). - S. 147-152.
2. Lipova, E. A. Belkovo-vitaminno-mineral'nyj koncentrat v kormlenii sel'skohozyajstvennoj pticy [Tekst]/ E. A. Lipova // Sbornik nauchnykh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. - Stavropol', 2014. - T.2. - № 7. - S. 153-156.
3. Lipova, E. A. Ispol'zovanie kormovogo koncentrata iz rastitel'nogo syr'ya "Sarepta" v kachestve napolnitelya dlya BVMK (R) [Tekst]/ E. A. Lipova, V. V. Lipov // Sbornik nauchnykh trudov Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva. - Stavropol', 2015. - T.1. - № 8. - S. 198-201.

4. Produktivnost' korov cherno-pestroj porody, obmen i ispol'zovanie azota pri skarmlivanii premiksov [Tekst]/ S. V. Chehranova, O. Yu. Bryuhno, T. V. Medvedeva, T. A. Akmaliev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 2 (34). - S. 134-138.
5. Rost i razvitie telyat pri skarmlivanii zerna nuta v racione [Tekst]/ O. Yu. Bryuhno, S. V. Chehranova, I. A. Kucheroval, V. N. Agapova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 2. - S. 183-190.
6. Chamurliev, N. G. Vliyanie biologicheskii aktivnykh dobavok "Laktovit" i "Laktovit" na kachestvennye pokazateli myasa ovec [Tekst]/ N. G. Chamurliev, O. V. Chapurkina // Ovtsy,kozy i sherstyanoe delo. - 2015. - № 3. - S. 27-28.
7. Sherstyugina, M. A. Povyshenie produktivnosti kur-nesushek pri ispol'zovanii belkovo-vitaminno-mineral'nykh koncentratov [Tekst]/ M. A. Sherstyugina // Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa molodymi uchenymi: sbornik vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. - Stavropol', 2015. - S. 440-444.
8. Abdollahi, M.R. The interactive influence of dietary nutrient density and feed form on the performance of broiler chickens / M.R. Abdollahi, V. Ravindran, P.H. Selle // Animal Feed Science and Technology. - 2018. - Volume 239. - P. 33-43.
9. Energy and nutrient utilisation of broilers fed soybean meal from two different Brazilian production areas with an exogenous protease / C. Stefanello, a S.L. Vieira, a H.V. Rios, a C.T. Simões, a J.O.B. Sorbarab // Animal Feed Science and Technology. - 2016. - Volume 221. - P. 267-273.
10. Simitzis, P. Impact of dietary quercetin on laying hen performance, egg quality and yolk oxidative stability / P. Simitzis, D. Spanou, N. Glazra, M. Goliomytis // Animal Feed Science and Technology. - 2018. - Volume 239. - P. 27-32.

E-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.674

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ТРУБЧАТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМOPTIMIZATION OF THE MAIN PARAMETERS
OF THE TUBULAR IRRIGATION SYSTEMS

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

В.С. Бочарников, доктор технических наук, доцент

С.В. Тронеv, кандидат технических наук, доцент

М.П. Мешеряков, кандидат технических наук, доцент

О.В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И.А. Несмиянов, доктор технических наук, доцент

Н.С. Воробьева, кандидат технических наук, доцент

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

O.V. Bocharnikova, I.A. Nesmiyanov, N.S. Vorob'eva

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

В статье изложены материалы оптимизации конструктивных элементов и основных параметров систем внутрипочвенного орошения при возделывании овощных культур, приводятся расчет коэффициентов уравнений регрессии и оценка их значимости по критерию Стьюдента. В результате расчета получены регрессионные зависимости в кодированном виде, а также математические модели адекватности результатов эксперимента. При использовании двухмерных сечений получены оптимальные значения факторов, характеризующих основные параметры трубчатых увлажнителей.

The article presents the materials of optimization of structural elements and the main parameters of soil irrigation systems in the cultivation of vegetable crops, calculated the coefficients of the regression equation and assesses the significance on the basis of the criterion of student. Based on the calculations, the regression equations in coded form and mathematical models of the adequacy of the experimental results are obtained. With the help of two-dimensional cross sections, the optimal values of factors for the design of the humidifiers under study are determined.

Ключевые слова: орошение, система внутрипочвенного орошения, конструкция, оптимизация, технология, культура.

Key words: irrigation, soil irrigation system, design, optimization, technology, culture.

**Работа выполнена в рамках тематического плана-задания
на выполнение научно-исследовательских работ**

Введение. В овощеводстве страны произошли резкие структурные изменения, вызванные проводимыми в сельском хозяйстве рыночными реформами. Преобладающими в производстве овощей стали личные подсобные хозяйства, которые по своей природе являются в основном семейно-потребительскими.

В настоящее время доля сельскохозяйственных предприятий от всей площади, занятой овощными культурами, составляет 12,6 %, а в объеме валового сбора – 15,9 %.

До недавнего времени в орошаемом земледелии в основном применялся поверхностный способ орошения. Он предусматривает подачу поливной воды на орошаемые участки по полосам, бороздам, либо затоплением. Такой способ полива нередко приводит к засолению и заболачиванию почв, бурному развитию сорняков в связи с высокими поливными нормами.

При выращивании овощных культур особое внимание необходимо уделять внедрению экологически безопасных и экономически выгодных ресурсосберегающих технологий относится внутрпочвенное [5, 6, 8, 9].

Принцип внутрпочвенного орошения состоит в подаче поливной воды непосредственно в корнеобитаемый слой.

Главная особенность внутрпочвенного орошения состоит в почти полном отсутствии увлажнения верхнего почвенного слоя, что способствует предотвращению образования корки, снижению потерь поливной воды, связанных с испарением [1, 2, 7, 3, 4] .

Материалы и методы. Определение оптимальных параметров внутрпочвенной увлажнительной сети в открытом и закрытом грунтах производилось путем реализации плана Рехтшафнера, получением уравнений регрессии и функций отклика.

При реализации этапа лабораторных и полевых исследований выходные показатели были приняты в виде факторов падения напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$, падения напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ и падения напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$, выраженные в миллиметрах.

Таблица 1 – Факторы, их уровни и интервалы варьирования исследуемой конструкции увлажнителей

Фактор	Уровень фактора			Интервал варьирования, ε
	0	–1	+1	
x_1 – диаметр увлажнителей, мм	40	30	50	10
x_2 – диаметр перфорации, мм	2	1,5	2,5	0,5
x_3 – шаг перфорации, мм	200	150	250	50

На основании принятой методики при исследовании области оптимума была произведена реализация плана Рехтшафнера, характеризующего 3-х факторный эксперимент. В результате полученных при эксперименте данных на основании расчета установлены коэффициенты B_0 , B_i , B_{ij} и B_{ii} уравнения регрессии:

$$y_I = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

Значимость коэффициентов в уравнении 1 оценивалась с использованием критерия Стьюдента. В результате были определены и удалены незначимые коэффициенты, а затем произведен повторный расчет коэффициентов математической модели. В кодированном виде полученные регрессионные модели имеют вид:

$$\Delta h_{\text{нач}} = 27,21 + 18,4x_1 + 0,92x_2 - 0,47x_3 + 1,1x_1x_2 - 0,55x_1x_3 - 0,82x_2x_3 + 9,59x_1^2 + 11,86x_2^2 + 10,36x_3^2 \quad (2)$$

$$\Delta h_{\text{ср}} = 106,35 + 72,28x_1 + 4,85x_2 - 1,83x_3 + 7,22x_1x_2 - 2,35x_1x_3 - 2,38x_2x_3 + 44,47x_1^2 + 52,6x_2^2 + 43,18x_3^2 \quad (3)$$

$$\Delta h_{\text{кон}} = 89,67 + 83,3x_1 + 5,27x_2 - 0,47x_3 + 6,68x_1x_2 - 1,82x_1x_3 - 1,6x_2x_3 + 43,53x_1^2 + 49,55x_2^2 + 36,3x_3^2 \quad (4)$$

На основании критерия Фишера проведена проверка адекватности полученных регрессионных уравнений:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S^2(y_I)} \quad (5)$$

где $S^2(y) = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n [y_{iq} - y_i]^2 \right) / N(n+1)$ – значение дисперсии ошибки эксперимента;

$S_{ad}^2 = n \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2 / (N - [k+1])$ – значение дисперсии неадекватности модели, где y_i – значение случайной величины, рассчитанной по математическому уравнению; y_i – показатель среднеарифметического значения случайной величины; y_{iq} – показатель значения i -той величины в q -том опыте; n – количество повторностей эксперимента; N – показатель числа строк в матрице плана; k – количество факторов.

В результате исследований падение напора $F_{\text{нач}} = 1,3316$ $F_{\text{ср}} = 1,109$ и $F_{\text{кон}} = 1,06997$. Для всех случаев $F_{0,05} > F$ ($F_{0,05} = 2,1646$ – показатель табличного значения критерия Фишера для уровня значимости 5 %). В результате можно утверждать об адекватности полученных математических моделей результатам эксперимента.

В результате применения предложенной программы были определены величины оптимальных значений факторов (таблица 2).

Для анализа и систематизации полученные математические модели второго порядка привели к типовой канонической форме вида:

$$Y_I - Y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + \dots + B_{kk}X_k^2 \quad (6)$$

где Y_I – значение критерия оптимизации для первой исследуемой конструкции; Y_s – значение критерия оптимизации в оптимальной точке; $X_1, X_2, \dots, X_k$ – новые оси координат, повернутые относительно старых $x_1, x_2, \dots, x_k$; $B_{11}, B_{22}, \dots, B_{kk}$ – коэффициенты регрессии в канонической форме.

Таблица 2 – Оптимальные значения факторов

Фактор	Критерий оптимизации		
	Падение напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$	Падение напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$	Падение напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$
x_1	$\frac{-0,96}{40,4}$	$\frac{-0,81}{41,9}$	$\frac{-0,96}{40,4}$
x_2	$\frac{0,01}{2,01}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0,02}{2,01}$
x_3	$\frac{-0,01}{19,95}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{-0,01}{19,95}$

Примечание: числитель – кодированный вид, знаменатель – раскодированный вид.

Результаты и обсуждение. В результате проведения расчетов получены коэффициенты регрессии в канонической форме $B_{11}, B_{22}, B_{33}, B_{44}$ и критерий оптимизации в оптимальной точке Y_s .

В канонической форме уравнения регрессии выглядят следующим образом:

$$Y_{\Delta h_{\text{нач}}} - 18,38 = 1,21X_1^2 + 1,49X_2^2 + 1,24X_3^2 \quad (7)$$

$$Y_{\Delta h_{\text{ср}}} - 77 = 7,07X_1^2 + 8,98X_2^2 + 7,25X_3^2 ; \quad (8)$$

$$Y_{\Delta h_{\text{кон}}} - 49,81 = 6,26X_1^2 + 7,33X_2^2 + 5,87X_3^2 \quad (9)$$

В связи с положительным значением коэффициентов квадратных членов можно утверждать о виде поверхности откликов, описанных уравнениями 7,8 и 9, как трехмерных параболоидов с координатами центров поверхностей, соответствующих оптимальным значениям факторов.

Для определения оптимальных параметров нужно на основании двумерных сечений решить компромиссную задачу (рисунки 1-3).

В качестве основного критерия оптимизации было принято падение напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$.

Дополнительными критериями оптимизации были приняты: величина падения напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$ и величина падения напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$.

При этом производилось решение компромиссной задачи, при котором необходимо определение значения факторов, обеспечивающих минимальную величину падения напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ с учетом заданного уровня падения напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$ (20 мм) и заданного уровня падения напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$ (55 мм).

Результаты расчетов графически представлены на рисунке 1.

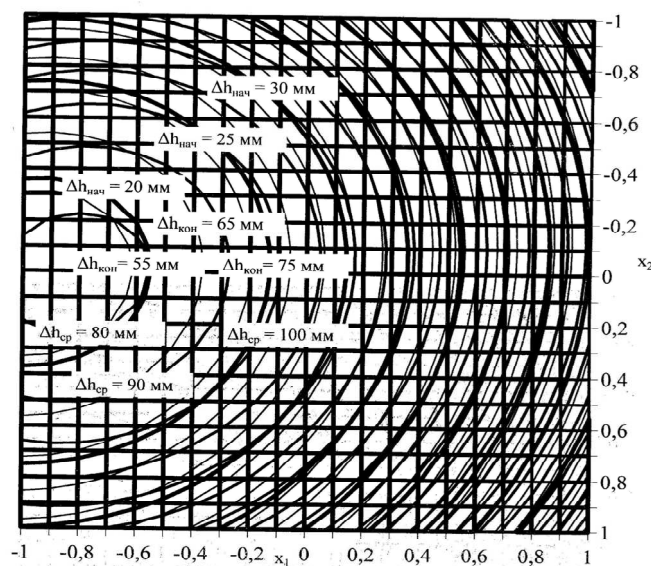


Рисунок 1 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_1 и x_2 при $x_3 = 0$ на падение напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$, падение напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ и падение напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$

Рассматривая двумерное сечение поверхности отклика по регрессионным зависимостям относительно факторов (x_1) и (x_2), значение фактора (x_3) фиксировалось на уровне, оптимальном в соответствии с основным критерием оптимизации: $x_3 = 0$.

На основании анализа рисунка 1 можно сделать вывод об общей зоны оптимума для поверхностей откликов.

В результате установлены оптимальные значения факторов: $x_1 = -1,0 \dots -0,8$ и $x_2 = -0,1 \dots +0,1$.

Рассматривая двумерное сечение поверхности отклика по регрессионным зависимостям относительно факторов (x_1) и (x_3), значение фактора (x_2) фиксировалось на уровне, оптимальном в соответствии с основным критерием оптимизации: $x_2 = 0$.

Результаты расчетов графически представлены на рисунке 2.

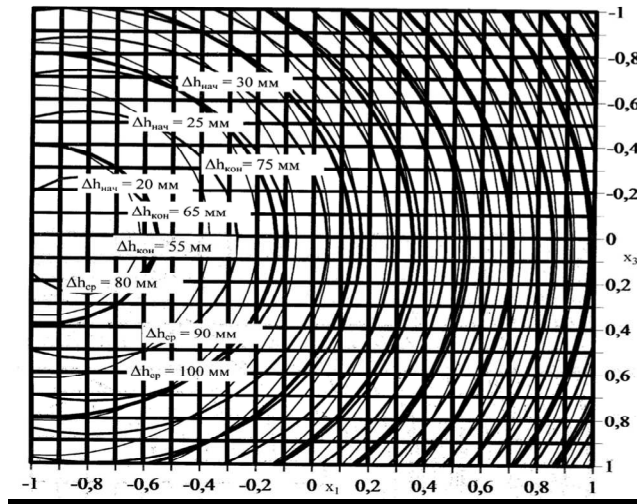


Рисунок 2 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_1 и x_3 при $x_2 = 0$ на падение напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$, падение напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ и падение напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$ (конструкция №1)

На основании анализа рисунка 2 можно сделать вывод об общей зоны оптимума для поверхностей откликов.

В результате установлены оптимальные значения факторов: $x_1 = -1,0 \dots -0,8$ и $x_3 = -0,1 \dots +0,1$.

Рассматривая двумерное сечение поверхности отклика по регрессионным зависимостям относительно факторов (x_2) и (x_3), значение фактора (x_1) фиксировалось на уровне, оптимальном в соответствии с основным критерием оптимизации: $x_1 = -0,81$.

Результаты расчетов графически представлены на рисунке 3.

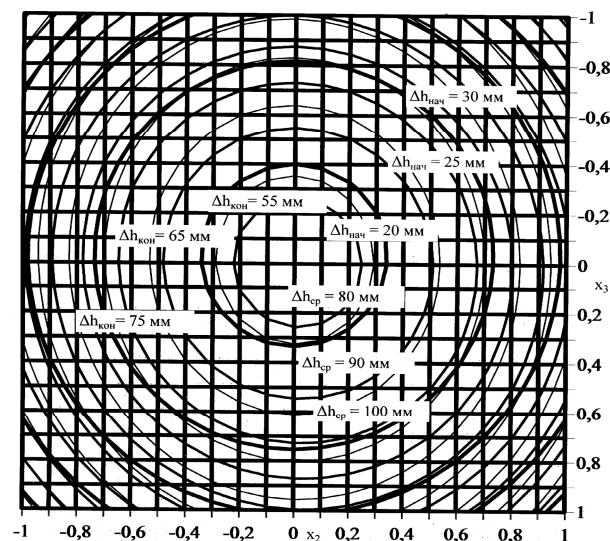


Рисунок 3 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_2 и x_3 при $x_1 = -0,81$ на падение напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$, падение напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ и падение напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$

На основании анализа рисунка 2 можно сделать вывод об общей зоны оптимума для поверхностей откликов.

В результате установлены оптимальные значения факторов: $x_2 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_3 = -0,1 \dots +0,1$.

С целью обеспечения минимального падения напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ при заданном значении уровня падения напора в начале увлажнителя $\Delta h_{\text{нач}}$ (20 мм) и значении падения напора в конце увлажнителя $\Delta h_{\text{кон}}$ (55 мм) можно утверждать о необходимости принятия следующих оптимальных значений факторов: $x_1 = -1,0 \dots -0,8$ (39...41 мм), $x_2 = -0,1 \dots +0,1$ (1,95...2,05 мм) и $x_3 = -0,1 \dots +0,1$ (190...210 мм). При этом падение напора в середине увлажнителя $\Delta h_{\text{ср}}$ составит 80 мм.

Заключение. В результате на основании двумерных сечений было произведено решение компромиссной задачи, то есть определения оптимальных значений факторов для исследуемой конструкции трубчатых увлажнителей.

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. – М: ФГОУ ВПО МГУП, 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. Закономерности формирования урожая томатов при капельном орошении [Текст] / А.С. Овчинников, И.И. Азарьева, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова // Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации: сборник научных докладов IV Международной конференции / ВНИИ «Радуга». – Коломна: Инлайт, 2012. – С. 87-89.
4. Интенсивные технологии полива овощей [Текст] / А.С. Овчинников, В.С. Бочарников, М.П. Мещеряков, О.В. Бочарникова // Сельский механизатор. – 2014. – № 9. – С. 18-19.
5. Майер, А.В. Регулирование фитоклимата системой комбинированного орошения при возделывании овощных культур [Текст] / А.В. Майер, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №1 (25). – С. 53-58.
6. Майер, А.В. Технические средства и технология комбинированного орошения сельскохозяйственных культур [Текст] / А.В. Майер, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №2 (26). – С. 200-207.
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: Издательство «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук», 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 VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Алтайского ГАУ. – Барнаул: РИО АГАУ, 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.

Reference

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

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

3. Zakonomernosti formirovaniya urozhaya tomatov pri kapel'nom oroshenii [Tekst] / A.S. Ovchinnikov, I.I. Azar'eva, V.S. Bocharnikov, M.P. Mescheryakov, O.V. Bocharnikova // Innovacionnye tehnologii i jekologicheskaya bezopasnost' v melioracii: sbornik nauchnyh dokladov IV Mezhdunarodnoj konferencii / VNII “Raduga”. – Kolomna: Inlajt, 2012. – S. 87-89.

4. Intensivnye tehnologii poliva ovoshej [Tekst] / A.S. Ovchinnikov, V.S. Bocharnikov, M.P. Mescheryakov, O.V. Bocharnikova // Sel'skij mehanizator. – 2014. – № 9. – S. 18-19.

5. Majer, A.V. Regulirovanie fitoklimata sistemoj kombinirovannogo orosheniya pri vozdelevanii ovoschnyh kul'tur [Tekst] / A.V. Majer, V.S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – №1 (25). – S. 53-58.

6. Majer, A.V. Tehnicheskie sredstva i tehnologiya kombinirovannogo orosheniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] / A.V. Majer, V.S. Bocharnikov, O.V. Bocharnikova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – №2 (26). – S. 200-207.

7. Mescheryakov, M.P. Ocenka tehnichejskoj jkspluatcii orositel'noj sistemy [Tekst] / M.P. Mescheryakov, V.S. Bocharnikov // Nauchno-proizvodstvennoe obespechenie innovacionnyh processov v oroshaemom zemledelii Severnogo Prikaspiya: mezhhregional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya. – M: Izdatel'stvo “Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk”, 2013. – S. 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 VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyaschjonnoj 70-letiyu Altajskogo GAU. - Barnaul: RIO AGAU, 2013. - Kn.2. - S. 142-144.

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

УДК 631.4

**К ВОПРОСУ О ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИИ
ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ
TO THE PROBLEM OF TECHNIQUE AND DEEP TECHNOLOGY
ROLLING THE SLOPE LAND**

С.А. Васильев¹, доктор технических наук, профессор

П.В. Константинов², соискатель

С.Н. Мардарьев³, кандидат технических наук, доцент

С.П. Зайцев³, кандидат технических наук, доцент

S. A. Vasiliev¹, P. V. Konstantinov², S. N. Mardariev³, S. P. Zaitsev³

¹ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»,
г. Княгинино

²ООО «Сервис Промышленных Машин» Концерн «Тракторные заводы», г. Чебоксары

³ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

SBEI of Higher Education «Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics»

LLC «Service of Industrial Machines» Concern «Tractor Plants»

FSBEI of Higher Education «Chuvash State Agricultural Academy»

Рассмотрен вопрос о технике и технологии глубокого рыхления склоновых земель в рамках анализа известных технических средств и решений, позволяющих реализовать глубокое мелиоративное рыхление, и теоретических исследований подходов щелевания на склоновых землях. Для разуплотнения более глубоких слоев почвогрунта мелиоративные мероприятия практически не проводятся, поскольку ограничены выпуском серийных глубокорыхлителей. Приведены описание и принцип работы известных технических средств для глубокого рыхления, в результате анализа этих устройств выявлены недостатки в конструкторских решениях, ограничивающих создание и дальнейшее сохранение рыхлой структуры почвогрунта на склонах. Установлено, что на склонах создаются гравитационные условия для разрушения выше расположенного по склону относительно щели объема почвогрунта, размещенного в зоне деформации. Проведены теоретические исследования, определены варианты и причины разрушения этого объема почвогрунта и получено выражение для определения зависимости изменения веса элементарного объема почвогрунта, подверженного обрушению, от уклона склона в диапазон 0...20 градусов, которая представлена в виде графика. Установлено, что при уклоне 5...20 градусов возникает высокая вероятность обрушения или сползания почвогрунта. Теоретические выкладки подтверждают практику применения глубокого рыхления в осенний период после первых заморозков, однако в весенний период, после промерзания и дальнейшего набухания почвогрунта из-за повышенной влажности, происходят неизбежные процессы разрушения почвогрунта на склоновых землях.

The article deals with the technology and technology of deep loosening of slope lands in the framework of analysis of known technical means and solutions that allow to implement deep meliorative loosening and theoretical studies of approaches to crevice on sloping lands. To decompress the deeper layers of the soil, reclamation measures are practically not carried out, since they are limited by the release of serial deep loosening tools. The description and principle of operation of the known technical means for deep loosening are described, as a result of the analysis of these devices, shortcomings in design decisions that limit the creation and further preservation of loose soil structure on the slopes are revealed. It has been established that on the slopes, gravitational conditions are created for the destruction of the volume of soil located above the slope with respect to the slit, located in the zone of deformation. Theoretical studies have been carried out, the variants and reasons for the destruction of this volume of soil have been determined, and an expression has been obtained for determining the dependence of the change in the weight of the elementary volume of soil that is prone to collapse, from the slope of the slope to the range 0 ... 20 degrees, . It is established that with a slope of 5 ... 20 degrees there is a high probability of collapse or slipping of soil. Theoretical calculations confirm the practice of using deep loosening in the autumn period after the first frosts, but in the spring, after freezing and further soil swelling due to high humidity, inevitable processes of soil destruction on sloping lands occur.

Ключевые слова: глубокое рыхление, щелевание, глубокорыхлитель, коэффициент внешнего трения, коэффициентом удельного прилипания, почвогрунт, склоновые земли.

Key words: deep loosening, crevice, deep loosener, coefficient of external friction, coefficient of specific adhesion, soil, slope.

Введение. Преимущества применения глубокого рыхления известны и раскрыты во многих научных трудах [1, 5, 9, 13]. Исследования по изучению процессов, связанных с глубоким рыхлением почвогрунта, показали, что такое действие вызывает изменение вторичного режима почв, способствует быстрому отводу верховодки из почвенных горизонтов в весенний период, наблюдается перераспределение запасов влаги в почвенном профиле, что в итоге обуславливает статистически достоверное увеличение урожайности сельскохозяйственных культур в период от одного года до четырех лет [13].

Очевидные преимущества глубокого рыхления еще больше проявляются на склоновых землях [5]. Агроландшафт склоновых земель представляет собой природно-территориальный комплекс, естественная растительность которого на подавляющей его части заменена агроценозами. Поскольку он характеризуется экологической неустойчивостью, то для обеспечения его равновесного состояния должна выполняться система мелиоративных и экологических мероприятий на всей его площади.

В настоящее время агротехнические мероприятия по разуплотнению пахотного слоя и разрушению «плужной подошвы» до 40 см проводятся и для этого используются культиваторы-рыхлители и чизельные плуги [4]. Для разуплотнения более глубоких слоев почвогрунта от 50 до 80 см мелиоративные мероприятия проводятся реже, поскольку ограничены выпуском серийных глубокорыхлителей.

Материалы и методы. Обзор существующих технических средств для глубокого рыхления с возможным внесением удобрений и мелиорантов проводился по информационной базе ФИПС.

Учеными Туркменского сельскохозяйственного университета создано комбинированное техническое устройство [9] для обработки почвы и одновременного внесения жидких удобрений. Этот агрегат снабжён опорными колёсами, рамой, поперечной балкой с рабочими органами, ёмкостью для удобрений с заправочной горловиной, взаимодействующей посредством системы трубопроводов с выходными соплами. Это устройство позволяет улучшить качество приготовления раствора жидких удобрений и равномерности их внесения, снизить материалоёмкость системы, расширить функциональные возможности, повысить производительность и эффективность работы при обработке почвы, выполнять подкормку возделываемых культур.

В Оренбургском государственном аграрном университете разработано устройство для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным мульчированием их соломой [14]. Орудие состоит из сварной рамы, щелереза, соломонаправителя, состоящего из двух граблин и соломозаделывателя в виде круглого диска, подвешенного на параллелограммном механизме. При начале движения агрегата по поверхности поля рама опускается, тем самым она заглубляет щелерез в почву, что приводит к образованию щели. При этом с помощью граблин происходит сбор соломы и подача ее на щель. Далее диск вносит солому внутрь щели.

Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений, разработанное в Московском государственном университете природообустройства [8], состоит из рамы с закрепленными на ней стойками и бака для удобрений. Такое

конструктивное исполнение позволяет снизить тяговое сопротивление орудия и обеспечивает за один проход орудия глубокое рыхление и внесение в почву удобрений, исключая при этом отрицательное воздействие на состояние окружающей среды.

Глубокорыхлитель навесной, разработанный Кубанским государственным аграрным университетом [7], предназначен для глубокого рыхления почвы и оснащен дополнительным приспособлением для выравнивания борозд за стойками рыхлителей и дополнительного крошения почвы на небольшую глубину до 20 см. При движении с трактором по полю лапы заглубляются на установленную глубину и рыхлят пласт почвы, обеспечивая вынесенным вперед долотом деформацию ее снизу вверх. Дополнительное приспособление для крошения почвы и выравнивания по всей ширине захвата обеспечивается барабанами с активно-пассивной расстановкой зубьев. После прохода такой машины почва имеет грубое крошение на глубине 20-65 см и мелкое – на глубине до 20 см, а также хорошо выровненную поверхность.

Результаты и обсуждение. Обзор технических средств глубокого рыхления показывает, что рассмотренные приспособления не обеспечивают эффективного накопления и сбережения почвенной влаги на протяжении прогнозируемого периода эксплуатации щели; ряд приспособлений не обеспечивает высокого качества обработки почвогрунта из-за забиваемости орудий; некоторые агрегаты имеют громоздкую форму и неудобны в применении, в процессе щелевания не учитываются агроландшафтные условия и параметры склоновых земель [6, 10].

Анализ существующих конструкций выявил основные особенности и недостатки технических средств, а также предопределил проведение теоретических исследований подходов щелевания почвогрунта. Как правило, при выполнении глубокого рыхления на склоновых землях создается щель, которая относительно вертикали располагается под некоторым углом, равным углу склона для обрабатываемого участка (рисунок 1 а). В процессе обработки почвогрунта образуется зона деформации, определяемая продольными и поперечными углами скалывания и критической глубиной резания $h_{кр}$. Углы поперечного скалывания почвогрунта, по данным источника [3], меняются от 44 до 62 градусов при изменении глубины рыхления соответственно от 73 до 64 см. Таким образом, при щелевании на склоновых землях создаются гравитационные условия для разрушения вышерасположенного по склону относительно щели объема почвогрунта, размещенного в зоне деформации.

Причинами разрушения этого объема почвогрунта являются:

- гравитационные силы, под действием которых масса почвогрунта может сползать по границе зоны деформации (рисунок 1 б) или обрушиться по границе, приближенной к вертикальной трещине (рисунок 1 в);
- водный поток, движущийся по склону, попадает в щель путем инфильтрации через многочисленные трещины в зоне деформации, насыщая выше расположенный по склону объем почвогрунта, и по подстилающей поверхности сверху, размывая стенки щели и заполняя ее твердым и жидким стоком. Размыв верхней по склону стенки щели происходит под действием ряда сил и прогрессирует даже при малых расходах водного потока за счет «Теарот»-эффекта, подробно изученного в работах Максимова В.И. [5].

Рассмотрим отмеченные процессы подробнее.

Согласно рисунку 1 б, движение массы почвогрунта в сечении *БВО* будет происходить по границе зоны деформации вниз под действием продольной составляющей силы тяжести G_{np} . В обратную сторону действует сила трения, запишем условие равновесия:

$$G \cos \varphi = Gf \sin \varphi, \quad (1)$$

где φ – относительный угол скалывания, градусы; f – коэффициент трения.

Относительный угол скалывания определяется по выражению:

$$\varphi = \psi - \alpha, \quad (2)$$

где ψ – угол скалывания, градусы; α – уклон склона, градусы.

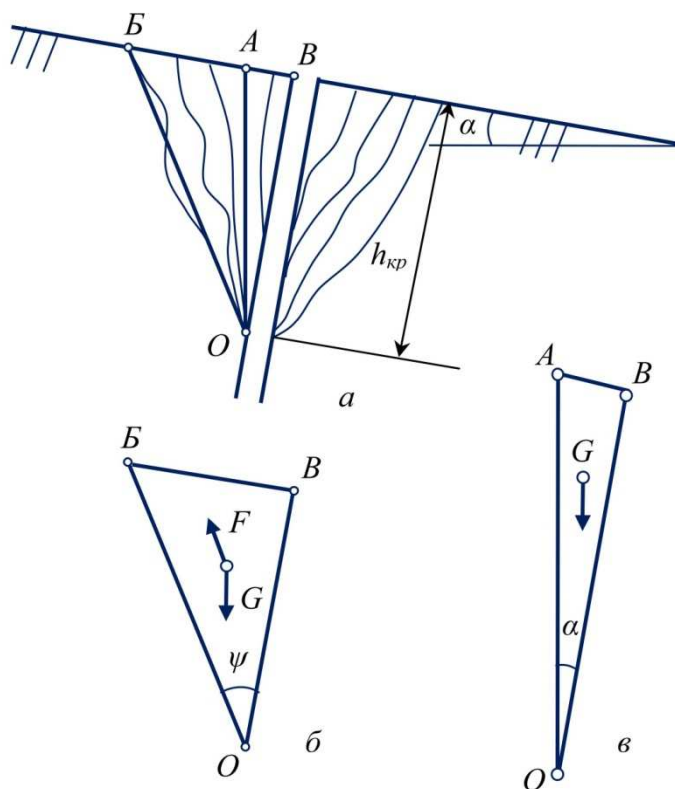


Рисунок 1 – К расчету процессов сползания и опрокидывания почвогрунта после щелевания склона

Откуда имеем соотношение:

$$\operatorname{ctg} \varphi = f. \quad (3)$$

Известно, что коэффициент трения для почв составляет: 0,25...0,35 – сыпучие песчаные и супесчаные; 0,50...0,7 – связанные песчаные и супесчаные; 0,35...0,50 – суглинистые; 0,40...0,90 – тяжелые суглинки и глины [3]. При глубоком рыхлении обрабатываются в большей степени тяжелые суглинки и глина, поэтому необходимо принимать значения от 0,50...0,8, которые соответствуют углам скалывания от 63...51 градусов. Уменьшение данных параметров будет способствовать быстрому началу движение массы почвогрунта.

Под действием силы тяжести также будет происходить обрушение почвогрунта, ограниченного сечением ABO , в виде его сползания и опрокидывания (рисунок 1 в). Проведем его расчет.

Определим вес вышерасположенного по склону объема почвогрунта длиной в 1 метр по щели:

$$G = \gamma V, \quad (4)$$

где γ – удельный вес почвогрунта, кг/м^3 ; V – вес почвогрунта, м^3 .

Объем почвогрунта можно определить по выражению:

$$V = Sl = \frac{OB^2 l \operatorname{tg} \alpha}{2}, \quad (5)$$

где S – площадь треугольника ABO , м^2 ; l – элементарная длина объема почвогрунта, равная 1 м.

Согласно выражениям (4) и (5), получим уравнение:

$$G = \gamma \frac{OB^2 l \operatorname{tg} \alpha}{2}. \quad (6)$$

По полученному выражению (6) построим график зависимости изменения веса объема почвогрунта, подверженного обрушению, от уклона склона в диапазон $0 \dots 20$ градусов (рисунок 2).

По зависимости изменения веса элементарного объема почвогрунта, подверженного обрушению, от уклона склона, видно, что при уклоне от 5 до 20 градусов возникает высокая вероятность обрушения или сползания почвогрунта.

Поскольку площадь границы зоны деформации имеет существенные размеры, необходимо дополнительно учитывать прилипание влажного почвогрунта. При определенных условиях (влажность, температура и т.д.) трение и прилипание действуют совместно. При скольжении почвогрунта эти процессы проявляются одновременно в виде сопротивления скольжению, эту силу можно представить в виде суммы силы трения и силы прилипания.

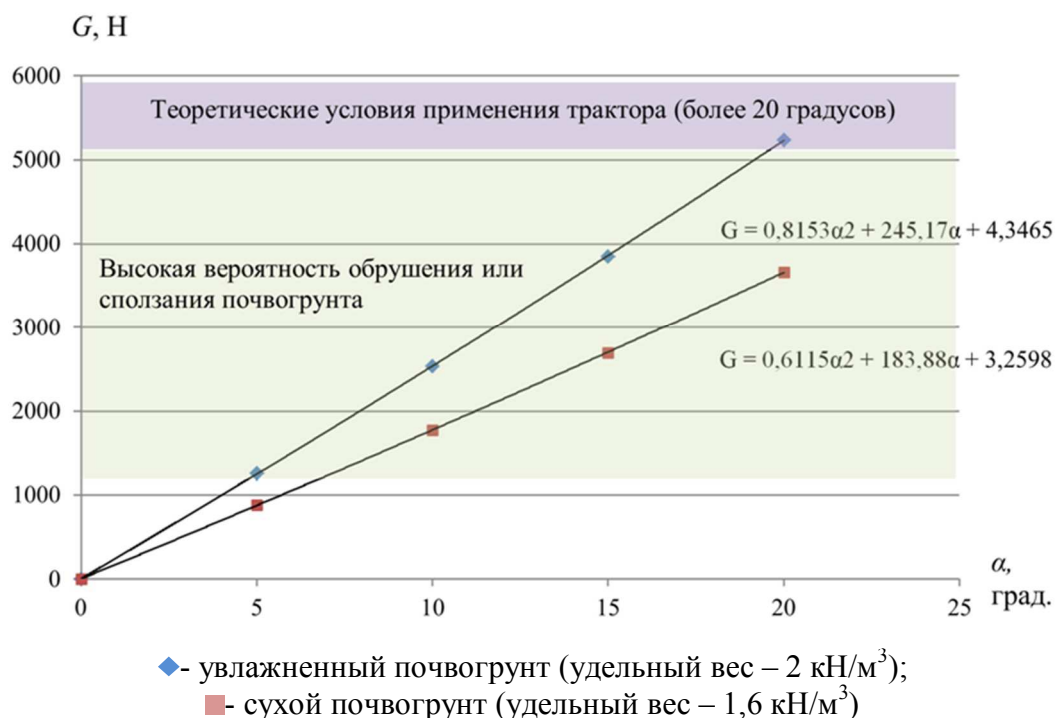


Рисунок 2 – Зависимость изменения веса объема почвогрунта, подверженного обрушению, от уклона склона

Липкость проявляется лишь при определенной влажности (при относительной влажности бесструктурных почв – 40...50 % и структурных почв – 60...70 %) [2]. С увеличением влажности липкость сначала возрастает, а затем снижается. Поэтому сни-

жение сил трения и прилипания по границе зоны деформации почвогрунта во время весенне-осеннего периода объясняется повышенной влажностью и, возможно, образованием водной пленки в процессе инфильтрации атмосферных осадков и образования подпочвенного стока, что вызывает довольно быстрое сползание увлажненного объема почвогрунта и закрытие щели.

Заключение. Таким образом, теоретические выкладки подтверждают практику применения глубокого рыхления в осенний период после первых заморозков, когда влажность почвогрунта на склоновых землях имеет оптимальные значения и определяется коэффициентом внешнего трения и коэффициентом удельного прилипания почвогрунта. Однако далее в весенний период, после промерзания и дальнейшего набухания почвогрунта из-за повышенной влажности, происходят неизбежные процессы, рассмотренные в статье.

В связи с этим необходимо выработать возможные меры для предотвращения этих процессов с целью сохранения и поддержания благоприятных условий для произрастания сельскохозяйственных растений, соблюдая требования органического земледелия. В то же время для повышения эффективности мелиоративных мероприятий на склонах важно оценить состояние склоновых земель (параметры склонов, размеры контуров, гидрологический режим, типы и разновидности почв, эрозионные процессы, хозяйственные условия месторасположения и др.) [11, 12] и применить когнитивные технологии, используя интеллектуальные сети и инструменты управления данными, что в целом обеспечит реализацию цифровой мелиорации склоновых земель.

Библиографический список

1. Алексеев, В.В. Гидрофизика почв в мелиорации [Текст]: монография / В.В. Алексеев, И.И. Максимов. – Чебоксары: Новое время, 2017. – 280 с.
2. Алексеев, В.В. Получение функциональной зависимости липкости почв от основных гидрофизических почвенных параметров [Текст] / В.В. Алексеев, И.И. Максимов, С.А. Васильев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2014. – № 3 (40). – С. 63–67.
3. Бибутов, Н. С. Изучение деформации почвы в зависимости от основных параметров рыхлительной лапы [Текст] / Н.С. Бибутов, А.Х. Хожиев // Молодой ученый. – 2016. – №2. – С. 127-129.
4. Васильев, А.А. Устройство для внесения в почву жидких мелиорантов при плоскорезной обработке [Текст] / А. А. Васильев, С. А. Васильев // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т. 111. Ч. 1. – С. 181-183.
5. Васильев, С.А. Гидравлическая шероховатость склоновых агроландшафтов [Текст] / С.А. Васильев, И. И. Максимов, В. И. Максимов. – Чебоксары : Новое Время, 2014. – 210 с.
6. Васильев, С.А. Разработка методики проектирования противоэрозионных мелиоративных технологий на склоновых агроландшафтах по допустимому смыву почвы [Текст] / С.А. Васильев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 5. – С. 48-51.
7. Глубокорыхлитель навесной [Текст]: пат. № 2360388 / Бойков Н.А., Лачуга Ю.Ф., Маслов Г. Г. [и др.] / опуб. 10.07.2009, бюл. № 19.
8. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений [Текст]: пат. № 2500092 / Шмонин В.А, Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Оpub. 10.12.2013 Бюл. № 34
9. Методы и машины для глубокого рыхления грунта с одновременным внутрипочвенным внесением жидких органоминеральных удобрений [Текст] / А. Данатаров, С.Ч. Ашыров, К. Мухамметмырадов, С. Рустамов // Технические науки в России и за рубежом: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). – М.: Буки-Веди, 2012. – С. 141-143.
10. Методика проектирования компенсационных мелиоративных мероприятий с применением гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте [Текст] / С. А. Васильев // Природообустройство. – 2016. – № 3. – С. 84-89.

11. Моделирование развития русла в подстилающей поверхности склоновых агроландшафтов [Текст] / И. И. Максимов, С. А. Васильев, В. В. Алексеев [и др.] // Почвоведение. – 2016. – № 4. – С. 514-519.
12. Особенности применения противоэрозионных мелиоративных мероприятий на различных по форме склоновых агроландшафтах [Текст] / С. А. Васильев // Природообустройство. – 2016. – № 4. – С. 86-92.
13. Разработка рабочего органа для внесения жидких мелиорантов в почву при плоскорезной обработке [Текст] / С. А. Васильев, А. А. Васильев, И. И. Максимов [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2014. – № 1. – С. 55-58.
14. Совершенствование технических средств для глубокого рыхления почвы [Текст] / К. С. Потешкин, М. М. Константинов, А. Н. Хмура, Б. Н. Нуралин // Известия ОГАУ. – 2011. – № 4. – С. 101-104.

Reference

1. Alekseev, V. V. Gidrofizika pochv v melioracii [Текст]: monografiya / V. V. Alekseev, I. I. Maksimov. - Cheboksary: Novoe vremya, 2017. – 280 s.
2. Alekseev, V. V. Poluchenie funkcional'noj zavisimosti lipkosti pochv ot osnovnyh gidrofizicheskikh pochvennykh parametrov [Текст] / V. V. Alekseev, I. I. Maksimov, S. A. Vasil'ev // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – 2014. – № 3 (40). – С. 63-67.
3. Bibutov, N. S. Izuchenie deformacii pochvy v zavisimosti ot osnovnykh parametrov ryhlitel'noj lapy [Текст] / N. S. Bibutov, A. H. Hozhiev // Molodoj uchenyj. – 2016. – № 2. – С. 127-129.
4. Vasil'ev, A. A. Ustrojstvo dlya vneseniya v pochvu zhidkih meliorantov pri ploskoreznoj obrabotke [Текст] / A. A. Vasil'ev, S. A. Vasil'ev // Trudy GOSNITI. – 2013. – Т. 111. Ч. 1. – С. 181-183.
5. Vasil'ev, S. A. Gidravlicheskaya sherohovatost' sklonovykh agrolandshaftov [Текст] / S. A. Vasil'ev, I. I. Maksimov, V. I. Maksimov. – Cheboksary : Novoe Vremya, 2014. – 210 s.
6. Vasil'ev, S. A. Razrabotka metodiki proektirovaniya protivojerozionnykh meliorativnykh tehnologij na sklonovykh agrolandshaftah po dopustimomu smyvu pochvy [Текст] / S. A. Vasil'ev // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2016. - № 5. - С. 48-51.
7. Glubokoryhlitel' navesnoj [Текст]: pat. № 2360388 / Bojkov N. A., Lachuga Yu. F., Maslov G. G. [i dr.] / opub. 10.07.2009, byul. № 19.
8. Kombinirovannoe orudie dlya glubokogo ryhleniya pochvy s vneseniem udobrenij [Текст]: pat. № 2500092 / Shmonin V. A, Telovov N. K., Tojgambaev S. K. Opub. 10.12.2013 Byul. № 34.
9. Metody i mashiny dlya glubokogo ryhleniya grunta s odnovremennym vnutripochvennym vneseniem zhidkih organomineral'nykh udobrenij [Текст] / A. Danatarov, S. Ch. Ashyrov, K. Muhammetmyradov, S. Rustamov // Tehnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy II Mezhdunar. nauch. konf. (g. Moskva, noyabr' 2012 g.). – М.: Buki-Vedi, 2012. – С. 141-143.
10. Metodika proektirovaniya kompensacionnykh meliorativnykh meropriyatij s primeneniem gidrodinamicheskoy karakteristiki vodnogo potoka na sklonovom agrolandshafte [Текст] / S. A. Vasil'ev // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 3. – С. 84-89.
11. Modelirovanie razvitiya rusla v podstilayuschej poverhnosti sklonovykh agro-landshaftov [Текст] / I. I. Maksimov, S. A. Vasil'ev, V. V. Alekseev [i dr.] // Pochvovedenie. – 2016. – № 4. – С. 514-519.
12. Osobennosti primeneniya protivojerozionnykh meliorativnykh meropriyatij na razlichnykh po forme sklonovykh agrolandshaftah [Текст] / S. A. Vasil'ev // Prirodoobustrojstvo. – 2016. – № 4. – С. 86-92.
13. Razrabotka rabocheho organa dlya vneseniya zhidkih meliorantov v pochvu pri ploskoreznoj obrabotke [Текст] / S. A. Vasil'ev, A. A. Vasil'ev, I. I. Maksimov [i dr.] // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. – 2014. – № 1. – С. 55-58.
14. Sovershenstvovanie tehniceskikh sredstv dlya glubokogo ryhleniya pochvy [Текст] / K. S. Poteshkin, M. M. Konstantinov, A. N. Hmura, B. N. Nuralin // Izvestiya OGAU. – 2011. – № 4. – С. 101-104.

E-mail: vsa_21@mail.ru

УДК 631. 372

**ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ****ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES
AND TECHNICAL DEVICES IN CROP PRODUCTION****Н.И. Джабборов¹**, доктор технических наук**В.А.Эвиев²**, доктор технических наук**Н.Г. Очиров³**, кандидат технических наук**N.I. Jabborov¹, V.A. Eviev², N.G. Ochirov³**¹ ФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем
сельскохозяйственного производства», г. Санкт-Петербург² ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста³ ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан¹ FSBSI «Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production»,
Saint-Petersburg² FSBEI of Higher Education «Kalmyk State University», Elista³ FSBEI of Higher Education «North-Eastern State University», Magadan

Предложенная в статье методика существенно дополняет оценку энергоэффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур и позволяет: определить фактические значения коэффициентов энергоэффективности технических средств, применяемых в настоящее время в растениеводстве; прогнозировать коэффициенты энергоэффективности разрабатываемых новых технических средств; разработать и создать энергоэффективные технические средства. В качестве показателя энергетической эффективности технических средств (или сельскохозяйственных агрегатов) предложен коэффициент энергоэффективности $K_{T.CP}$. Предложенный коэффициент $K_{T.CP}$ позволяет оценить уровень энергоэффективности применяемых в производстве сельскохозяйственных агрегатов, определить величину резерва неиспользованной энергии энергетических средств и разработать технологические мероприятия по повышению энергоэффективности технических средств. Прогнозирование значения коэффициента $K_{T.CP}$ в процессе проектирования позволяет разработать конструктивные мероприятия и создать такие агрегаты, которые обеспечивали бы энергоэффективность новых машин, соответственно и технологических процессов. Предложенный коэффициент $K_{T.CP}$ характеризует уровень использования эффективной потенциальной энергетической возможности технических средств, применяемых в растениеводстве.

The technique which proposed in this article essentially supplements the assessment of energy efficiency of cultivation agricultural crops' technologies and allows: to determine the actual values of the energy efficiency coefficients of the technical devices which are currently used in crop production; to forecast the energy efficiency coefficients of the new developing technical devices; to develop and create energy-efficient technical devices. An energy efficiency coefficient $K_{T.CP}$ was offered as an indicator of the energy efficiency of technical devices (or agricultural aggregate). The proposed coefficient $K_{T.CP}$ allows to assess the level of energy efficiency used in the production of agricultural aggregate, to determine the amount of the unused energy's reserve of energy resources and to develop technological measures to improve the energy efficiency of technical means. The forecasting of the value of the coefficient $K_{T.CP}$ in the design process allows us to develop constructive measures and create such aggregates which would ensure the energy efficiency of new machines and, accordingly, technological processes. The proposed coefficient $K_{T.CP}$ characterizes the level of use of the effective potential energy possibility of technical means which are used in crop production.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, коэффициент энергетической эффективности, технологический процесс.

Key words: energy saving, energy efficiency, coefficient of energy efficiency, technological process.

Введение. Научные принципы повышения энергоэффективности технологических процессов в растениеводстве базируются на системном подходе, когда каждая почвообрабатывающая машина рассматривается как сложная динамическая система, состоящая из энергетического и технологического модулей, отдельных рабочих органов, определенным образом связанных между собой и внешней средой.

Энергоэффективность и энергосбережение в технологиях входят в Перечень критических технологий и приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

Анализ литературы [1–9] показывает, что отечественными и зарубежными учеными проводились и проводятся широкомасштабные научные исследования по разработке и освоению энергосберегающих и энергоэффективных технологий и технических средств, для производства сельскохозяйственной продукции.

Анализ технологий обработки почвы и в целом технологии производства сельскохозяйственной продукции в растениеводстве, разработанных и рекомендуемых производству показывает, что в них энергоэффективность достигается путем экономии энергии (энергосбережения) при производстве механизированных полевых работ и рациональном использовании технических средств и технологических материалов. Энергосбережение – это частный случай мер по повышению энергоэффективности, в результате которого затраты, вызывающие полезный эффект, уменьшаются, и соответственно растет энергоэффективность.

Другими словами, энергосбережение – это уменьшение затрат энергии при сохранении исходного полезного продукта, а энергоэффективность – увеличение полезного продукта при сохранении исходных затрат энергии.

В настоящее время учеными и специалистами наибольшее внимание уделяется первому пути обеспечения энергоэффективности технологий и технических средств, то есть энергосбережению.

Имеется другой, основной, путь повышения энергоэффективности технологий и технологических процессов. Это повышение коэффициента полезного действия топливно-энергетических затрат (энергоресурсов) на технологические процессы и технологии производства сельскохозяйственной продукции в целом.

Материалы и методы. Целью исследований является оценка энергетической эффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве. Предложенная оценка разработана на основе системного подхода, обобщения и анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований, моделирования технологических процессов.

Результаты и обсуждение. Энергетическую эффективность технологических процессов в растениеводстве можно достичь двумя путями (рисунок 1):

- 1) – повышением КПД энергетических ресурсов;
- 2) – энергосбережением (экономией энергии) при выполнении технологических процессов.

Энергосбережение в технологических процессах (например, обработка почвы) можно обеспечить (рисунок 2):

- оптимизацией конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров почвообрабатывающих агрегатов;
- оптимизацией количества технологических операций;
- оптимизацией скоростных режимов работы технических средств;
- оптимизацией нагрузочных режимов работы технических средств.

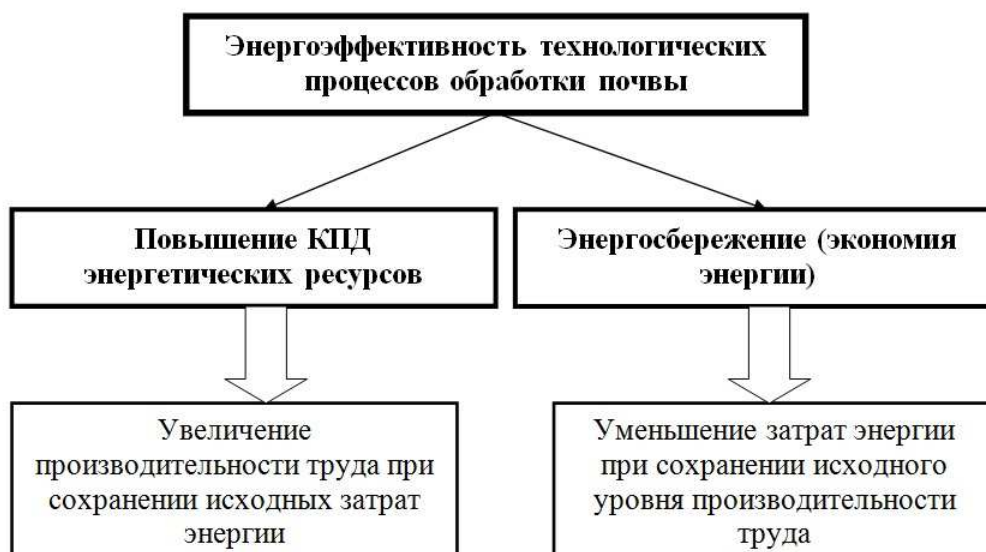


Рисунок 1 – Пути энергосбережения в технологических процессах

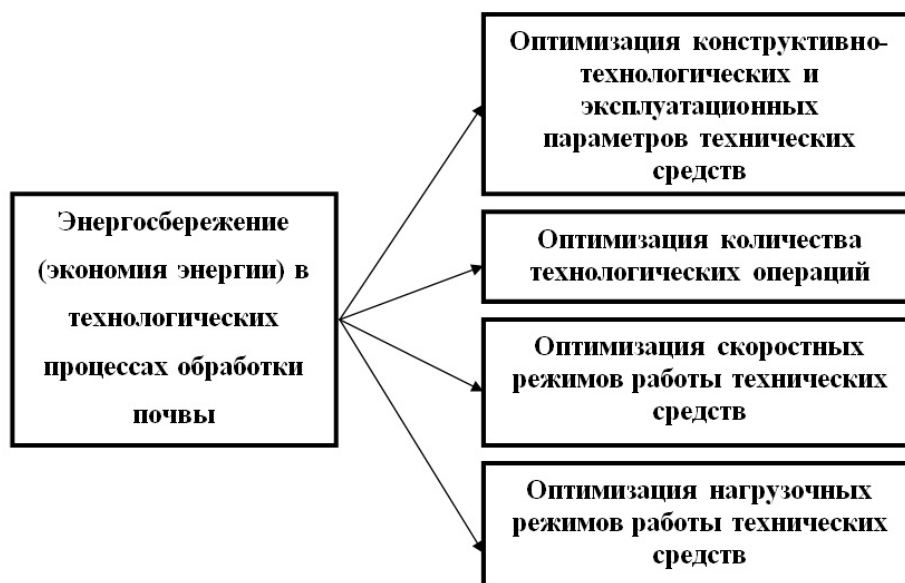


Рисунок 2 – Энергосбережение в технологических процессах обработки почвы

В свою очередь повышение КПД энергетических ресурсов в технологиях можно обеспечить (рисунок 3):

- повышением КПД технологических материалов (минеральных и органических удобрений, гербицидов и т.д.);
- повышением КПД технических средств.

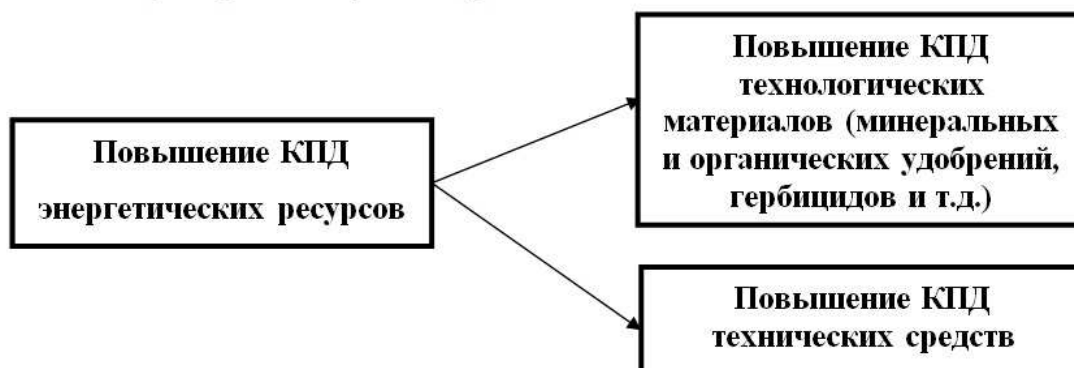


Рисунок 3 – Пути повышения коэффициента полезного действия энергетических ресурсов

Существенное повышение энергоэффективности в технологиях в растениеводстве можно обеспечить на основе комплексной реализации следующих научных принципов (рисунок 4).

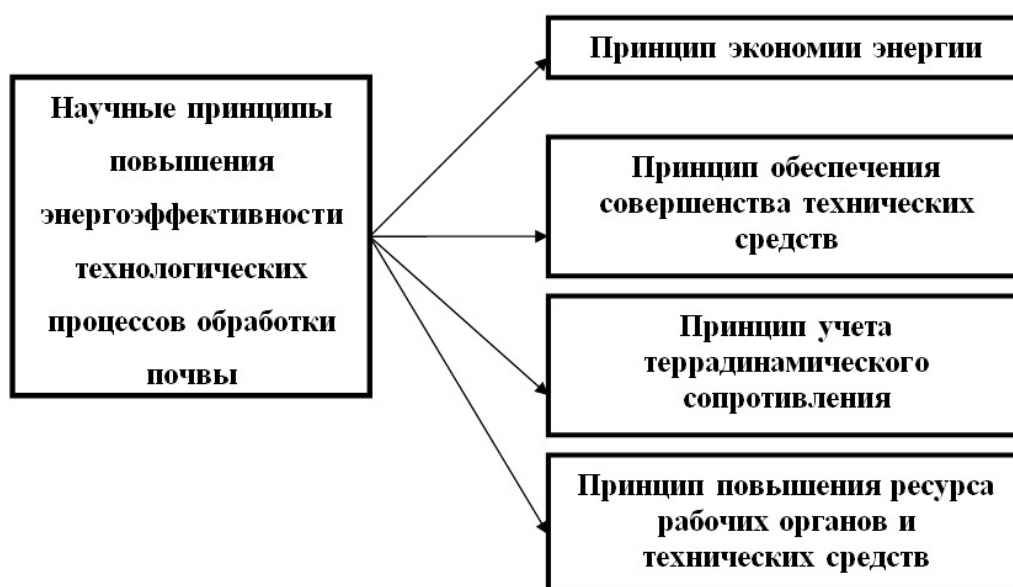


Рисунок 4 – Научные принципы повышения энергоэффективности технологических процессов обработки почвы

Комплексное применение названных научных принципов при проектировании позволяет разработать технологические процессы и соответствующие почвообрабатывающие машины с улучшенными динамическими характеристиками и обеспечивает энергоэффективность технологии обработки почвы.

Оценка энергетической эффективности машин блочно-модульной структуры для обработки почвы:

1. Оценка энергоэффективности агрегата МТЗ-920+УКПА-2,4 для глубокого рыхления почвы.

При установке рабочих органов в 1 ряд, нормативном значении коэффициента использования времени смены $\tau = 0,80$, среднем значении меры рассеяния нагрузки $\nu_p = 0,167$, глубине рыхления почвы $h_{см} = 41,6$ см, скорости движения $\bar{V}_p = 1,40$ м / с ,

полностью реализуется потенциальная энергетическая возможность универсального почвообрабатывающего агрегата блочно-модульной структуры УКПА-2,4 с трактором МТЗ-920, то есть значение коэффициента энергетической эффективности $K_{T.CP}$ агрегата будет равно 1.

Коэффициент энергетической эффективности $K_{T.CP}$ использования универсального почвообрабатывающего агрегата блочно-модульной структуры УКПА-2,4 с трактором МТЗ-920 при установке рабочих органов в 1 ряд, нормативном значении коэффициента использования времени смены $\tau = 0,80$, среднем значении меры рассеяния нагрузки $\nu_p = 0,167$, глубине рыхления почвы $h_{cm} = 32,3$ см и скорости движения $\bar{V}_p = 1,40$ м / с, будет равен:

$$K_{T.CP} = \frac{E_i^{opt}}{E_i^{тек}} = \frac{982,01}{1003,28} = 0,978.$$

Значение коэффициента энергетической эффективности $K_{T.CP} = 0,978$ свидетельствует о том, что при установке рабочих органов в 1 ряд, нормативном значении коэффициента использования времени смены $\tau = 0,80$, среднем значении меры рассеяния нагрузки $\nu_p = 0,167$, глубине рыхления почвы $h_{cm} = 32,3$ см, скорости движения $\bar{V}_p = 1,40$ м / с эффективная потенциальная энергетическая возможность (ЭПЭВ) универсального почвообрабатывающего агрегата блочно-модульной структуры УКПА-2,4 с трактором МТЗ-920 реализуется на 97,8 %.

2. *Оценка энергоэффективности почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+КБМ-4,2НУ.*

Коэффициент энергетической эффективности почвообрабатывающего агрегата МТЗ-82+КБМ-4,2НУ для предпосевной обработки почвы (при глубине обработки $h_{cm} = 7,6$ см, $K_a = 2,5$ кН / м, $\bar{V}_p = 2,31$ м / с) с учетом вышеприведенных расчетов равен:

$$K_{T.CP} = \frac{E_i^{opt}}{E_i^{тек}} = \frac{200,311}{599,733} = 0,334.$$

Значение коэффициента энергетической эффективности $K_{T.CP} = 0,334$ свидетельствует о том, что эффективная потенциальная энергетическая возможность комбинированной почвообрабатывающей машины КБМ-4,2НУ в агрегате с трактором МТЗ-82 реализуется всего на 33,4 %.

Заключение. Обоснованные научные принципы и системы повышения энергоэффективности технологических процессов базируются на системном подходе, когда технические средства и технологические процессы рассматриваются как сложная динамическая система, состоящая из энергетического и технологического модулей, отдельных рабочих органов, операций, определенным образом связанных между собой и внешней средой.

Системный и комплексный принципы прогнозирования эксплуатационных параметров позволяют учесть все факторы, влияющие на функционирование МТА, и обеспечить создание технических средств с высокими показателями эффективности и качества работы.

Библиографический список

1. Джаббаров, Н.И. Научные основы энерго-технологической оценки и прогнозирования эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / Н.И. Джаббаров. – Душанбе: Изд. «Дониш», 1995. – 286 с.
2. Джаббаров, Н.И. Эффективность использования техники по топливно-энергетическим затратам [Текст] / Н.И. Джаббаров, В.А. Эвиев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 4. – С. 26–28.
3. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – М.: ВИМ, ЦНИИМЭСХ, ВИЭСХ, 1995. – 96 с.
4. Паршин, В.А. Биоэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] : монография / В.А. Паршин, М.М. Оконов, Т.И. Бакинова. – Элиста: АПП «Джангар», 1997. – 160 с.
5. Панов, И.М. Основные пути снижения энергозатрат при обработке почвы [Текст] / И.М. Панов, Н.М. Орлов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 8. – С. 27-30.
6. Эвиев, В.А. Методология определения оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. [Текст] / В.А. Эвиев. – СПб-Пушкин: тип. СПГАУ, 2004. – 274 с.
7. Юнусов, Г.С. Энергетическая оценка энергонасыщенных тракторов с блочно-модульными агрегатами [Текст] / Г.С. Юнусов // Тракторы и сельхозмашины. – 2005. – № 4. – С. 13–14.
8. Об анализе чувствительности критериев эффективности проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://mfua.msk.su/discipliny/org_fin_inv/files/48.html (NPV, IRR)
9. Estimation of Operation Efficiency of Machine-Tractor Units Equipped with Constant Power Engines / N.I. Jabborov, V.A. Eviev, B.I. Belyaeva, N.G. Ochirov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – RJPBCS January-February 6(1). – P. 1793-1802.

Reference

- Dzhabborov, N. I. Nauchnye osnovy jenergo-tehnologicheskoy ocenki i prognozirovaniya jeffektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh sel'skohozyajstvennyh agregatov [Tekst] / N. I. Dzhabborov. - Dushanbe: Izd. "Donish", 1995. – 286 s.
2. Dzhabborov, N.I. Jeffektivnost' ispol'zovaniya tehniki po toplivno-jenergeticheskim zatratam [Tekst] / N. I. Dzhabborov, V. A. Jeviev // Traktory i sel'skohozyaj-stvennye mashiny. - 2005. - № 4. - S. 26-28.
 3. Metodika jenergeticheskogo analiza tehnologicheskikh processov v sel'skohozyaj-stvennom proizvodstve. - M.: VIM, CNIIMJESX, VIJESX, 1995. - 96 s.
 4. Parshin, V. A. Biojenergeticheskaya ocenka tehnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]: monografiya / V. A. Parshin, M. M. Okonov, T. I. Bakinova. – Jelista: APP «Dzhangar», 1997. – 160 s.
 5. Panov, I. M. Osnovnye puti snizheniya jenergozatrat pri obrabotke pochvy [Tekst] / I. M. Panov, N. M. Orlov // Traktory i sel'hozmashiny. – 1987. – № 8. – S. 27-30.
 6. Jeviev, V. A. Metodologiya opredeleniya optimal'nyh i dopuskaemyh rezhimov raboty mashinno-traktornyh agregatov. [Tekst] / V. A. Jeviev. - SPb-Pushkin: tip. SPGAU, 2004. - 274 s.
 7. Yunusov, G. S. Jenergeticheskaya ocenka jenergonasyschennyh traktorov s blochno-modul'nymi agregatami [Tekst] / G. S. Yunusov // Traktory i sel'hozmashiny. – 2005. – № 4. – S. 13-14.
 8. Ob analize chuvstvitel'nosti kriteriev jeffektivnosti proektov [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: http://mfua.msk.su/discipliny/org_fin_inv/files/48.html (NPV, IRR)
 9. Estimation of Operation Efficiency of Machine-Tractor Units Equipped with Constant Power Engines / N.I. Jabborov, V.A. Eviev, B.I. Belyaeva, N.G. Ochirov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2015. – RJPBCS January-February 6(1). – P. 1793-1802.

E-mail: aviev@yandex.ru

УДК 631.53.04

**ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОСЕВА
ОБРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДОЙ
СЕМЯН ЛЕСНЫХ И САДОВЫХ КУЛЬТУР****SOWING MACHINE FOR SOWING THE TREATED WATER
ELECTROACTIVATION OF SEEDS OF FOREST AND HORTICULTURE****С.Я. Семененко^{1,2}**, доктор сельскохозяйственных наук**В.Г. Абезин^{1,2,3}**, доктор технических наук, профессор**Н.Н. Дубенок⁴**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
академик РАН**О.М. Агеенко^{1,2}**, научный сотрудник**S.Ya. Semenenko^{1,2}, V.G. Abezin^{1,2,3}, N.N. Dubenok⁴, O.M. Ageenko^{1,2}**¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград² Волгоградский государственный аграрный университет³ Астраханский государственный университет⁴ Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва¹ Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd² Volgograd State Agrarian University³ Astrakhan State University⁴ Affiliation: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

Посев семян лесных и садовых культур является одной из важнейших технологических операций, предназначенных для получения сеянцев при выращивании саженцев лесных и садовых культур. Необходимое качество посева обеспечивается сошниковой секцией сеялки, которая включает бороздообразователь, сошник, загортаци и высевальной аппарат. К бороздообразователю и сошнику предъявляются следующие агротехнические требования. Клинообразная бороздка должна образовываться без иссушения почвы и перемешивания верхних и нижних слоев почвы, с обеспечением заданной глубины заделки 2...10 см с допустимым отклонением не более 1,0 см. Бороздообразователь должен обеспечивать образование уплотненного дна, а загортаци укрывать семена влажным слоем почвы. Отклонение основных междурядий допускается не более 2,0 см, а стыковых междурядий – не более 5,0 см. Высевальной аппарат должен обеспечивать точность посева не менее 80 % при отсутствии пустых гнезд. Повреждение семян не более 0,5 %. Высевальной аппарат должен быть универсальным с возможностью посева другой культуры, а также иметь возможность изменения подачи заданного количества семян в гнездо. Перед посевом семена должны быть обработаны материалом, позволяющим уничтожать болезнетворные микробы и личинки вредителей.

Sowing seeds of forest and horticulture is one of the most important technological operations designed to obtain seedlings for growing seedlings of forest and horticultural crops. The required quality of the planting is provided by the Coulter section of the planter, which includes borozdanovke, Coulter, earthing devices and the sowing machine. To borozdanovke and Coulter are as agrotechnical requirements. Wedge-shaped groove should be formed without drying out the soil and mixing the top and bottom soil layers, to ensure a given depth of embedment 2...10 cm with a tolerance of not more than 1,0 cm Borozdanovke should provide education of compacted bottom, and the earthing devices to cover the seeds with wet soil. The deviation from the basic spacing may be no more than 2,0 cm, and joint spacing not more than 5,0, see the Sowing machine needs to provide accurate seed placement at least 80% with no empty slots. Damage of seeds no more than 0,5%. The sowing machine must be

versatile with a possibility of seeding a different culture, and have the ability to change the flow of a given quantity of seeds into the nest. Before sowing seeds should be treated with material designed to destroy germs and larvae of pests.

Ключевые слова: сошниковая секция, бороздообразователь, грядиль, сошник, загортачи, шлейф-боронка, транспортерный высевочный аппарат, ячейки.

Key words: soshnikova section, borozdanovke, beam, plowshare, coverers, train-harrows, conveyor sowing machine, cells.

Введение. Согласно агротехническим требованиям, предъявляемым к рабочим органам сеялки для получения заданной точности посева, необходимо иметь дозатор с ячейками индивидуального отбора в соответствии с формой и размерами семян высевочной культуры [1]. Сошник должен иметь клинообразную форму для возможности фиксации семян вдоль оси рядка с целью междурядной обработки с минимальной защитной зоной в дальнейшем. Загортачи должны обеспечивать сжатие стенок бороздки для укрытия семян влажным слоем почвы. Для уничтожения болезнетворных микробов и личинок вредителей [2] семена предварительно замачивают в электроактивированной воде, имеющей положительно заряженный потенциал (анолит), а затем замачивают в электроактивированной воде с отрицательно заряженным потенциалом (католит) [8].

Материалы и методы. Определение цели, задач и методов исследований, а также их теоретическое и техническое обоснование основано на обработке научно-технической информации, в т.ч. патентных исследованиях и на проблематике оснащения агропромышленного производства.

Идеей представленной конструкции послужила необходимость качественного посева семян лесных культур с предварительной обработкой их электрохимически активированными водными растворами для уничтожения болезнетворных микробов и совмещения их в одну операцию [11].

Результаты и обсуждение. Посев семян лесных и садовых культур производится с помощью разработанной конструкции (рисунок 1) следующим образом.

Предварительно выполняется подготовка семян к посеву [3], включающая замачивание семян в электроактивированной воде с положительным потенциалом +500...+600 мВ в течение 0,15...0,25 часа при температуре 15...20 °С для уничтожения болезнетворных микробов и личинок вредителей [5, 6, 11]. Замоченные семена подсушиваются 1 час при температуре 15...20 °С, а перед посевом замачиваются в электроактивированной воде с потенциалом -600...-700 мВ в течение 1,5...2,0 часа [9, 10].

При этом величина потенциала постоянно поддерживается на заданном уровне.

В бункер 16 семена загружаются вместе с католитом, и производится посев. Перед посевом на нож-бороздообразователь 5 устанавливаются боковые накладки 7 с заданным углом клина бороздки, которая обеспечивает фиксацию семян вдоль оси рядка, что позволяет выполнять междурядную обработку семян с минимальной защитной зоной. В бункер устанавливается высевочный аппарат 17 с ячейками, соответствующими физико-механическим свойствам семян высевочной культуры. Устанавливается передаточное отношение, соответствующее шагу посадки семян. При движении сеялки приводной блок 21 обеспечивает перемещение высевочного транспортера 17 под слоем семян, при этом вода, вытекающая через водосливные отверстия 19 ячеек 18, вызывает подсосывающий эффект, что обеспечивает гарантированный захват семян ячейками. Семена удерживаются ячейками 18 при перемещении высевочного транспортера 17 благодаря подсосывающему эффекту водосливных отверстий 19. Перед приводным блоком 21 щеточный отражатель 23 щетинками 24 удаляет лишние семена с ячеек 18, и в них остается только по одному семени.

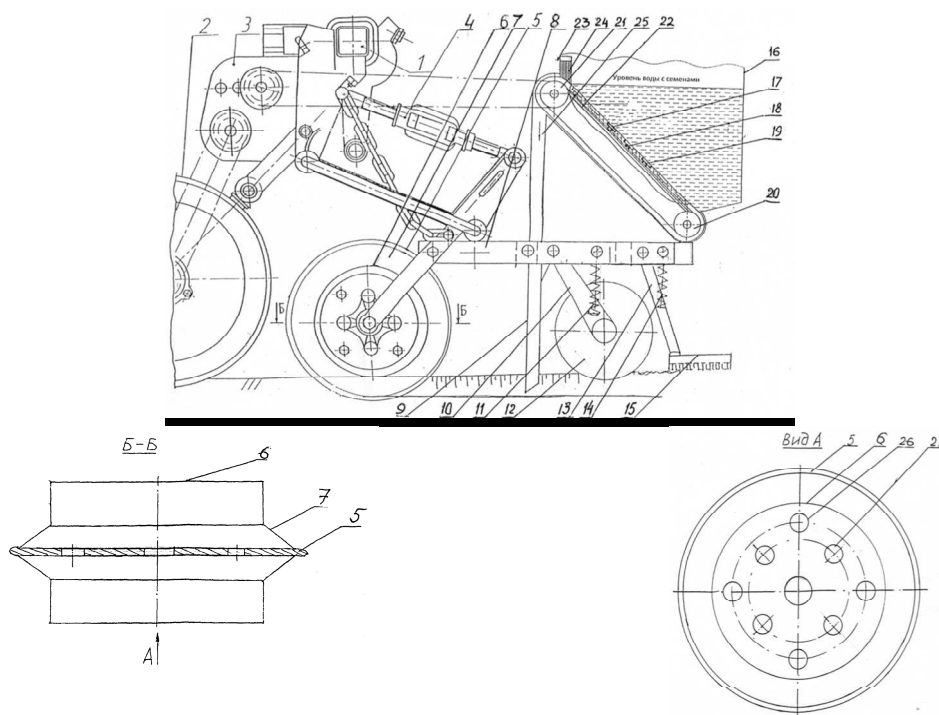


Рисунок 1 – Секция сеялки для посева семян лесных и садовых культур:

- 1 – рама сеялки; 2 – опорно-приводное колесо; 3 – коробка перемены передач;
4 – параллелограммная навеска; 5 – нож-бороздообразователь; 6 – реборды;
7 – боковые накладки; 8 – грядиль; 9 – сошник; 10, 13 – поводки; 11, 14 – пружина сжатия; 12 – дисковые загортчи; 15 – шлейф-боронка; 16 – бункер; 17 – высевающий транспортер; 18 – ячейки; 19 – водосливное отверстие; 20 – нижний блок;
21 – приводной блок; 22 – поддон; 23 – щеточный отражатель; 24 – щетинки;
25 – семяпровод; 26 – отверстия для установки болтов крепления боковых накладок;
27 – отверстия для крепления реборд

На приводном блоке 21 ячейки деформируются и выталкивают семена в семяпровод 25. Этому способствует вода, которая выливается из ячейки вместе с семенем. Семя по семяпроводу 25 и сошнику 9 поступает в бороздку, образованную ножом-бороздообразователем 5, и фиксируется вдоль оси рядка. Дисковые загортчи 12 производят укрытие семян влажным слоем почвы с образованием валика разрыхленной почвы. Шлейф-боронка 15 производит выравнивание валика и создает мульчированный верхний слой почвы, предотвращающий потери влаги.

Применение ножа-бороздообразователя обеспечивает образование бороздки заданного профиля и фиксацию семян вдоль оси рядка. Использование семян, обработанных анолитом и католитом, обеспечивает их гарантированную всхожесть и получение высококачественных сеянцев. Зафиксированные вдоль оси рядка сеянцы позволяют вести междурядную обработку посадок с минимальной защитной зоной, что значительно снижает затраты ручного труда по уходу за посадками.

Большинство семян лесных культур имеет эллиптическую форму и четко выраженные размеры: длину, ширину и толщину. Для получения точного высева семян перед посевом необходимо калибровать по размерам на зерноочистительных машинах [4, 7, 12].

Высевающие аппараты транспортерного типа используются в основном для высева несypучих семян, а также семян с материалом стратификации [7].

При движении высевающего транспортера 17 со скоростью V_e под слоем семян происходит их перемещение со скоростью V_r . Семена в большинстве случаев располагаются продольной осью по направлению движения. Центр тяжести семени O (рисунок 2), расположенный на некотором расстоянии от края ячейки, не допускает укладку семени в ячейку. Давление верхних слоев семян удерживает их от перемещения, а перемещается только высевающий транспортер [2, 5]. Семя западает в ячейку только после перемещения центра тяжести семени в относительном движении на величину Δ [2]. При рассмотрении условий западения семени в ячейку необходимо учитывать силу инерции F_u . Если принять условие, что силы бокового и вертикального давления распределены равномерно, то относительно кромки ячейки можно записать уравнение предельного равновесия, приравняв к нулю сумму моментов всех сил, действующих на семя относительно точки O .

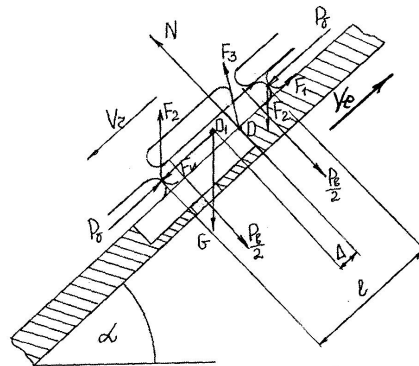


Рисунок 2 – Схема западения семени в ячейку

$$\sum m(P_i)_0 = G \cos \alpha \Delta + \frac{P_{\sigma}}{2} \left(\frac{l}{4} + \Delta \right) - \frac{P_{\sigma}}{2} \left(\frac{l}{4} - \Delta \right) + F_u \frac{\delta}{2} \cos \alpha + 2F_3 \delta \cos \alpha - F_2 l = 0, \quad (1)$$

где α – угол наклона высевающего транспортера, град.; l – длина семени, м; δ – толщина семени, м.

Силы трения F_2 и сила инерции F_u определяются из уравнений:

$$F_2 = f_{\text{вн}} P_{\sigma}; F_3 = f_{\text{вн}} \frac{P_{\sigma}}{2}; F_u = m a = \frac{G}{g} a, \quad (2)$$

где $f_{\text{вн}}$ – коэффициент трения между семенами; m – масса семени; g – ускорение свободного падения; a – ускорение переносного движения.

После подстановки значений в уравнение (1) и преобразования получим:

$$\Delta = \frac{P_{\sigma} f_{\text{вн}} l - P_{\sigma} f_{\text{вн}} \delta}{P_{\sigma} + G}. \quad (3)$$

Сила инерции F_u имеет незначительную величину, и ее влияние на достоверность результата можно опустить и ввести обозначения:

$$\frac{P_{\sigma}}{P_{\sigma}} = n; \frac{P_{\sigma}}{G} = \mu. \quad (4)$$

Так как μ в заполненном бункере $\mu \geq 1$, то из уравнения 3:

$$\Delta = f_{\text{вн}} (nl - \delta). \quad (5)$$

Составим дифференциальное уравнение движения центра тяжести семени $m\ddot{x} = 0; \ddot{y} \approx \mu g$. После сокращения на m и интегрирования при $t=0; \dot{x} = V_r, \dot{y} = 0$ получим:

$$\frac{dx}{dt} = V_r; \frac{dy}{dt} = \mu g t. \quad (6)$$

После интегрирования

$$x = V_r t + C_1; y = \frac{\mu g t^2}{2} + C_2. \quad (7)$$

Произвольные постоянные при начальных условиях $t=0, x=0, y=0, C_1=C_2=0$. Для прохода семени в ячейку необходимо условие $y=\delta/2$. Подставив значение y в уравнение (7), получим:

$$x = V_r \sqrt{\frac{\delta}{\mu g}}. \quad (8)$$

После преобразований:

$$x = V_r \sqrt{\frac{\delta}{\mu g}} \leq \left[l_{\text{я}} - \left(\frac{l}{2} + \Delta \right) \right]. \quad (9)$$

Таким образом, рекомендуемая длина ячейки:

$$l_{\text{я}} \geq V_r \sqrt{\delta / \mu g} + l / 2 + f_{\text{гн}}(nl + \delta), \text{ м}. \quad (10)$$

Движение семян после падения на дно борозды рассмотрено для случая падения семени на наклонную поверхность борозды почвы со скоростью V_n под углом β_0 наклона стенки борозды к горизонту (рисунок 3). После удара о почву семя через очень малый промежуток времени отражается от почвы со скоростью U_0 под углом отражения β_0 [1].

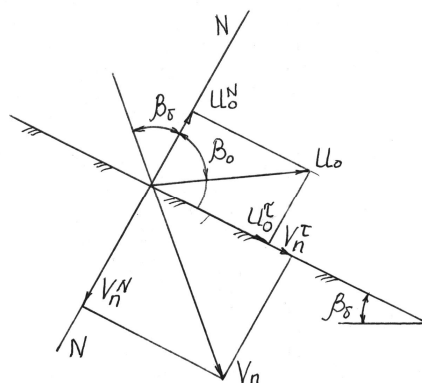


Рисунок 3 – Распределение скоростей при ударе семени о борозду

Скорость отражения семени U_0 может быть определена как геометрическая сумма нормальной U_0^N и касательной U_0^{τ} составляющих:

$$\overline{U}_0 = \overline{U}_0^N + \overline{U}_0^{\tau}, \quad (11)$$

или

$$U_0 = \sqrt{(U_0^N)^2 + (U_0^{\tau})^2}. \quad (12)$$

Точка падения семени принята за начало координат, ось X совпадает с направлением движения сеялки, ось ординат перпендикулярна оси X , а ось Z вертикальна (рисунок 4).

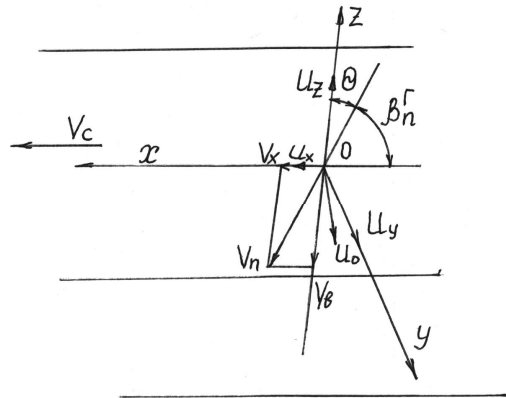


Рисунок 4 – Схема взаимодействия семени с наклонной поверхностью стенки:

Если разложить скорость V_n падения по осям OX и OZ , то можно записать:

$$V_x = V_n \sin \theta. \quad (13)$$

$$V_b = V_n \cos \theta, \quad (14)$$

где θ – угол между направлением скорости V_n и осью OZ .

$$\theta = \frac{\pi}{2} - \beta_n^\Gamma. \quad (15)$$

Скорость падения по оси OZ разложим на нормальную V_b^N и касательную V_b^τ составляющие к поверхности стенки борозды (рис.5).

Выразим составляющие V_b^N и V_b^τ через скорость падения V_n , угол наклона стенки борозды к вертикали γ и угол θ .

$$V_b^N = V_b \sin \gamma = V_n \cos \theta \sin \gamma, \quad (16)$$

$$V_b^\tau = V_b \cos \gamma = V_n \cos \theta \cos \gamma. \quad (17)$$

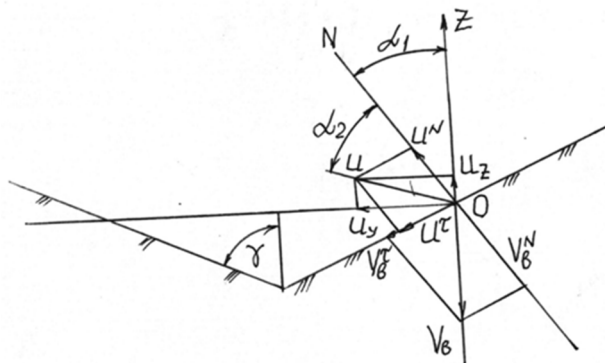


Рисунок 5 – Разложение скоростей при ударе семени о стенку борозды

Разложив скорость U на нормальную U^N и касательную U^τ составляющие, получим:

Нормальная составляющая:

$$U^N = \varepsilon V_b^N = \varepsilon V_n \cos \theta \sin \gamma. \quad (18)$$

Касательная составляющая U^{τ} может быть определена из условия, что импульс удара S и импульс трения $S_{\text{тр}}$ при падении на неподвижную поверхность связаны соотношением:

$$S_{\text{тр}} = \lambda S, \quad (19)$$

где λ – коэффициент трения.

Импульс трения при ударе семени о почву

$$S_{\text{мп}} = \lambda_c S^N, \quad (20)$$

где λ_c – коэффициент трения семени о почву.

Согласно закону равенства импульса силы трения количеству движения, имеем:

$$S^{\tau} = \lambda_c S^N = m_c (V_b^{\tau} - U^{\tau}). \quad (21)$$

Заменив S^N его значением из уравнения (19), получим

$$\lambda_c m_c V_b^N (1 + \varepsilon) = m_c (V_b^{\tau} - U^{\tau}), \quad (22)$$

отсюда: $U^{\tau} = V_b^{\tau} - \lambda_c (1 + \varepsilon) V_b^N$. Подставив значения V_b^N и V_b^{τ} из выражений 17, 18, определим:

$$U^{\tau} = V_n \cos \theta [\cos \gamma - \lambda_c (1 + \varepsilon) \sin \gamma], \quad (23)$$

$$\text{отсюда} \quad U = \sqrt{(U^N)^2 + (U^{\tau})^2} = V_n \cos \theta \sqrt{\varepsilon^2 \sin^2 \gamma + [\cos \gamma - \lambda_c (1 + \varepsilon) \sin \gamma]^2}. \quad (24)$$

При известных величине и направлении скорости U проекции на оси OZ, OY и OX:

$$U_z = U \cos(\alpha_1 + \alpha_2) = V_n \cos \theta \cos(\alpha_1 + \alpha_2) - \sqrt{\varepsilon^2 \sin^2 \gamma + [\cos \gamma - \lambda_c (1 + \varepsilon) \sin \gamma]^2}, \quad (25)$$

где α_1 – угол между нормалью к стенке борозды NN и осью OZ в точке падения семени:

$$\alpha_1 = \pi / 2 - \gamma, \quad (26)$$

где α_2 – угол отражения скорости U .

$$\cos \alpha_2 = U^N / U = \varepsilon / \sqrt{\varepsilon^2 + [\text{ctg} \gamma - \lambda_c (1 + \varepsilon)]^2}. \quad (27)$$

Если в уравнение (25) подставить значения углов α_1 и α_2 , то получим:

$$U_z = V_n \cos \theta [\varepsilon - \text{ctg}^2 \gamma + \lambda_c (1 + \varepsilon) \text{ctg} \gamma]. \quad (28)$$

Составляющая скорости U на ось OY:

$$U_y = U \sin(\alpha_1 + \alpha_2) = V_n \cos \theta \sin(\alpha_1 + \alpha_2) \sqrt{\varepsilon^2 \sin^2 \gamma + [\cos \gamma - \lambda_c (1 + \varepsilon) \sin \gamma]^2}, \quad (29)$$

Представив значения α_1 и α_2 из уравнений (26; 27) получим:

$$U_y = V_n \cos \theta (1 + \varepsilon) (\text{ctg} \gamma - \lambda_c). \quad (30)$$

Составляющая U_x определится из выражения $V_x = V_n \sin \theta$, в этом случае:

$$U_x = V_n [1 - \lambda_c (1 + \varepsilon) \text{ctg} \theta]. \quad (31)$$

Величину и направление скорости отражения U_0 семени определим по значениям U_x , U_y , U_z из условия падения под углом к вертикали на боковину борозды с углом раствора 2γ и скорости V_n .

$$\begin{aligned} U_0 &= \sqrt{U_z^2 + U_y^2 + U_x^2} = \\ &= V_n \cos \theta \sqrt{\varepsilon^2 \sin^2 \gamma + [\cos \gamma - \lambda_c (1 + \varepsilon) \sin \gamma]^2 + \sin^2 \theta [\text{tg} \theta - \lambda_c (1 + \varepsilon)]^2} \end{aligned} \quad (32)$$

Таким образом, скорость отражения U_0 зависит от скорости падения V_n , коэффициента трения λ_s , углов θ и γ . Углы между проекциями U_0 на координатные оси определяются из выражений (32)

$$\begin{aligned} \widehat{(U_0, 0X)} &= \arccos U_x/U_0; \\ \widehat{(U_0, 0Y)} &= \arccos U_y/U_0; \\ \widehat{(U_0, 0Z)} &= \arccos U_z/U_0. \end{aligned} \quad (33)$$

Экспериментально установлено, что использование предпосевной обработки электроактивированной водой и посев семян совместно с католитом повышает всхожесть семян до 90 %, обеспечивает получение высококачественных всходов семян их дружный рост и развитие, а фиксированная укладка семян вдоль оси бороздки позволяет вести обработку с минимальной защитной зоной, что обеспечивает снижение затрат труда на уход за посевами семян на 35 %.

Библиографический список

1. Абезин, В.Г. Механизация возделывания бахчевых культур на основе ресурсосберегающих почвозащитных технологий [Текст] : дисс. докт. техн. наук / В.Г. Абезин. – Волгоград, 2004. – 409 с., ил.
2. Беспалова, О.Н. Совершенствование технологии и средств механизации посева семян арбуза пунктирно-гнездовым способом [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / О.Н. Беспалова. – Волгоград, 2015. – 19 с.
3. Жданов, Ю.М. Технологии и средства механизации агролесомелиоративных работ [Текст] / Ю.М. Жданов И.М. Бартенев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – 192 с.
4. Кулик, К.Н. Полезащитное лесоразведение: значение, состояние, пути выхода из кризиса [Текст] / К.Н. Кулик, А.С. Манаенков, А.Ю. Раков // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – №1. – С. 24-27.
5. Леонов, Б.И. Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды [Текст] / Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. – М.: ВНИИИМТ, 1999. – 244 с.; ил.20.
6. Моторин, В.А. Разработка и обоснование параметров технологии и технических средств посева пророщенных семян тыквы [Текст]: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / В.А. Моторин. – Волгоград, 2013. – 22 с.
7. Новосельцев, А.И. Справочник по лесным питомникам [Текст] / А.И. Новосельцев, Н.А. Смирнов. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 280 с., ил.
8. Технология использования оросительной воды с изменённым редокс-потенциалом [Текст]: монография / Н.Н. Дубенок, С.Я. Семененко, Е.И. Чушкина, М.Н. Лытов, А.Н. Чушкин. – Волгоград: ООО «СФЕРА», 2016. – 228 с.
9. Установка для электрохимической активации воды [Текст] : патент № 2573004 Российская Федерация, МПК C02F 1/46. / А.Л.Конюшков, С.Я.Семененко, А.Н.Лагутин, Е.И.Чушкина, М.Н.Кузнецова // Изобретения. Полезные модели. –2016. – №2.
10. Устройство для электроактивации воды [Текст] : патент № 2628782 Российская Федерация, МПК C02F 1/46. / С.Я.Семененко, Р.М. Бессарабов, В.Г. Абезин, Н.Н. Дубенок, С.М. Григоров, М.В. Мазепа, А.Н. Чушкин // Изобретения. Полезные модели. –2016. – №34.
11. Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы [Текст] / Под ред. д.т.н., проф. Бахира В.М. – М.: АМТН РФ, ВНИИИМТ, 1999. – 256 с. : ил.
12. Thomas, E. Die Planung von Grassversuchen (Produktionsexperimenten) mit Hilfe des Modul-Konplexes FEVE / E. Thomas, M. Schrupf // Feldversuchswesen. 1989. – Т.6. – №2. – S. 83-89.

Reference

1. Abezin, V. G. Mehanizaciya vozdel'vaniya bahchevyh kul'tur na osnove resursosberegayuschih pochvozaschitnyh tehnologij [Tekst] : diss. dokt. tehn. nauk / V. G. Abezin. – Volgograd, 2004. – 409 s., il.

2. Bepalova, O. N. Sovershenstvovanie tehnologii i sredstv mehanizacii poseva semyan arbuza punktirno-gnezhdovym sposobom [Tekst]: avtoref. dis. kand. tehn. nauk / O. N. Bepalova. – Volgograd, 2015. – 19 s.
3. Zhdanov, Yu. M. Tehnologii i sredstva mehanizacii agrolesomeliorativnyh rabot [Tekst] / Yu. M. Zhdanov I. M. Bartenev. – Volgograd: VNIALMI, 2011. – 192 s.
4. Kulik, K. N. Polezaschitnoe lesorazvedenie: znachenie, sostoyanie, puti vyhoda iz krizisa [Tekst] / K. N. Kulik, A. S. Manaenkov, A. Yu. Rakov // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. – 2012. – №1. – S. 24-27.
5. Leonov, B. I. Fiziko-himicheskie aspekty biologicheskogo dejstviya jelektrohimicheski aktivirovannoj vody [Tekst] / B. I. Leonov, V. I. Priluckij, V. M. Bahir. – M.: VNIIMT, 1999. – 244 s.; il.20.
6. Motorin, V. A. Razrabotka i obosnovanie parametrov tehnologii i tehniceskikh sredstv poseva proraschennyh semyan tykvy [Tekst]: avtoreferat dis. ... kandidata tehniceskikh nauk : 05.20.01 / V. A. Motorin. – Volgograd, 2013. – 22 s.
7. Novosel'cev, A. I. Spravochnik po lesnym pitomnikam [Tekst] / A. I. Novosel'cev, N. A. Smirnov. – M.: Lesn. prom-st', 1983. – 280 s., il.
8. Tehnologiya ispol'zovaniya orositel'noj vody s izmenjonnyim redoks-potencialom [Tekst]: monografiya / N. N. Dubenok, S. Ya. Semenenko, E. I. Chushkina, M. N. Lytov, A. N. Chushkin. – Volgograd: OOO "SFERA", 2016. – 228 s.
9. Ustanovka dlya jelektrohimicheskoy aktivacii vody [Tekst] : patent № 2573004 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F 1/46. / A. L. Konyushkov, S. Ya. Semenenko, A. N. Lagutin, E. I. Chushkina, M. N. Kuznecova // Izobreteniya. Poleznye modeli. -2016. - №2.
10. Ustrojstvo dlya jelektroaktivacii vody [Tekst] : patent № 2628782 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F 1/46. / S. Ya. Semenenko, R. M. Bessarabov, V. G. Abezin, N. N. Dubenok, S. M. Grigorov, M. V. Mazepa, A. N. Chushkin // Izobreteniya. Poleznye modeli. -2016. - №34.
11. Jelektrohimicheskaya aktivaciya: istoriya, sostoyanie, perspektivy [Tekst] / Pod red. d. t. n., prof. Bahira V. M. - M.: AMTN RF, VNIIMT, 1999. – 256 s. : il.
12. Thomas, E. Die Planung von Grassversuchen (Produktionsexperimenten) mit Hilfe des Modul-Konplexes FEVE / E. Thomas, M. Schrupf // Feldversuchswesen. 1989. – T.6. – №2. – S. 83-89.

E-mail: pniiemt@yandex.ru

УДК. 631. 331

**РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ПОЧВОЗАЩИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ПОСЕВА СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР
В ОСТРОЗАСУШЛИВЫХ ЗОНАХ ЮФО**

**RESOURCE-SAVING SOIL-PROTECTIVE TECHNOLOGY
OF SHORT CROPS SOWING SEEDS
IN THE SEVERELY DRY ZONES OF THE SOWTH FEDERAL AREA**

А.Н. Цепляев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.В. Харлашин¹, кандидат технических наук, доцент

В.А. Цепляев^{1,2}, кандидат технических наук, первый заместитель председателя

A.N. Tseplyaev¹, A.V. Kharlashin¹, V.A. Tseplyaev^{1,2}

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Комитет сельского хозяйства Волгоградской области, г. Волгоград

¹Volgograd State Agrarian University

²Committee of Agriculture of the Volgograd Region, Volgograd

При возделывании пропашных культур (кукуруза, подсолнечник, бахчевые) хозяйства сталкиваются с серьезной проблемой – изреженные всходы после посева, особенно в засушливые годы. В основном это происходит из-за несовершенства самой технологии посева, что в итоге приводит к нерациональному использованию площади поля, снижению урожайности и рентабельности производства культуры. Несмотря на то что в хозяйствах стремятся повысить полевую всхожесть пропашных культур за счет применения высококачественных, подготовленных к посеву и обрабо-

танных специальными препаратами семян с соблюдением оптимальных сроков посева или используют гнездовой и пунктирно-гнездовой способы посева, данные мероприятия не приводят к желаемым результатам, так как повышается себестоимость продукции. Посев пропашных культур проросшими семенами с соблюдением агротехнических требований позволит обеспечить получение дружных, ранних и равномерно распределённых по длине рядка всходов, существенно сократить (до 15...18 дней) вегетационный период и, соответственно, получить раннее созревание урожая. Преимущество предлагаемой нами технологии заключается в том, что проросшие семена являются индикатором того, что посевной материал обладает довольно высокой всхожестью и если механизировать процесс посева проросшими семенами, то можно добиться результатов, указанных ранее. Но использовать существующие сеялки для предложенной нами технологии невозможно, так как их рабочие органы будут повреждать большое количество ростков.

When cultivating tilled crops (corn, sunflower, melons), the farms face a serious problem - the sprouting of seedlings after sowing, especially in dry years. This is mainly due to the imperfection of the technology of sowing, which ultimately leads to irrational use of the field area, a decrease in yield and profitability of crop production. In spite of the fact that the farms are trying to increase the field germination of row crops by applying high quality seeds prepared for sowing and treated with special preparations with the optimal seeding time or using cluster and nesting methods of sowing, these measures do not lead to the desired results, so as the cost of production is increased. The sowing of row crops with sprouted seeds with observance of agro-technical requirements will ensure the receipt of amicable, early and evenly spaced rows of shoots, substantially reduce (up to 15 ... 18 days) the vegetation period and, accordingly, receive an early maturation of the crop. The advantage of our technology is that the germinated seeds are an indicator that the seed material has a relatively high germination capacity and if the seeding process is mechanized by sprouted seeds, then the results indicated above can be achieved. But the use of existing seeders for our proposed technology is impossible, since their working organs will damage a large number of germs.

Ключевые слова: *посевная секция, высевальной аппарат, сошник, диск, проросшие семена, урожайность.*

Key words: *sowing section, sowing apparatus, vomer, disc, sprouted seeds, yield.*

Введение. На качество технологического процесса посева проросшими семенами будут оказывать влияние все рабочие органы посевного агрегата: механизмы сошниковой группы, высевальной аппарат и семяпровод.

От работы высевального аппарата во многом зависит качество работы сеялки в целом, так как он, взаимодействуя с посевным материалом, производит штучный или групповой отбор семян из общей массы через определённые промежутки времени.

Материалы и методы. Ранее нами осуществлялась разработка конструкции и проводились исследования по обоснованию оптимальных параметров высевального аппарата ложечного типа для посева проросших семян пропашных культур, который показал хорошие результаты при работе в составе сеялки на производственных испытаниях. При проведении полевых опытов мы пришли к выводу, что качественный посев проросшими семенами с соблюдением агротехнических требований возможен только при правильной совместной работе всех рабочих органов сеялки. Было замечено, что механизмы сошниковой группы не обеспечивали укладку проросших семян во влажную почву, и это приводило к резкому снижению полевой всхожести. К тому же выброс семян из ячеек на разработанном нами высевальном аппарате происходил с большой скоростью, что приводило к удару их о стенки уловителя и, соответственно, к отрыву ростков, что снижало полевую всхожесть [3, 5, 7].

Результаты и обсуждение. Схема посевной секции, устанавливаемой на сеялку, показана на рисунке 1. Она состоит из высевального аппарата 4, семяпровода 12, сошника 6, риджеров 7, диска 9, регулируемой тяги 11, уплотнителя 13, загортчей 14, при-

катывающего катка 15 и шлейфа 16 (рисунок 1). Диск 9 выполнен без заточки кромки, имеет толщину 6-8 мм и закреплен на поводке 10 впереди риджеров. Риджеры 7 расположены под острым углом к направлению движения впереди сошника по обе его стороны, выполнены в виде пластин и закреплены на поводках 8, причем последние соединены регулируемой тягой 11 с поводком диска 10.

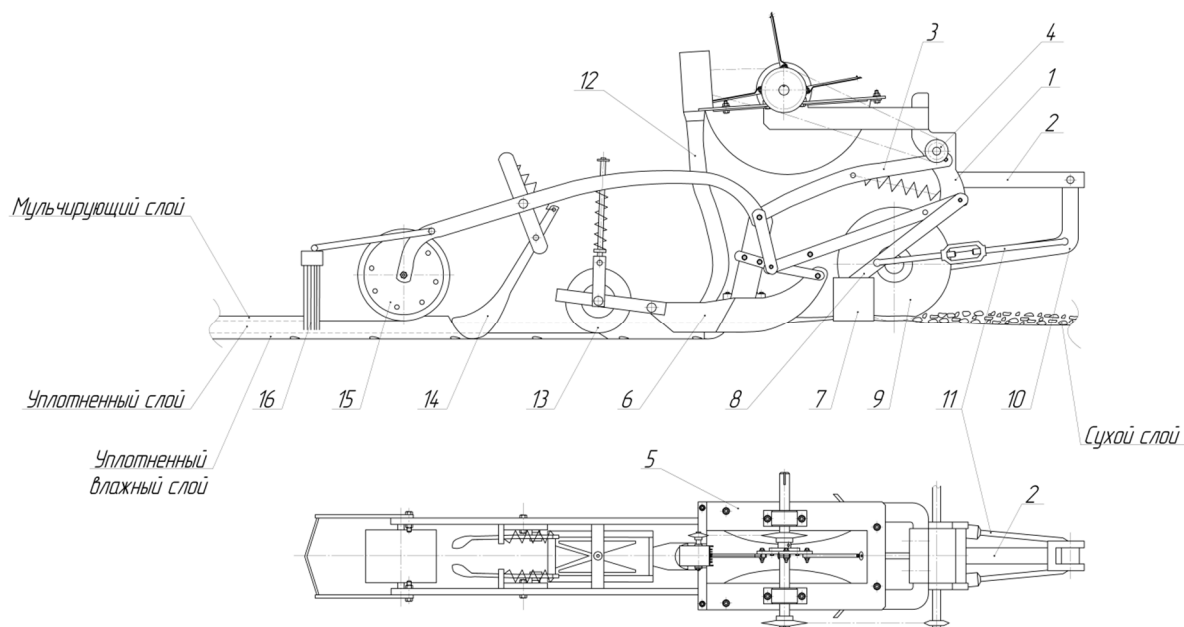


Рисунок 1 – Схема посевной секции сеялки:

- 1 – кронштейн; 2 – дополнительный кронштейн; 3 – параллелограммный механизм; 4 – приводной вал; 5 – высеваящий аппарат; 6 – сошник;
7 – риджеры; 8 – поводок риджера; 9 – диск; 10 – поводок диска;
11 – регулируемая тяга; 12 – семяпровод; 13 – уплотнитель; 14 – загортачи;
15 – прикатывающий каток; 16 – шлейф

На рисунке 2 показана схема высеваящего аппарата, позволяющего производить посев пропашных культур поросшими семенами и обеспечивающего выброс семени из ячейки без удара о рабочие поверхности. Высеваящий аппарат состоит из корпуса 1, к нижней части которого закреплен семенной ящик 2. Внутри семенного ящика 2 расположен диск 3, к которому жестко прикреплены державки 4, с установленными на конце ложечками 5 имеющими форму и размеры высеваемых семян. Ложечка 5 по центру имеет отверстие. Диск 3 установлен на валу 6 посредством ступицы 7 и опирается на подшипниковые узлы, расположенные на корпусе 1. На конце вала 6 находится приводная звёздочка. На корпусе 1 установлен уловитель 8 посредством удерживающих планок 9, в нижней части которого находится высевное окно. Внутри уловителя 8 в его средней части находится щёточный барабан с приводом от вала 6.

Работает секция следующим образом. Перед посевом заблаговременно с учётом погодных условий семена пропашных культур замачивают и проращивают в помещении при оптимальной температуре, чтобы в день посева длина ростков не превышала 10 мм. В семенные ящики каждого высеваящего аппарата 5 засыпают проросшие семена и заливают их водой (рисунок 1). Сошники 8 устанавливают на заданную глубину заделки семян, чтобы последние попадали во влажную почву. С помощью регулируемой тяги 11 устанавливают величину счищаемого верхнего сухого слоя почвы.

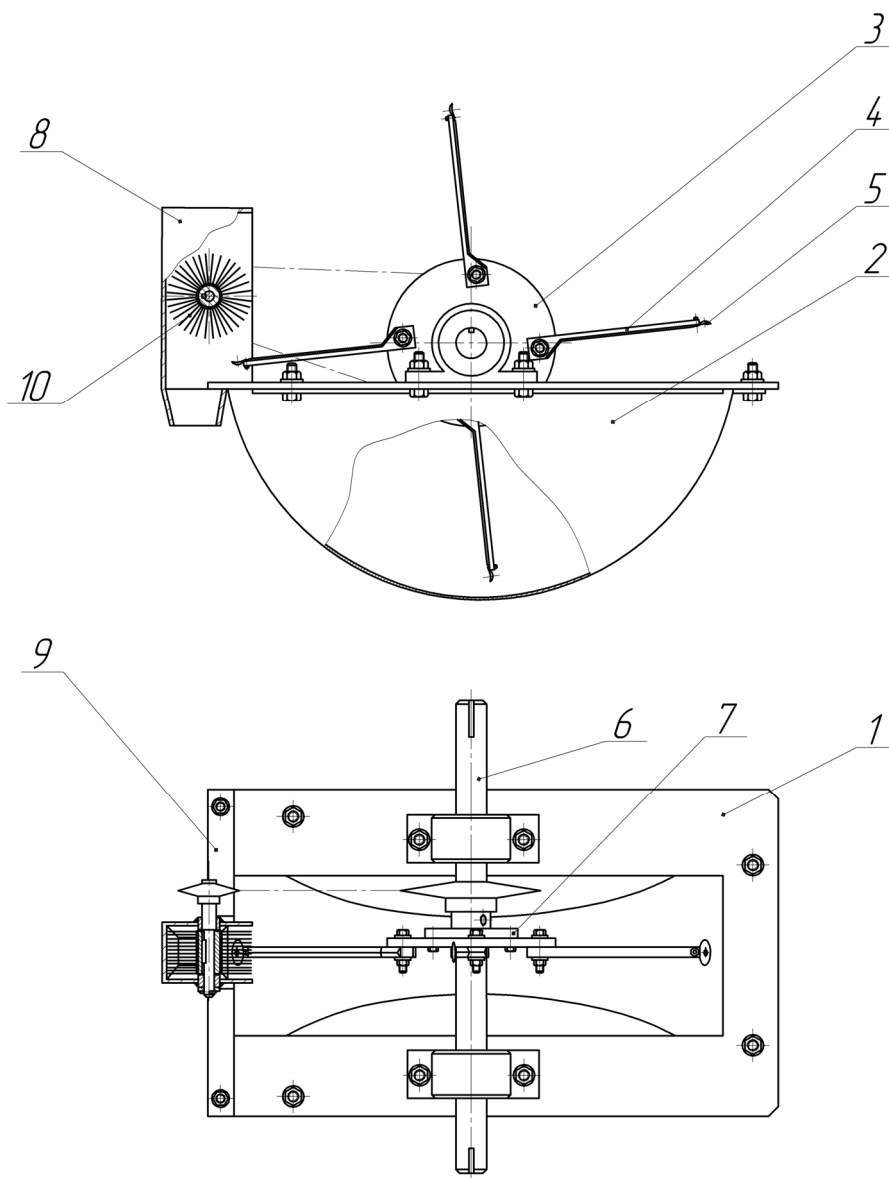


Рисунок 2 – Высеваящий аппарат:

- 1 – корпус; 2 – семенной ящик; 3 – диск; 4 – державка; 5 – ложечка;
6 – вал; 7 – ступица; 8 – уловитель; 9 – удерживающая планка;
10 – щёточный барабан

При посеве от опорных колёс сеялки через привод вращения передаётся на диск 3 и ложечки 5 движутся вместе с ним через водно-семенную смесь по окружности. Каждая ложечка, вращаясь вместе с диском, отбирает из семенного ящика по одному семени и транспортирует его к уловителю 8. Проходя через уловитель, на ложечку с семенем воздействует вращающийся щёточный барабан 10. В результате семя сбрасывается в высевное окно уловителя.

Далее семя падает в семяпровод 12 (рисунок 1) и направляется к сошнику 6. Риджеры 7, двигаясь впереди сошника, счищают верхний сухой слой почвы, установленный регулировочной тягой 11. Диск 9, расположенный впереди риджеров 7, перекачивается по поверхности поля – по сухому слою, за счет собственного веса и веса поводка погружается в него и незаточенной кромкой упирается во влажный слой из-за его

большей плотности по сравнению с сухим. Таким образом, диск, перекапываясь по поверхности поля, как бы следит за уровнем начала расположения влажного слоя почвы под сухим. Ввиду изменения глубины расположения влажного слоя почвы по длине гона диск 9 будет изменять свое положение («утопать» или «всплывать»), поводок 10 будет поворачиваться, и, соответственно, через регулировочную тягу 11 это перемещение будет передаваться поводку 8 с риджерами 7. Тем самым будет происходить коррекция положения риджеров 7 по высоте и перед сошником будет счищаться только сухой слой почвы.

Сошник 6 проделявает бороздку гарантированно во влажной почве, семя из семяпровода направляется на дно бороздки, после чего ее стенки частично осыпаются, и к тому же ещё влажная почва с боков рядка перемещается к середине принудительно уплотнителем 13 и образуется над семенем уплотненный влажный слой (рисунок 1). В последующем загортачами 14 рядок присыпается почвой до достижения заданной глубины заделки семян, прикатывающим колесом 15 зона рядка уплотняется – образуется уплотненный слой, шлейфом 16 мульчируется и образуется мульчирующий слой.

Исходя из заданного шага посева необходимо определить общее количество ложечек на диске и передаточное отношение между приводным колесом и диском.

На рисунке 3 показана схема работы высевающего аппарата в составе сеялки для посева проросших семян. При движении сеялки со скоростью v по полю высевающий аппарат, вращаясь с угловой скоростью ω , должен выбрасывать в высевное окно семена через одинаковые промежутки времени.

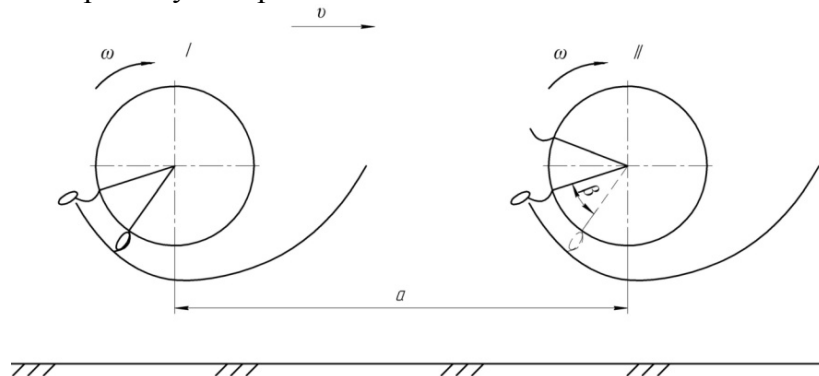


Рисунок 3 – Схема работы высевающего аппарата

В момент времени t_0 – положение сеялки I (рисунок 3) высевающий аппарат выбрасывает семя, через время t сеялка проходит путь a , соответствующий шагу посева (положение II), а диск поворачивается на угол β , выбрасывая следующее семя в высевное окно. Время t определим по формуле:

$$t = \frac{a}{v}. \quad (1)$$

Угол поворота диска за время прохождения сеялкой пути a (в радианах):

$$\beta = \omega \cdot t = \frac{\omega \cdot a}{v}. \quad (2)$$

Угол β – в градусах, учитывая, что $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$:

$$\beta = \frac{6 \cdot n \cdot a}{v}, \quad (3)$$

где n – частота вращения диска.

Учитывая, что выброс семян должен быть через одинаковые промежутки времени, ложечки на диске должны располагаться равномерно и их количество определится по формуле:

$$Z = \frac{360}{\beta} = \frac{60 \cdot v}{n \cdot a}. \quad (4)$$

Так как привод высевающего аппарата осуществляется от опорного колеса сеялки, то теоретический шаг посева можно определить по формуле:

$$a = \frac{\pi \cdot D_{\kappa} \cdot i}{Z}, \quad (5)$$

где D_{κ} – диаметр приводного колеса сеялки, м; i – передаточное отношение между колесом и диском, Z – количество ложечек на высевающем диске.

Отсюда определим передаточное отношение привода:

$$i = \frac{a \cdot Z}{\pi \cdot D_{\kappa}}. \quad (6)$$

Для того чтобы семена западали в ложечки, их форма и размеры должны соответствовать параметрам семян пропашных культур, большинство которых по форме представляют собой эллипсоид и имеют 2 размера: длину – L_c и диаметр – a_c . Чтобы запавшие семена не выпадали из ячеек ложечек, на них предусмотрены водовыпускные отверстия, диаметр которых необходимо определить.

В момент захвата семени ложечкой возможен случай, когда оно начнёт выпадать и разворачиваться относительно центра последней. При этом условии семя не будет захвачено, а ложечка останется незаполненной.

На рисунке 4 представлена схема, на которой показан момент захвата семени ложечкой, и оно стремится из неё выпасть, вращаясь относительно точки О.

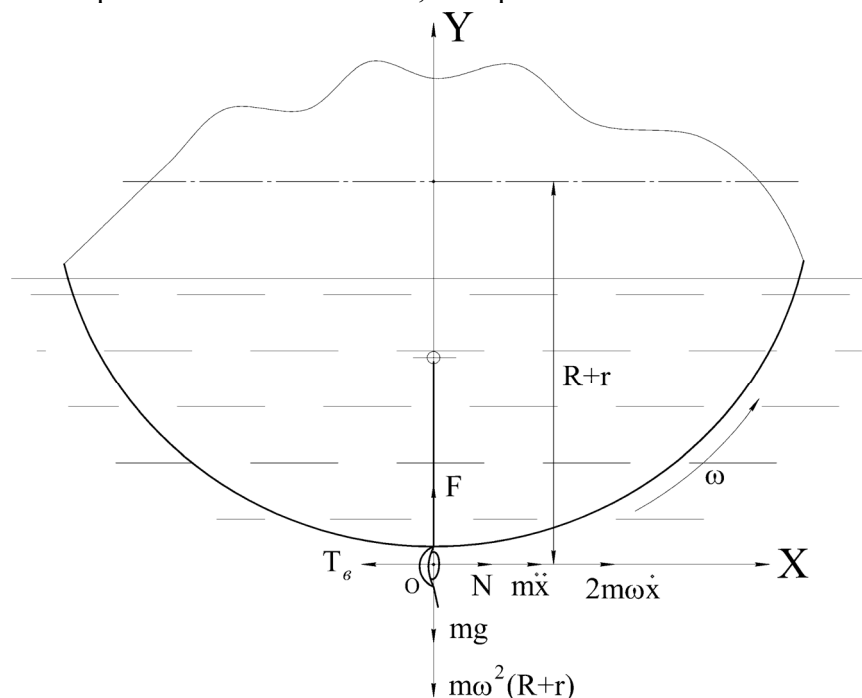


Рисунок 4 – Схема сил, действующих на семя в момент начала выпадения из ложечки

Тогда можно рассматривать систему сил, действующую на семя: mg – сила тяжести семени; $m\omega^2 \cdot (R + r)$ – центробежная сила инерции; $2m\omega \dot{x}$ – сила Кориолиса; T_g – сила сопротивления воды; N – нормальная сила, действующая на семя со стороны ложечки; $m\ddot{x}$ – тангенциальная сила инерции; F – сила трения семени о ложечку, равная $F = f_c \cdot N$ [1, 4], где f_c – коэффициент трения движения семени о поверхность ложечки (рисунок 4).

Спроектируем все силы, действующие на семя на соответствующие оси, и получим систему двух уравнений:

$$\sum X = 0, \quad m\ddot{x} + N - T_g + 2m\omega \dot{x} = 0, \quad (7)$$

$$\sum Y = 0, \quad F - mg - m\omega^2 \cdot (R + r) = 0. \quad (8)$$

где: m – масса семени, кг; R – радиус диска, м; r – величина большой полуоси ложечки, м; ω – угловая скорость вращения диска, с^{-1} .

Получим дифференциальное уравнение движения семени в случае его выпадения из ложечки:

$$\ddot{x} + \dot{x} \left(\frac{2\omega}{f_c} - k \right) = -\frac{g}{f_c} - \omega^2 \frac{R + r}{f_c} \quad (9)$$

Решив уравнение 1, получим уравнение, позволяющее определить скорость относительного движения семени при начале выпадения его из ложечки [7, 8].

$$\dot{x} = u_0 = \frac{\frac{g}{f_c} + \omega^2 \frac{R + r}{f_c}}{B} \cdot e^{-Bt} + \frac{\frac{g}{f_c} + \omega^2 \frac{R + r}{f_c}}{B}, \quad (10)$$

где B – постоянный коэффициент $B = \left(\frac{2\omega}{f_c} - k \right)$, k – коэффициент сопротивления воды. Для

практических расчётов можно определить время t , если учесть, что $e^{-Bt} = 1$.

Однако необходимо свести задачу к тому, чтобы исключить выпадение семени из ложечки, а значит, нужна дополнительная сила, исключающая его поворот. Для этого нужно, в крайнем случае, чтобы относительная скорость, с которой семя выпадает из ложечки, равнялась скорости, с которой семя подтягивается к отверстию за счёт потока воды [2, 6, 9, 10]. Соответственно, для обеспечения заданного расхода воды через отверстие определили его радиус:

$$r_0 = \left(\frac{\left(\frac{a_c^2}{3} (3r - a_c) - \frac{1}{4} L_c a_c^2 \right) \cdot k'_c}{\left(\frac{\frac{g}{f_c} + \omega^2 \frac{R + r}{f_c}}{B} \cdot e^{-Bt} + \frac{\frac{g}{f_c} + \omega^2 \frac{R + r}{f_c}}{B} \right)} \right)^{1/2} \quad (11)$$

где a_c – диаметр семени, м; L_c – длина семени, м; k'_c – коэффициент обратный времени, за которое через отверстие в ложечке протекает заданный объём воды для удержания семени, с^{-1} .

Заключение. Теоретическими исследованиями определены количество ложечек на диске, передаточное отношение привода сеялки. Получено уравнение радиуса отверстия ложечки, рассматривая которое, мы делаем вывод о том, что он зависит от размеров семян и их фрикционных свойств, размеров самой ложечки, угловой скорости вращения диска и применительно к семенам пропашных культур составляет 2,5...3 мм.

Библиографический список

1. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах. В 2 т. [Текст]/ М.И. Бать, Г.Ю. Дзакелидзе, А.С. Кельзон. – М.: «Наука», 1984. – Т. 2. – 502 с.
2. Башта, Т.М. Гидравлика гидромашин и гидроприводы [Текст]/ Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
3. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных [Текст] / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 196 с.
4. Воронков, И.М. Курс теоретической механики [Текст]/ И.М. Воронков. – М.: «Наука», 1966. – 596 с.
5. Кукта, Г.М. Испытания сельскохозяйственных машин [Текст]/ Г.М. Кукта. – М.: Машиностроение, 1964. – 284 с.
6. Угинчус, А.А. Гидравлика и гидравлические машины [Текст]/ А.А. Угинчус. – М.-Л: Государственное энергетическое издательство, 1953. – 359 с.
7. Харлашин, А.В. Разработка и обоснование параметров дисково-ложечного высевающего аппарата для посева проросших семян бахчевых культур [Текст] : дисс. канд. техн. наук. – Волгоград, 2010. – 158 с.
8. Цепляев, А.Н. Теоретические исследования по определению кинематических параметров ложечки дисково-ложечного высевающего аппарата [Текст]/ А.Н. Цепляев, А.В. Харлашин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – №2(18). – С. 148-155.
9. Чугаев, Р.Р. Гидравлика [Текст]/ Р.Р. Чугаев. – Л.: Энергия, 1970. – 552 с.
10. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика [Текст]/ Д.В. Штеренлихт. – М.: КолосС, 2008. – 656 с.

Reference

1. Bat', M. I. Teoreticheskaya mehanika v primerah i zadachah. V 2 t. [Tekst]/ M. I. Bat', G. Yu. Dzhakelidze, A. S. Kel'zon. – M.: “Nauka”, 1984. – T. 2. – 502 s.
2. Bashta, T. M. Gidravlika gidromashiny i gidroprivody [Tekst]/ T. M. Bashta, S. S. Rudnev, B. B. Nekrasov. – M.: Mashinostroenie, 1982. – 423 s.
3. Vedenyapin, G. V. Obschaya metodika jeksperimental'nogo issledovaniya i obrabotki opytnyh dannyh [Tekst] / G. V. Vedenyapin. - M.: Kolos, 1973. - 196 s.
4. Voronkov, I. M. Kurs teoreticheskoy mehaniki [Tekst]/ I. M. Voronkov. – M.: “Nauka”, 1966. – 596 s.
5. Kukta, G. M. Ispytaniya sel'skohozyajstvennyh mashin [Tekst]/ G. M. Kukta. – M.: Mashinostroenie, 1964. – 284 s.
6. Uginchus, A. A. Gidravlika i gidravlicheskie mashiny [Tekst]/ A. A. Uginchus. - M. -- L: Gosudarstvennoe jenergeticheskoe izdatel'stvo, 1953. – 359 s.
7. Harlashin, A. V. Razrabotka i obosnovanie parametrov diskovo-lozhechnogo vysevayushchego apparata dlya poseva prorosshih semyan bahchevyh kul'tur [Tekst] : diss. kand. tehn. nauk. – Volgograd, 2010. – 158 s.
8. Ceplyaev, A. N. Teoreticheskie issledovaniya po opredeleniyu kinematcheskikh parametrov lozhechki diskovo-lozhechnogo vysevayushchego apparata [Tekst]/ A. N. Ceplyaev, A. V. Harlashin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2010. – №2(18). – S. 148-155.
9. Chugaev, R. R. Gidravlika [Tekst]/ R. R. Chugaev. – L.: Jenergiya, 1970. – 552 s.
10. Shterenliht, D. V. Gidravlika [Tekst]/ D. V. Shterenliht. – M.: KolosS, 2008. – 656 s.

E-mail: harlashin@list.ru

УДК 004.82; 004.832.23

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КРОСС-РЕГИОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ
THE FORECASTING OF CROP PRODUCTIVITY BASED
ON THE ANALYSIS OF CROSS-REGIONAL DATA**

А.Г. Гагарин¹, кандидат экономических наук, доцент**А.Ф. Рогачев^{1,2}**, доктор технических наук, профессор**A.G. Gagarin¹, A.F. Rogachev²**¹Волгоградский государственный технический университет²Волгоградский государственный аграрный университет¹Volgograd State Technical University²Volgograd State Agrarian University

Проблема адекватного математического моделирования и достоверного прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур является важной для оптимального планирования и организации аграрного производства. Определены базовые статистические характеристики для ВР урожайностей зерновых в целом по Волгоградской области начиная с 1955 г. Анализ показывает, что применение классических подходов математического моделирования, а также современных методов нелинейной динамики приводит к недостаточно адекватным результатам, особенно в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья. Поэтому требуется применение классов математических моделей, основанных на искусственных нейронных сетях (ИНС). В работе рассмотрены вопросы построения генеративных состязательных ИНС, их конфигурации и структурной оптимизации, а также методов их обучения для прогнозирования урожайности зерновых по регионам РФ. Ввод данных и предпроцессирование реализовано с помощью библиотеки BrainJS. Разработаны рекомендации по предварительной обработке данных на основе кросс-регионального анализа массивов экономико-климатологических данных. Анализ построенных ИНС показал, что наилучшим методом предобработки оказалась линейная нормализация индексов роста, при этом увеличение количества итераций обучения положительно сказывается на качестве прогнозирования. Применение разработанных нейронных систем обеспечивает решение задачи прогнозирования урожайности на примере зерновых культур, на основе кросс-регионального анализа экономических и климатологических данных.

The problem of adequate mathematical modeling and reliable prediction of crop yields is important for optimal planning and organization of agricultural production. The basic statistical characteristics for VR yields of cereals in the whole of the Volgograd region have been determined since 1955. Analysis shows that the application of classical approaches to mathematical modeling, as well as modern methods of nonlinear dynamics, leads to insufficiently adequate results, especially in the driest conditions of the Lower Volga region. Therefore, the application of classes of mathematical models based on artificial neural networks (ANN) is required. In the work the questions of construction of generative controversial ANN, their configuration and structural optimization, as well as methods of their training for forecasting grain yield by regions of the Russian Federation are considered. Data input and preprocessing is implemented using the Brain JS library. Recommendations for preliminary data processing based on cross-regional analysis of economic and climatological data files have been developed. Analysis of the constructed ANN showed that the best method of preprocessing was the linear normalization of growth indices, while increasing the number of iterations of training positively affects the quality of forecasting. Application of the developed neural systems provides the solution of the problem of forecasting the yield, using the example of cereals, on the basis of cross-regional analysis of economic and climatological data.

Ключевые слова: прогнозирование урожайности, нейронные сети, математические методы, корреляция.

Key words: yield forecasting, neural networks, mathematical methods, correlation.

Введение. Проблема математического моделирования и достоверного прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур является важной для планирования аграрного производства. В то же время влияние ряда природно-климатических, биологических и организационно-технологических групп факторов оказывает разнонаправленное воздействие на результаты прогнозирования, приводя к недопустимо высокой, более 15 %, погрешности [1, 5]. Применение классических подходов математического моделирования, таких как построение многофакторных регрессионных моделей, систем эконометрических уравнений, различного вида адаптивных моделей, а также современных методов нелинейной динамики [1, 6, 11, 12], не всегда приводит к адекватным результатам, особенно в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья. Поэтому требуется применение и исследование новых классов экономико-математических моделей, одним из перспективных направлений среди которых можно считать искусственные нейросетевые структуры, формируемые на ЭВМ.

Математические модели класса искусственных нейронных сетей (ИНС), по мнению ряда отечественных исследователей в сфере прогнозирования аграрных проблем (Е. Бочаров, А. Ильченко, Л. Кальянов, О. Солдатов, М. Суменков и др.) и зарубежных специалистов в области компьютерного моделирования (С. Хайкин, Я. Потмешил, Х. Уайт и др.), позволяют успешно решать трудно формализуемые экономические задачи, такие как распознавание образов, многомерная классификация, диагностика безопасности, прогнозирование временных рядов (ВР) сложной внутренней структуры, характерные для рядов урожайности сельскохозяйственных культур [1, 7, 8, 9, 11].

Вследствие громоздкости структуры искусственной нейронной сети (ИНС), практическая реализации ее возможна только на основе некоторого программного средства, в качестве которого нами были проанализированы коммерческие программные средства (ПС), такие как аналитическая платформа DEDUCTOR, пакет статистического анализа STATISTIKA, а также ряд авторских разработок исследователей Санкт-Петербурга. Для обоснованного выбора предпочтительного ПС была разработана многофакторная вспомогательная структура в форме электронной таблицы с весовыми коэффициентами, обобщающая экспертные оценки опрошенных специалистов. По максимальному количеству функциональных возможностей, удобству интерфейса и доступности для вузовских исследований предпочтение было отдано первому из упомянутых ПС.

Методы и материалы. На основе данных с официального сайта Федеральной службы государственной статистики (<http://www.gks.ru/>) была получена выборка данных об урожайности озимой пшеницы по субъектам РФ с 1996 по 2016 гг. Субъекты с неполными данными были отброшены, в результате чего осталось 54 временных ряда урожайности со значениями за 21 год. Урожайность озимой пшеницы представляет собой нестационарный ВР, требующий обоснования специфических математических подходов и методов для моделирования и прогнозирования, в частности, искусственных нейронных сетей. В качестве передаточной функции нейронов ИНС ряд исследователей [7, 8] рекомендует сигмоидальную функцию (1), обеспечивающую, благодаря существенной нелинейности активации, достаточную обучаемость проектируемых ИНС.

$$f(S) = \frac{1}{1 + e^{-S}} \quad (1)$$

Кроме того, для возможности применения в рамках обучения ИНС метода обратного распространения ошибки накладываются определенные условия на передаточную функцию, в частности, дифференцируемость.

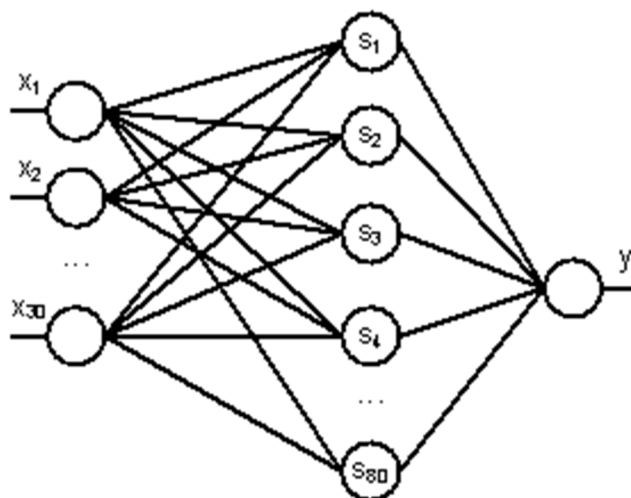


Рисунок 1 – Обобщенная структура многослойной ИНС для распознавания образов

Процесс обучения нейронной сети требует набора примеров для ее желаемого поведения – целевых выходов Ψ^{opt} и входов H [8]. При обучении нейронной сети рассчитывается некоторый функционал, который характеризует качество обучения исследуемой сети [9]:

$$J = \frac{1}{2} \sum_{q=1}^Q \sum_{\beta=1}^{S^{hl}} (\Psi_{\beta}^{qopt} - \Psi_{\beta}^{qS^m})^2, \quad (2)$$

где J – функционал; Q – объем выборки; M – число слоев сети; q – номер выборки; S^m – число нейронов выходного слоя; Ψ^q – вектор сигнала на выходе сети; Ψ^{qopt} – вектор желаемых (целевых) значений сигнала на выходе сети для выборки с номером q .

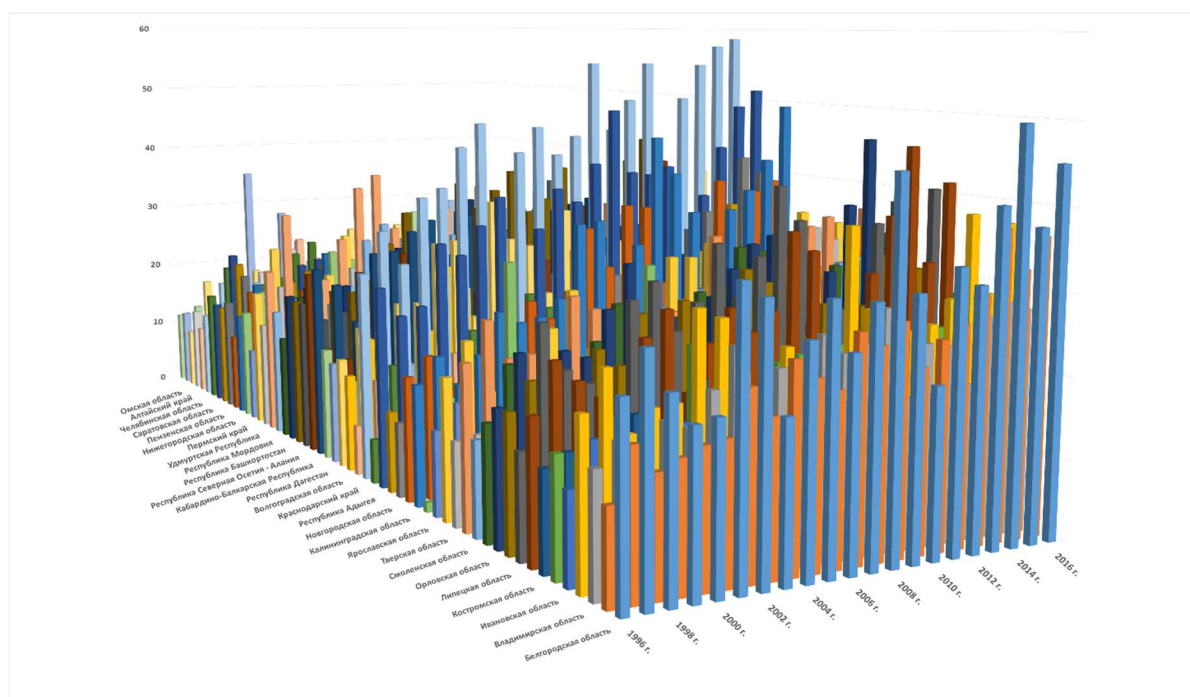


Рисунок 1 – Диаграмма урожайности озимой пшеницы за 1996-2016 гг.

Загрузка данных из формата CSV осуществлялась с помощью парсера ParaParse [9], моделирование нейронной сети проводилось с использованием библиотеки BrainJS [10].

На языке JavaScript был реализован скрипт, выполняющий следующие функции: загрузка данных об урожайности из файла в формате CSV; предобработка данных: логарифмирование, нормализация, расчет индексов роста; циклический перебор конфигураций нейронной сети (изменение количества нейронов во входном слое, количества скрытых слоев и нейронов в них); обучение нейронной сети определенной конфигурации с заданными порогом ошибки и максимальным количеством итераций обучения.

На этапе обучения нейронная сеть восстанавливает целевую функцию по множеству наборов обучающей выборки, т.е. решает задачу интерполяции [2, 3, 9]. На этапе использования обученной нейронной сети (получении прогноза) она будет использовать восстановленную зависимость для получения прогнозируемой величины, т.е. решать задачу экстраполяции.

Сходимость метода обратного распространения является весьма медленным процессом. Подстройка весов осуществляется независимо для каждой пары образов обучающей выборки. При этом улучшение функционирования некоторой заданной пары может привести к ухудшению работы на предыдущих образах. Обучение сети для определения весов входов нейронов второго слоя, а также третьего слоя производственного сегмента нейронной системы не требуется.

Результаты и обсуждение. Отработка методики обучения ИНС проводилась на ВР урожайности зерновых культур, который характеризуется выраженным осциллированием.

Вычисленные основные статистические характеристики для ВР урожайностей зерновых в целом по Волгоградской области, начиная с 1955 года, представлены на рисунке 3.

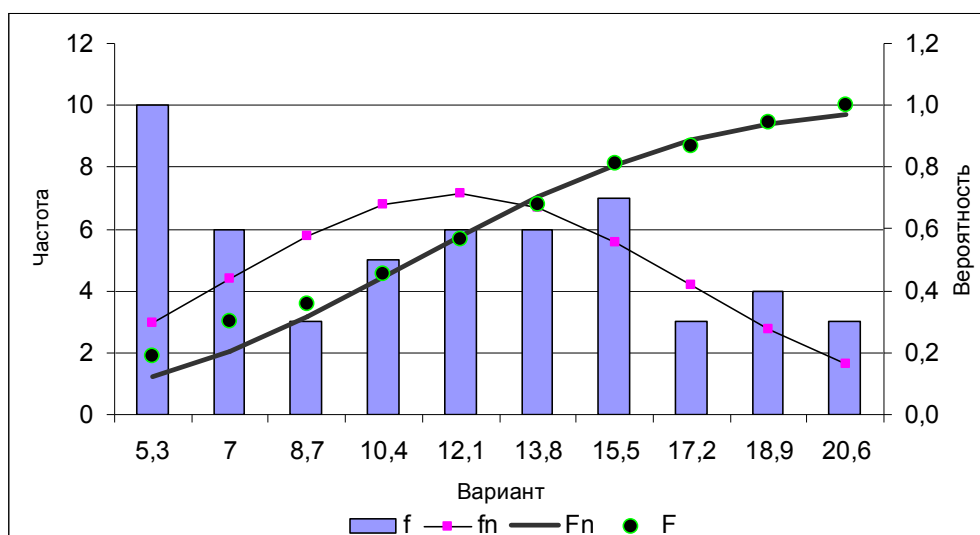


Рисунок 3 – Сравнение эмпирических частот распределения урожайностей зерновых культур с нормальным законом распределения:

f – эмпирические частоты по интервалам; f_n – теоретические частоты нормального распределения; F – накопленные эмпирические частоты; F_n – интегральная кривая нормального распределения

Для расчёта теоретических значений вероятности для нормального распределения использовалась встроенная в Excel функция Плотности нормального распределения (НОРМРАСП).

Для совокупности урожайностей зерновых в целом расчетное значение критерия χ^2 (Хи-квадрат Пирсона) превысило 19,8, (критическое табличное значение 9,95, рассчитанное при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $v = q - k - 1 = 4$). Для наглядности графического сопоставления исследуемого эмпирического распределения урожайности зерновых в целом с нормальным законом, оба распределения представлены на рис. 3, где слева по оси ординат приведены значения эмпирических и теоретических частот, а справа – соответствующих вероятностей как дифференциального, так и интегрального распределений.

Исследуемый ВР урожайности характеризуется выраженным несоответствием распределения нормальному закону.

Для корректного решения задачи экстраполяции как задачи интерполяции необходимо обеспечить стационарность временного ряда признаков, распределение значений ряда должно быть инвариантно относительно момента времени, для которого оно построено. Алгоритм применения ИНС для решения задачи прогнозирования ВР включает этапы предпрогнозного анализа, обоснования и формирования структуры, обучения сети, оценки погрешности и качества прогноза, проведения непосредственно прогнозирования.

Нейронная сеть обучалась 200, 1000 и 5000 эпох. Размер входного слоя d варьировался от 3 до 19 нейронов, в качестве входных значений подавались предварительно обработанные значения урожайности за d последовательных периодов, на выход – предварительно обработанное значение урожайности за следующий период.

Для генерации вариантов конфигурации скрытых слоев использовались следующие соотношения:

- количество скрытых слоев $hlCount$ варьируется от 1 до числа нейронов во входном слое, деленное на два;
- количество нейронов в i -ом слое рассчитывается по формуле:

$$hl_i = d - i * \frac{(d-2)}{hlCount}. \quad (3)$$

Такой подход позволяет получать конфигурации вида 3x2x1, 8x6x4x2x1, 15x11x7x2x1 и т.д. Количество вариантов конфигураций – 98, что гораздо меньше числа конфигураций, получаемых при полном переборе (порядка 1013).

Сгенерированные конфигурации нейронных сетей обучались на тестовых данных, в которые не входили показатели за 2016 год, используемые в качестве контрольного примера для независимой оценки ошибки прогнозирования.

Вид структуры и форма передаточных функций нейронов выбирались исходя из выявленной на предпрогножном этапе мультичастотном характере цикличности исследуемых ВР урожайности.

Анализ построенных ИНС показал, что наилучшим методом предобработки оказалась линейная нормализация индексов роста, при этом увеличение количества итераций обучения положительно сказывается на качестве прогнозирования (рисунок 4). С ростом количества скрытых слоев средняя ошибка прогноза растёт.

Среди лучших конфигураций можно рекомендовать: 5x2x1, 5x4x2x1, 8x5x2x1, 9x6x2x1, 8x2x1, которые обеспечивали величину погрешности для трехслойной ИНС в пределах 15...25 %.

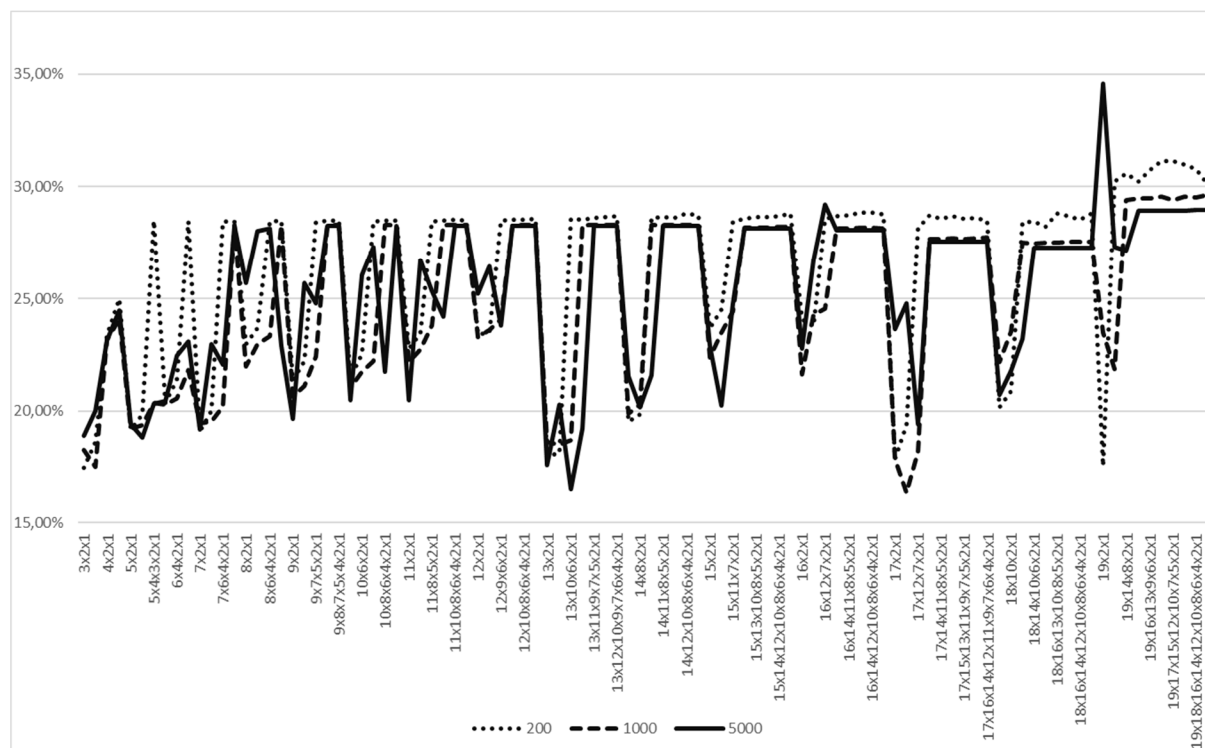


Рисунок 4 – Распределение средних ошибок прогноза
(предобработка – линейная нормализация)

На следующем этапе исследования планируется разработка программного комплекса для автоматизации процедуры обучения семейства состязательных ИНС для прогнозирования урожайности различных зерновых, овощных и кормовых культур, учитывающих особенности их возделывания в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья.

Закключение. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Для создания математической модели урожайности с использованием технологии ИНС, на основе проведенных предпрогнозных численных экспериментов и анализа статистических характеристик ВР урожайности исследованных сельскохозяйственных культур, была обоснована структура ИНС, выполнено ее «обучение» и доказана возможность получения краткосрочных прогнозов с погрешностью в пределах 15...20 %.

2. Применение разработанных генеративных состязательных нейронных систем обеспечивает решение задачи прогнозирования урожайности на примере зерновых культур на основе кросс-регионального анализа экономических и климатологических данных.

Библиографический список

1. Гагарин А.Г. Программная инженерия [Текст] / А.Г. Гагарин. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2016. – 96 с.
2. Ежов, А.А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе [Текст] / А.А. Ежов, С.А. Шумский; под ред. проф. В.В. Харитонов. – М.: МИФИ, 1998. – 224 с. Серия «Учебники экономико-аналитического института МИФИ».
3. Ильченко, А.Н. Экономико-математические методы [Текст]/ А.Н. Ильченко. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 288 с.

4. Качановский, Ю.П. Предобработка данных для обучения нейронной сети [Текст] / Ю.П. Качановский, Е.А. Коротков // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12-1. – С. 117-120.
5. Рогачев, А.Ф. Оценка прогнозного уровня урожайности на основе нейросетевых моделей динамики [Текст] / А.Ф. Рогачев, М.Г. Шубнов // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. – 2012. – № 4. – С. 226-231.
6. Рогачев, А.Ф., Математическое моделирование экономической динамики в аграрном производстве [Текст] : монография / А.Ф. Рогачев. – Волгоград: Изд-во Волгоградского ГАУ, 2014. – 172 с.
7. Тихонов, Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка [Текст] : учебное пособие / Э.Е. Тихонов. – Невинномысск, 2006. – 221 с.
8. Черний, О. Нейронные сети на Javascript [Электронный ресурс] / О. Черний. – 2016. – Дата обновления: 01.07.2016. – Режим доступа : <https://habrahabr.ru/post/304414/> (дата обращения: 25.10.2017).
9. Papa Parse - Powerful CSV Parser for JavaScript [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://papaparse.com> (дата обращения: 25.10.2017).
10. Simple feed-forward neural network in JavaScript [Электронный ресурс]. 2014. Дата обновления: 20.10.2017. – Режим доступа: <https://github.com/BrainJS/brain.js> (дата обращения: 25.10.2017).
11. Rogachev, A.F. Economic and Mathematical Modeling of Food Security Level in View of Import Substitution // *Asian Social Science* Vol. 11, No. 20, 2015. – P. 178-185.
12. Rogachev, A.F. Manufacturing and Consumption of Agricultural Products as a Tool of Food Security Management in Russia / Rogachev, A.F., Shokhnekh, A.V., Mazaeva, T.I. // *REVISTA GALEGA DE ECONOMÍA (RGE)* Vol. 25-2. July-December – 2016.

Reference

1. Gagarin A. G. Programmaya inzheneriya [Tekst] / A. G. Gagarin. – Volgograd: Volgogradskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet, 2016. – 96 s.
2. Ezhov, A. A. Nejrokompyuting i ego primeneniya v jekonomike i biznese [Tekst] / A.A. Ezhov, S. A. Shumskij; pod red. prof. V. V. Haritonova. – M.: MIFI, 1998. – 224 s. Seriya “Uchebniki jekonomiko-analiticheskogo instituta MIFI”.
3. Il'chenko, A. N. Jekonomiko-matematicheskie metody [Tekst] / A. N. Il'chenko. – M.: Finansy i statistika, 2009. – 288 s.
4. Качановский, Ю. П. Предобработка данных для обучения нейронной сети [Текст] / Ю. П. Качановский, Е. А. Коротков // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12-1. – С. 117-120.
5. Rogachev, A. F. Ocenka prognoznoho urovnya urozhajnosti na osnove nejrosetevyh modelej dinamiki [Tekst] / A. F. Rogachev, M. G. Shubnov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – 2012. – № 4. – С. 226-231.
6. Rogachev, A. F., Matematicheskoe modelirovanie jekonomicheskoy dinamiki v agrarnom proizvodstve [Tekst] : monografiya / A. F. Rogachev. – Volgograd: Izd-vo Volgogradskogo GAU, 2014. – 172 s.
7. Tihonov, Je. E. Metody prognozirovaniya v usloviyah rynka [Tekst] : uchebnoe posobie / Je. E. Tihonov. - Nevinnomyssk, 2006. - 221 s.
8. Chernij, O. Nejronnye seti na Javascript [Jelektronnyj resurs] / O. Chernij. - 2016. - Data obnovleniya: 01.07.2016. - Rezhim dostupa : <https://habrahabr.ru/post/304414/> (data obrascheniya: 25.10.2017).
9. Papa Parse - Powerful CSV Parser for JavaScript [Jelektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://papaparse.com> (data obrascheniya: 25.10.2017).
10. Simple feed-forward neural network in JavaScript [Jelektronnyj resurs]. 2014. Data obnovleniya: 20.10.2017. Rezhim dostupa: <https://github.com/BrainJS/brain.js> (data obrascheniya: 25.10.2017).

11. Rogachev, A.F. Economic and Mathematical Modeling of Food Security Level in View of Import Substitution // Asian Social Science – 2015. – Vol. 11, No. 20/ – P. 178-185.

12. Rogachev, A.F. Manufacturing and Consumption of Agricultural Products as a Tool of Food Security Management in Russia / Rogachev, A.F., Shokhnekh, A.V., Mazaeva, T.I. // REVISTA GALEGA DE ECONOMÍA (RGE) – Vol. 25-2. July-December 2016.

E-mail: rafr@mail.ru

УДК 664.1.033

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПЛАЗМОЛИЗА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

STUDY OF THE PROCESS OF ELECTROPULSIVE PLASMOLYSIS OF PLANT RAW MATERIALS

И.В. Юдаев, доктор технических наук, профессор
Р.Г. Кокурин, аспирант; **Ю.В. Даус**, магистрант

I.V. Yudaev, R.G. Kokurin, Yu.V. Daus

*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», Zernograd*

В настоящее время вопросам внедрения интенсивных, энергосберегающих технологий, минимально негативно влияющих на экологическую и пищевую безопасность, уделяется особое внимание, особенно при производстве продуктов питания. К таким технологическим операциям относятся и электроимпульсный плазмолиз объектов растительного происхождения (плоды, овощи, бахчевые культуры и т.п.). Обработка растительного сырья применяется на предварительном этапе перед экстрагированием или сушкой продуктов для обеспечения сохранности полезных веществ в продукте, что сокращает время его приготовления и снижает потребление энергии на его производство. Для осуществления электрического воздействия на обрабатываемое сырье специально разработан генератор импульсного напряжения, который полностью отвечает требованиям технологического процесса, формирует на своем выходе импульсы с экспоненциальным срезом амплитудой – 13 кВ; длительностью – 65 мкс; временем нарастания фронта импульса – 300 нс; временем среза импульса – 63 мкс. Работа генератора в комплексе с экспериментальной установкой позволила исследовать процесс электроимпульсного плазмолиза растительной ткани яблок и тыквы. Интенсивное соковыделение наблюдается из тех образцов, к которым подводилось количество воздействующих высоковольтных импульсов до 100 штук, при этом масса выделяемого прессованием сока увеличивается, в сравнении с количеством сока, полученного от электрически необработанной массы яблок, при напряженности электрического поля в растительной ткани 5 кВ/см – в 9,7 раза, 10 кВ/см – в 15,6 раза, 15 кВ/см – в 16,7 раза, 20,0 кВ/см – в 15,3 раза. Подобная закономерность прослеживается и при изучении изменения сопротивления растительной ткани образцов тыквы, только в направлении уменьшения, что справедливо, так как при электрическом повреждении электропроводимость растительных тканей повышается.

At present, special attention is paid to the issues of introducing intensive, energy-saving technologies that have a minimal negative impact on environmental and food safety, especially in food production. Such technological operations include electroimpulse plasmolysis of objects of plant origin (fruits, vegetables, melons, etc.). Processing of plant raw materials is used at the preliminary stage before extracting or drying products, ensuring the preservation of useful substances in the product, reducing the time of its preparation and energy consumption for its production. To implement electric effect on the processed raw materials, there was specially designed pulse voltage generator which fully meets the requirements of the technological process by forming pulses with an exponential amplitude cutoff of 13 kV at its output; with a duration of 65 μ s; the rise time of the pulse front is 300 ns; the pulse cutoff time is 63 μ s. The operation of the generator in combination with the experimental setup made it possible to study the process of electro-pulse plasmolysis of apples and pumpkin plant tissue. Intensive squeezing is observed from those samples

to which up to 100 pieces of high-voltage pulses was applied, while the mass of the juice extracted by pressing increases, in comparison with the amount of juice obtained from the electrically untreated mass of apples, with an electric field in the plant tissue of 5 kV/cm in 9.7 times, 10 kV/cm – 15.6 times, 15 kV/cm – 16.7 times, 20.0 kV/cm – 15.3 times. A similar pattern is also observed at studying the change in the resistance of pumpkin plant samples, only in the direction of decrease, which is justified as electrical conductivity of plant tissues increases with electrical damage.

Ключевые слова: электрообработка растительного сырья, высоковольтные импульсы, генератор высоковольтных импульсов, блочная структура.

Key words: electroprocessing of plant raw materials, high-voltage impuls, generator of high-voltage impulses, block structure.

Введение. В настоящее время при выращивании продукции сельского хозяйства и ее переработке на предприятиях и комплексах интенсивно и с высокими показателями технологической эффективности применяют разнообразные электротехнологии и технические средства для их реализации [2]. Из всех видов электрофизического воздействия на объекты обработки электроимпульсное подведение электрической энергии к последним считается не только безопасным с точки зрения пищевых аспектов и экологической чистоты, но и энергосберегающим мероприятием. Применение электроимпульсных высоковольтных воздействий или импульсных электрических полей с высокой интенсивностью является основой инновационных технологий обработки растительного сырья и материалов в перерабатывающей и пищевой промышленности [13, 7, 18].

При переработке сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов электрические воздействия применяются для инактивации вредных микроорганизмов, бактерий и ферментов [16]. Электроимпульсные высоковольтные воздействия при напряженности поля более 10 кВ/см используются при производстве фруктовых соков, что позволяет максимально эффективно инактивировать бактерии при незначительном ухудшении вкуса получаемых продуктов, а также их аромата, цвета и пищевой ценности [10, 17]. Применение этой электротехнологии также позволяет решать технологические задачи по обратимой и необратимой пермеабиллизации клеток растительных тканей [12, 6]. Импульсные электрические поля высокой интенсивности с напряженностью поля менее 10 кВ/см в пищевой промышленности позволяют получать высокоценные метаболиты [9, 11], увеличивать выход фруктовых и овощных соков [8, 15], ускорять массоперенос в процессе сушки продуктов питания [15, 14] и т.п.

Технологической операцией, позволяющей максимально использовать скрытые в растительном сырье ресурсы, является электроплазмолиз, который применяют при подготовке фруктов, плодов и овощей к экстрагированию, бахчевых культур и плодов к сушке и т.п. Технологическая эффективность этой электротехнологии определяется такими показателями, как скорость ввода электрической энергии во внутриклеточные компоненты обрабатываемого растительного сырья, необратимая пермеабиллизация мембранных компонентов клеток, ограничение температурных режимов, минимизация затрат энергии на процесс и др. [1, 4, 3, 5].

Реализовать процесс электроимпульсного плазмолиза можно, используя специализированное электротехнологическое оборудование, с помощью которого формируются и подводятся к объектам обработки импульсы высокого напряжения требуемой длительности, частоты, амплитуды и необходимой формы.

Для обоснования режимов обработки, выявления энергетических показателей и технологических характеристик необходимо проведение подробных исследований по изучению процесса электроимпульсного плазмолиза растительного сырья, которые невозможно осуществить без использования специальных электрических установок, основным элементом которых является генератор высоковольтных импульсов. Причем

эти устройства должны обладать возможностью настройки и регулирования их выходных параметров, высокой надежностью в работе, иметь небольшие габариты, быть простыми в сборке, наладке и эксплуатации. Поэтому было принято решение для осуществления обозначенных задач проводимых исследований разработать и изготовить генератор импульсного напряжения с емкостным накопителем энергии, который позволяет получать импульсы с крутым фронтом и экспоненциальным спадом.

Целью статьи является обоснование структуры и принципиальной схемы генератора импульсного напряжения, а также анализ результатов его испытания при изучении процесса электроимпульсного плазмоллиза растительного сырья.

Описание схемы генератора импульсного напряжения и его работы. Генератор импульсного напряжения состоит из основных структурных элементов: блока управления, блока коммутации и высоковольтного блока. Блок управления имеет в своем составе настраиваемый датчик подачи поджигающих импульсов для импульсного тиратрона, который смонтирован во втором блоке – блоке коммутатора. Рассмотрим более подробно компоновку этих блоков, их принципиальные схемы (рисунок 1) и принцип функционирования.

Блок управления. Сетевое напряжение через предохранитель FU1 поступает на трансформаторы TV1 и TV2, где его значение понижается до 140 и 12 В соответственно и подается на диодные мосты VD1 и VD2, на выходе которых располагаются сглаживающие конденсаторы C1-C3. Резистор R1, подключенный через нормально замкнутую обмотку реле K1, обеспечивает разряд конденсатора C1 в том случае если установка отключена от сети. При подключении установки к сети на обмотку реле K1 подается напряжение значением 12 В и отключает резистор R1, который прекращает замыкать конденсаторы. Линейный стабилизатор DA1 обеспечивает питание большей части схемы стабилизированным напряжением значением 12 В. Микросхема DA2 на своем выходе формирует стабилизированные 5 В для микросхемы DA3, которая обеспечивает гальваническую развязку. Гальванически развязанная часть схемы содержит в себе микроконтроллер DD1, который генерирует импульсы и контролирует состояние лампы L1 – импульсного тиратрона. Кнопки SB1-SB4 необходимы для задания параметров режима обработки. Трехцветный светодиод HL1 сигнализирует о текущем состоянии установки: синий – фиксирует нагрев катода, продолжительность которого составляет, исходя из паспортных данных на тиратрон, 15 минут, и поэтому в это время невозможно начать генерацию импульсов; зеленый – оповещает, что генератор готов к работе, так как лампа нагрелась и разрешено включение генератора; красный – констатирует тот факт, что генератор работает, на лампу поступают управляющие (поджигающие) импульсы. Для визуализации информации используется двухстрочный LCD дисплей по 16 символов в каждой строке. Транзистор VT1, управляемый микроконтроллером, задает яркость подсветки дисплея. Вывод контроллера PB3 генерирует поджигающие импульсы длительностью 4 мкс, а вывод PB4 отвечает за подключение сетки тиратрона к цепи формирования высоковольтных поджигающих импульсов. Перед тем как начать генерацию импульсов микроконтроллер подает сигнал на оптопару DA4, в результате чего открывается транзистор VT4 и через обмотку реле K2 начинает протекать ток, после чего нормально разомкнутый контакт этого реле замыкается, тем самым подключая сетку лампы L1 к цепи генерации управляющих импульсов. Затем начинается процесс генерации управляющих импульсов, которые подаются на транзистор VT3 и через разделительный трансформатор TV3 поступают на микросхему DD3, которая управляет полевым транзистором VT2. Транзистор VT2 увеличивает амплитуду управляющих импульсов до 200 В и через разделительный трансформатор TV4 импульсы поступают во второй блок на сетку лампы L1.

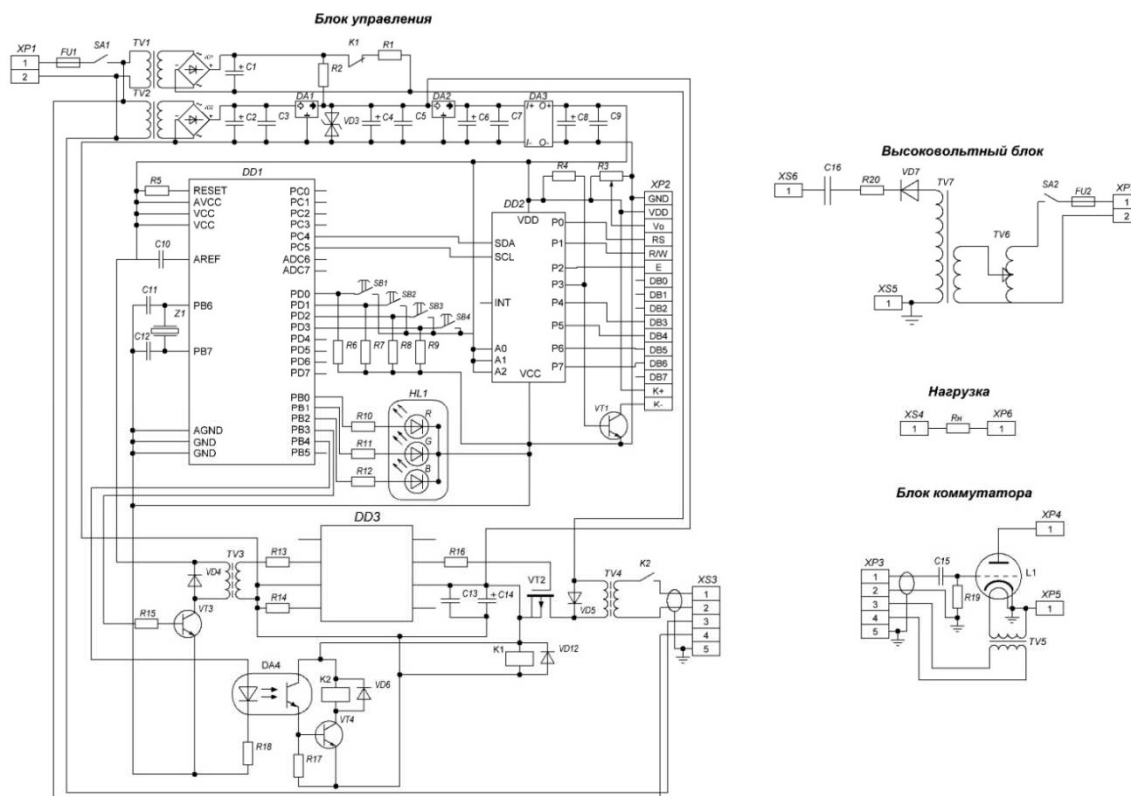


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема генератора импульсного напряжения, содержащая блоки управления, коммутации, высоковольтный и нагрузку

Блок коммутатора. В блоке коммутатора сетевое напряжение прикладывается на трансформатор TV5, где его значение понижается до 6,3 В и поступает на накал лампы L1. Для того чтобы предотвратить ложное срабатывание – открытие лампы L1, когда еще нет управляющих импульсов, сетка лампы присоединена к «земле» через резистор R19 и отключена от цепи формирования поджигающих импульсов в блоке управления. Конденсатор C15 необходим для того, чтобы на сетку лампы не было подано постоянное напряжение, которое не давало бы закрыться лампе. При поступлении управляющих импульсов от блока управления, которые проходят через конденсатор C15, и, попадая на сетку, открывают лампу L1, в результате чего емкостной накопитель C16 разряжается на нагрузку Rn, создавая импульс с крутым фронтом и экспоненциальным спадом. Закрытие тиратрона возможно только при напряжении анода в 300 В.

Высоковольтный блок. Основная задача данного блока – зарядка накопительного конденсатора C16. Высоковольтный блок состоит из предохранителя FU2, лабораторного автотрансформатора VT6, повышающего трансформатора VT7 (трансформатор высоковольтный испытательный ТВИ 15/20), высоковольтного резистора R20 выпрямительного диода VD7 и накопительного конденсатора C16. При помощи лабораторного автотрансформатора изменяется напряжение на первичной обмотке повышающего трансформатора таким образом, что можно получить необходимое значение постоянного напряжения обработки после его выпрямления диодом VD7. Резистор R20 ограничивает ток заряда накопительного конденсатора C16.

Разработанный генератор собран, испытан и проверен в работе и показал высокую стабильность в составе экспериментальной установки по изучению процесса импульсного электроплазмолиза растительного сырья (рисунок 2).

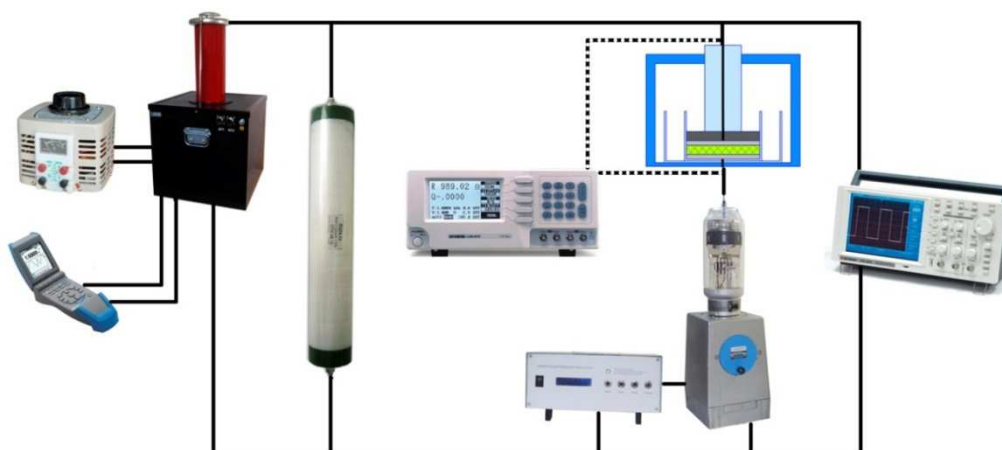


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки по обработке импульсными высоковольтными воздействиями растительного сырья

Нагрузка. Нагрузкой R_n разработанного генератора в принципе может быть любой исследуемый объект, подвергаемый воздействиям импульсов высокого напряжения. В нашем же случае в качестве нагрузки используется рабочая экспериментальная ячейка, в которой размещается материал растительного происхождения для электроимпульсной обработки. Конструктивно ячейка представляет собой корпус из диэлектрического материала с двумя пластинчатыми электродами. Сами электроды изготовлены из нержавеющей стали таким образом, что нижний электрод неподвижно закреплен в корпусе, а верхний, подпружиненный, имеет возможность перемещаться по высоте ячейки, создавая фиксированное давление на обрабатываемую растительную массу.

Материалы и методы. Для проведения исследований по изучению процесса электроимпульсного плазмолиза и последующего за ним экстрагирования яблочного и тыквенного сока из исходного сырья собрана установка, представленная на рисунке 2. Принципиально установка включает в себя следующее оборудование: лабораторный автотрансформатор, цифровой мультиметр MTX 3282, высоковольтный конденсатор, камеру обработки, генератор импульсного высокого напряжения (рисунок 1), оборудование для анализа характеристик импульсов АСК-2034, цифровые весы, прецизионный LCR-метр LCR-820, а также персональный компьютер для сбора регистрируемых данных и их анализа.

В камере для обработки растительное сырье помещается между двумя электродами, верхний из которых создает необходимое усилие прижима. К контактным креплениям электродов подключается LCR-метр для измерения начального сопротивления обрабатываемого материала, отключаемый после измерения, а затем на электроды, через последовательную цепь: выход высоковольтного трансформатора – конденсатор – коммутатор – безиндуктивный высоковольтный резистивный делитель, подается импульсное высоковольтное воздействие. Блок управления коммутатором позволяет задавать необходимую частоту повторения импульсов и их количество. Значение напряжения заряда конденсатора устанавливается с помощью лабораторного автотрансформатора по показаниям цифрового мультиметра MTX, подключенного к резистивному делителю высоковольтного трансформатора. Осциллограф фиксировал изменение напряжения и тока с сохранением данных на персональном компьютере. После завершения процесса камера обработки отключалась от высоковольтной цепи и снова подключалась к LCR-метру для измерения изменившегося сопротивления, после чего к подвижному электроду прикладывалось фиксированное давление и происходил отжим сока из обработанного сырья в специальный сборный стакан. Масса выжатого сока фиксировалась с помощью цифровых весов.

Подготовка обрабатываемого материала к исследованиям заключалась в вырезании цилиндрической заготовки из целого яблока сорта «Гала» или куска тыквы сорта «Грибовская зимняя» с помощью специального приспособления. Затем цилиндрическая заготовка разрезалась на образцы длиной 5 мм, которые взвешивались и замерялись. При отсутствии отклонений от допустимых норм образец считается годным для проведения эксперимента.

Электрическая часть установки позволяет в зависимости от значения емкости установленного в выходной цепи конденсатора и напряжения обработки:

- 1) устанавливать частоту следования импульсов, верхняя граница значений которых зависит от предварительно введенных данных, а нижняя – составляет значение 1 Гц;
- 2) устанавливать счётчик количества импульсов, который при отработке предварительно заданного алгоритма управляет их генерированием;
- 3) генерировать высоковольтные импульсы с экспоненциальным срезом амплитудой – 13 кВ; длительностью – 65 мкс; временем нарастания фронта импульса – 300 нс; временем среза импульса – 63 мкс.

Конденсатор выходного каскада разряжается сначала быстро, а затем все медленнее и медленнее, при этом у импульса формируется крутой фронт и экспоненциальный срез. Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора, при разряде поглощается в обрабатываемом образце растительной ткани.

Во всех экспериментах установка была настроена на частоту 15 Гц, а количество импульсов задавалось счетчиком.

Результаты и обсуждение. Экспериментальные исследования проводились на яблоках сорта «Гала». Масса предварительно подготовленных образцов для электроимпульсной обработки составляла 7,03-7,10 г. Обработка проводилась при разных значениях прикладываемого напряжения и количестве воздействующих импульсов, что позволяло оценивать количество энергии поглощаемой растительной тканью плодов. После обработки к каждому образцу в емкости для отжима сока прикладывалось фиксированное давление значением 218,62 кПа и контролировался выход сока. Масса сока, полученного из образца без электроимпульсной обработки, составляла 0,22 г, а после электроимпульсных воздействий составляла от 0,69 до 6,24 г. Результаты экспериментальных исследований по выходу сока из обработанного сырья представлены в рисунке 3.

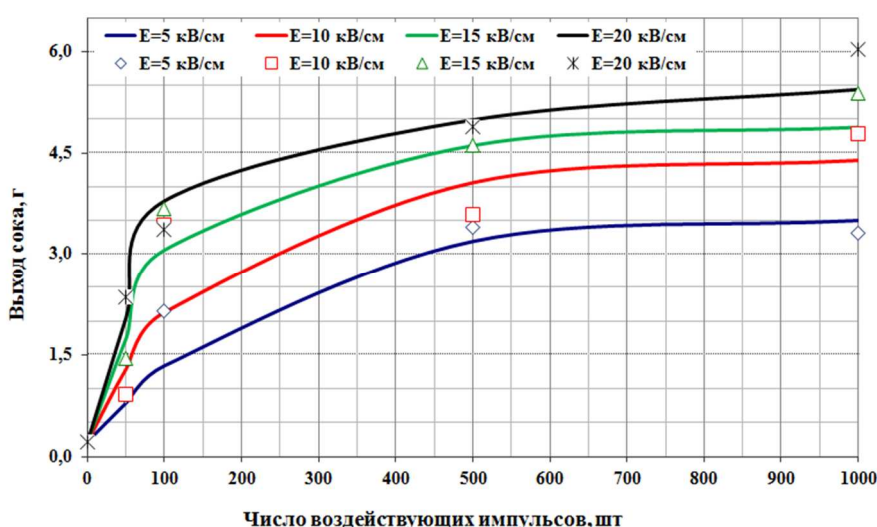


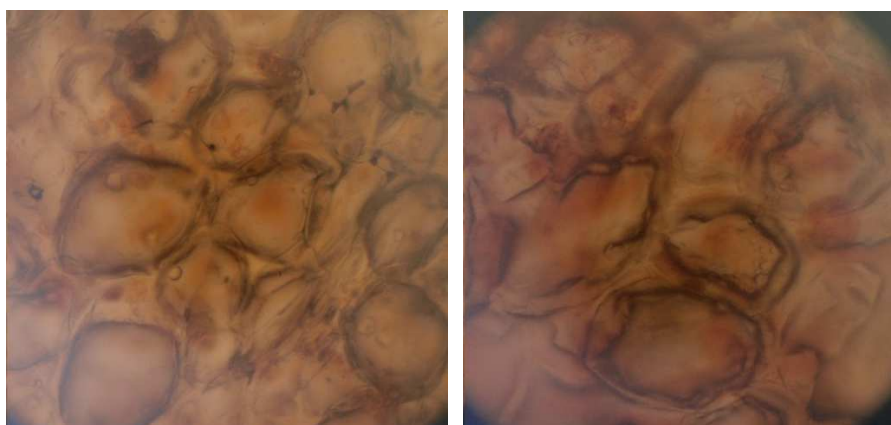
Рисунок 3 – Зависимости выхода сока (г), получаемого методом прессования из яблок сорта «Гала», от числа воздействующих импульсов (шт.), при различных значениях напряженности электрического поля (E) в растительной ткани образцов

Образцы из тыквы сорта «Грибовская зимняя» также подвергались обработке при разных параметрах электроимпульсного воздействия (напряжение, количество воздействующих импульсов) для получения зависимости электрического сопротивления растительной массы от параметров электроимпульсного воздействия. Полученные результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 1. Начальное сопротивление образца растительной ткани из тыквы, то есть сопротивление образца, не подвергнутого электроимпульсной обработке, равнялось 524,56 Ом.

Таблица 1 – Изменение сопротивления обрабатываемого продукта (Ом) в зависимости от напряжения обработки и количества воздействующих импульсов

Напряженность обработки, кВ/см	Сопротивление обрабатываемого продукта (Ом), при количестве воздействующих импульсов, шт.:			
	10	50	100	1000
2,0	391,37	204,10	143,17	-
10,0	320,49	185,33	166,04	-
20,0	199,20	76,32	74,02	13,67

Параллельно с основными исследованиями изучались с использованием микроскопа «Микромед Р-1» необработанные и обработанные образцы из тыквенного сырья и состояние их клеточных структур. Поверхность образца тыквы была увеличена под микроскопом «Микромед Р-1» с кратностью 10х для более визуального анализа эффекта обработки. Как видно на рисунке 4а, клетки растительного образца до обработки имеют округлую форму и равномерный окрас, что указывает на тот факт, что в клетке поддерживается нормальное внутреннее, тургорное давление. На рисунке 4б показан образец тыквы после электроимпульсной обработки, на котором видно, как после электровоздействия клетки обрели угловатую форму, появились точечные скопления, что указывает на выход жидкости из внутриклеточных полостей, сопровождающийся уменьшением тургора и потерей клеткой первоначальной формы. Уменьшение объема клетки сопровождается отделением цитоплазмы от оболочки, то есть наблюдается процесс плазмолиза.



а)

б)

Рисунок 4 – Образец тыквы (увеличение 10х):
а) до обработки; б) после обработки

Закключение. Изучив процесс электроимпульсной обработки растительного сырья: яблок сорта «Гала» и тыквы сорта «Грибовская зимняя», можно говорить о наблюдаемой зависимости выхода сока и изменения сопротивления растительной ткани обрабатываемых объектов от параметров электроимпульсной обработки. Наиболее интенсивное соковыделение наблюдается в начальный период обработки, когда подводится число воздействующих высоковольтных импульсов до 100 штук, количество выделяемого сока увеличивается

(если соотносить с количеством сока, полученного от необработанной массы яблок) при напряженности электрического поля в растительной ткани 5 кВ/см – в 9,7 раза, 10 кВ/см – в 15,6 раза, 15 кВ/см – в 16,7 раза, 20,0 кВ/см – в 15,3 раза. Если продолжать обработку и увеличивать количество поглощенной энергии (числа воздействующих импульсов), то повышение сокоотдачи будет меньше: при напряженности 5 кВ/см в 1,6 раза, 10 кВ/см – в 1,4 раза, 15 кВ/см – в 1,5 раза, 20,0 кВ/см – в 1,8 раза.

Подобная закономерность прослеживается и при изучении изменения сопротивления растительной ткани образцов тыквы, только в направлении уменьшения, что справедливо, так как при электрическом повреждении повышается проводимость растительных тканей. Продолжение исследований позволит более детально изучить влияние скорости ввода электрической энергии в растительные ткани сырья и поглощаемой ею энергии, а также градиента нарастания напряженности электрического поля на сокоотдачу исходного растительного материала и качество получаемого продукта

Библиографический список

1. Ботошан, Н.И. Физические основы электроплазмоллиза [Текст] / Н.И. Ботошан, М.К. Болога, С.Е. Берзой // Электронная обработка материалов. – 2006. – № 3. – С. 172-181.
2. Коршунов Б.П. Энергосберегающие электротехнологии в сельском хозяйстве: анализ и перспективы [Текст] / Б.П. Коршунов // Вестник ВИЭСХ. – 2015. – №1 (18). – С. 12-17.
3. Попова, Н.А. Электроплазмоллиз винограда с применением биполярных импульсов [Текст] / Н.А. Попова, А.Я. Папченко, М.К. Болога // Электронная обработка материалов. – 2014. – №50(6). – С. 83-91.
4. Электроплазмоллиз в технологии переработки красных сортов винограда [Текст] / А.Я. Папченко, Н.А. Попова, В.Г. Чобану, М.К. Болога // Электронная обработка материалов. – 2010. – № 2. – С. 80-82.
5. Юдаев, И.В. Электроимпульсный плазмоллиз растительного сырья как способ подготовки сырья к экстрагированию [Текст] / И.В. Юдаев, Р.Г. Кокурин // Сельский механизатор. – 2017. – №9. – С. 28-31.
6. Angersbach, A. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems [Текст] / A. Angersbach, V. Heinz, D. Knorr // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2000. – №1. – P.135-149.
7. Barsotti, L. Food process sing by pulsed electric fields. II. Biological aspects [Текст] / L. Barsotti, J.C. Cheftel // Food Review International. – 1999 – №15(2). – P. 181-213.
8. Bouzrara, H. Beet juice extraction by pressing and pulsed electric fields [Текст] / H. Bouzrara, E. Vorobiev // International Sugar Journal. – 2000. – №102(1216). – P. 194-200.
9. Eshtiaghi, M.N. High electric field pulse treatment: potential for sugar beet processing [Текст] / M.N. Eshtiaghi, D. Knorr // Journal of Food Engineering. – 2002. – №53(2). – P. 265-272.
10. Flavour retention and related enzyme activities during storage of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat [Текст] / I. Aguiló-Aguayo, G. Oms-oliu, R. Soliva-fortuny, O. Martin-Belloso // Food Chemistry. – 2009. – №116(1). – P. 59-65.
11. Fincan, M. Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment [Текст] / M. Fincan, F. DeVito, P. Djemek // Journal of Food Engineering. – 2004. – №64. – P. 381-388.
12. Food application of high electric field pulses [Текст] / D. Knorr, M. Geulen, T. Grahl, W. Sitzmann // Trends Food Science & Technology. – 1994. – №5. – P. 71-75.
13. Jeyamkondan, S. Pulsed electric field processing of foods: A review [Текст] / S. Jeyamkondan, D.S. Jayas, R.A. Holley // J. of Food Protection. – 1999. – № 62(9). – P. 1088-1096.
14. Rastogi, N.K. Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electrical field pulse pretreated carrots [Текст] / N.K. Rastogi, M.N. Eshtiaghi, D. Knor // Journal of Food Science. – 1999. – № 64(6). – P. 1020-1023.
15. Use of pulsed electric field treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods [Текст] / B.I.O. Ade-Omowaye, A. Angersbach, K.A. Taiwo, D. Knorr // Trends Food Science & Technology. – 2001. – № 12. – P. 285-295.
16. Toepfl, S. Overview of pulsed electric field processing for food [Текст] / Toepfl S., Heinz V., D. Knorr // In: Emerging Technologies for Food Processing (D.W. Sun, ed.), Oxford, U.K.: Elsevier, 2005. – P. 67-97.

17. Yeom, H.W. Inactivation of pectin methyl esterase in orange juice by pulsed electric fields [Текст] / H.W. Yeom, G.W. Chism, Q.H. Zhang // Food Engineering and Physical Properties. – 2002. – 67(6). – P. 2154-2159.

18. Zhang, Q. Food preservation technology series: Pulsed electric field in food processing – Fundamental aspects and applications [Текст] / Q. Zhang, G.V. Barbosa-Carnovas. – Lancaster: Technomic publishing company book, 2001. – 265 p.

Reference

1. Botoshan, N. I. Fizicheskie osnovy jelektriplazmoliza [Текст] / N. I. Botoshan, M. K. Bologna, S. E. Berzoy // Jelektronnaya obrabotka materialov. – 2006. – № 3. – P. 172-181.

2. Korshunov, B. P. Jenergoberegayushchie jelektrrotehnologii v sel'skom hozyajstve: analiz i perspektivy [Текст] / B. P. Korshunov // Vestnik VIJeSX. – 2015. – №1 (18). – P. 12-17.

3. Popova, N. A. Jelektriplazmoliz vinograda s primeneniem bipolyarnykh impul'sov [Текст] / N. A. Popova, A. Ya. Papchenko, M. K. Bologna // Jelektronnaya obrabotka materialov. – 2014. – №50(6). – P. 83-91.

4. Jelektriplazmoliz v tehnologii pererabotki krasnykh sortov vinograda [Текст] / A. Ya. Papchenko, N. A. Popova, V. G. Chobanu, M. K. Bologna // Jelektronnaya obrabotka materialov. – 2010. – № 2. – P. 80-82.

5. Yudaev, I. V. Jelektrimpul'snyj plazmoliz rastitel'nogo syr'ya kak sposob podgotovki syr'ya k jekstragirovaniyu [Текст] / I. V. Yudaev, R. G. Kokurin // Sel'skij mehanizator. – 2017. – №9. – P. 28-31.

6. Angersbach, A. Effects of pulsed electric fields on cell membranes in real food systems [Текст] / A. Angersbach, V. Heinz, D. Knorr // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2000. – №1. – P. 135-149.

7. Barsotti, L. Food process sing by pulsed electric fields. II. Biological aspects [Текст] / L. Barsotti, J.C. Cheftel // Food Review International. – 1999 – №15(2). – P. 181-213.

8. Bouzrara, H. Beet juice extraction by pressing and pulsed electric fields [Текст] / H. Bouzrara, E. Vorobiev // International Sugar Journal. – 2000. – №102(1216). – P. 194-200.

9. Eshtiaghi, M.N. High electric field pulse treatment: potential for sugar beet processing [Текст] / M.N. Eshtiaghi, D. Knorr // Journal of Food Engineering. – 2002. – №53(2). – P. 265-272.

10. Flavour retention and related enzyme activities during storage of strawberry juices processed by high-intensity pulsed electric fields or heat [Текст] / I. Aguiló-Aguayo, G. Oms-oliu, R. Soliva-fortuny, O. Martin-Belloso // Food Chemistry. – 2009. – №116(1). – P. 59-65.

11. Fincan, M. Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment [Текст] / M. Fincan, F. DeVito, P. Dejmek // Journal of Food Engineering. – 2004. – №64. – P. 381-388.

12. Food application of high electric field pulses [Текст] / D. Knorr, M. Geulen, T. Grahl, W. Sitzmann // Trends Food Science & Technology. – 1994. – №5. – P. 71-75.

13. Jeyamkondan, S. Pulsed electric field processing of foods: A review [Текст] / S. Jeyamkondan, D.S. Jayas, R.A. Holley // J. of Food Protection. – 1999. – № 62(9). – P. 1088-1096.

14. Rastogi, N.K. Accelerated mass transfer during osmotic dehydration of high intensity electrical field pulse pretreated carrots [Текст] / N.K. Rastogi, M.N. Eshtiaghi, D. Knor // Journal of Food Science. – 1999. – № 64(6). – P. 1020-1023.

15. Use of pulsed electric field treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods [Текст] / B.I.O. Ade-Omowaye, A. Angersbach, K.A. Taiwo, D. Knorr // Trends Food Science & Technology. – 2001. – № 12. – P. 285-295.

16. Toepfl, S. Overview of pulsed electric field processing for food [Текст] / Toepfl S., Heinz V., D. Knorr // In: Emerging Technologies for Food Processing (D.W. Sun, ed.), Oxford, U.K.: Elsevier, 2005. – P. 67-97.

17. Yeom, H.W. Inactivation of pectin methyl esterase in orange juice by pulsed electric fields [Текст] / H.W. Yeom, G.W. Chism, Q.H. Zhang // Food Engineering and Physical Properties. – 2002. – 67(6). – P. 2154-2159.

18. Zhang, Q. Food preservation technology series: Pulsed electric field in food processing – Fundamental aspects and applications [Текст] / Q. Zhang, G.V. Barbosa-Carnovas. – Lancaster: Technomic publishing company book, 2001. – 265 p.

E-mail: etsh1965@mail.ru

УДК 631.331: 635.61

**ЗАВИСИМОСТЬ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ АПК
ОТ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**
**DEPENDENCE OF SAFETY OF AIC WORKERS FROM ASSESSMENT
OF PROFESSIONAL RISKS**

И.С. Мартынов, кандидат технических наук, доцент

В.Ю. Мисюряев, кандидат педагогических наук, доцент

М.А. Садовников, кандидат технических наук, доцент

Е.Ю. Гузенко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

I.S. Martynov, V.Yu. Misyuryaev, M.A. Sadovnikov, E.Yu. Guzenko

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Для снижения количества травм и заболеваемости разрабатываются законы в области охраны труда, на предприятиях трудятся специалисты по охране труда, утверждаются новые и переработанные стандарты. В связи с этим обязательным вопросом будет зависимость безопасности работников АПК от оценки профессиональных рисков и управления ими. В результате анализа информационных источников, рассматривающих оценки профессиональных рисков, предложены мероприятия по улучшению условий труда, позволяющие снизить травматизм работников АПК. С целью снижения величины рисков или их устранения используется критерий эффективности для уменьшения рисков. Поэтому оценка рисков позволяет выявлять опасности, характерные определенной деятельности, прежде чем они приведут к травматизму или станут причиной вреда работнику на производстве. Кроме того, оценка рисков на предприятиях АПК является развивающейся и постоянно действующей функцией, к которой относится контроль выполнения мероприятий, оценка рисков (повторная) для оценки их воздействий и постоянный контроль на производстве для профилактических мероприятий рисков. Результаты оценки профрисков должны обеспечить обратную связь с персоналом, который участвовал в этой оценке, и с другими работниками. Эти результаты можно обрабатывать по каждому рабочему участку или всему предприятию.

To reduce the number of injuries and morbidity laws are being developed in the field of labor protection, labor safety specialists work at the enterprises, new and revised standards are approved. In connection with this, a mandatory issue is the dependence of the safety of workers in the AIC on the assessment of professional risks and their management. As a result of the analysis of information sources reviewing occupational risk assessments, measures have been proposed to improve working conditions that reduce the traumatism of workers in the agro-industrial complex. To reduce the magnitude of risks or eliminate them, an efficiency criterion is used to reduce risks. Therefore, risk assessment can identify hazards that are specific to a particular activity before they lead to injuries or cause harm to the worker in production. In addition, risk assessment at the enterprises of the agro-industrial complex is an evolving and constantly functioning function, which includes monitoring the implementation of activities, risk assessment (re-evaluation) to assess their impacts and continuous monitoring at production facilities for preventive risk activities. The results of the assessment of the professional risks should provide feedback to the staff who participated in this assessment, and with other employees. These results can be processed for each work site or the entire enterprise.

Ключевые слова: *охрана труда, агропромышленный комплекс, профессиональный риск, опасные и вредные производственные факторы, травматизм работников.*

Key words: *labor protection, agro-industrial complex (AIC), professional risk, dangerous and harmful production factors, traumatism of employees.*

Введение. Цель охраны труда (ОТ) – снижение количества травм и заболеваний водителей, механизаторов и других работников агропромышленного комплекса (АПК) путем создания безопасных условий труда. Для достижения указанной цели разрабатывается и постоянно корректируется законодательство в области ОТ, создаются на всех предприятиях службы охраны труда, совершенствуются стандарты безопасности труда (СБТ), широко поддерживается деятельность контролирующих органов в области ОТ. Особенно это необходимо в АПК, где степень травматизма довольно велика. Для примера рассмотрим животноводческую отрасль, которая по степени опасности возникновения травм АПК занимает одно из ведущих мест. В группу с самым большим количеством пострадавших входят доярки и телятницы, скотники и пастухи, свиноводы и конюхи, а также техники-осеменаторы (доля несчастных случаев составляет 39,1 % в животноводстве). В другую группу (33,8 %) входят работники, задействованные на транспортных работах и обслуживании сельскохозяйственного оборудования (агрегатов для удаления навоза, паровых и водогрейных котлов). Среди пострадавших встречаются и сторожа, которые гибнут при контакте с животными, а также при пожарах. Примерно 45 % всех случаев получения травм связано с их состоянием (алкогольное опьянение). Основными причинами несчастных случаев являются плохая организация безопасности труда; эксплуатация работниками неисправных машин; нарушение требований безопасности труда [5, 6].

Кроме того, развивающаяся быстрыми темпами электрификация, механизация и химизация процессов на производстве, широкое разнообразие сложной обновляемой техники требуют от работников АПК большого багажа знаний по ОТ, позволяющих грамотно решать производственные вопросы безопасных условий труда для своих подчиненных и получения ими навыков выполнения работ с учетом требований безопасности [7].

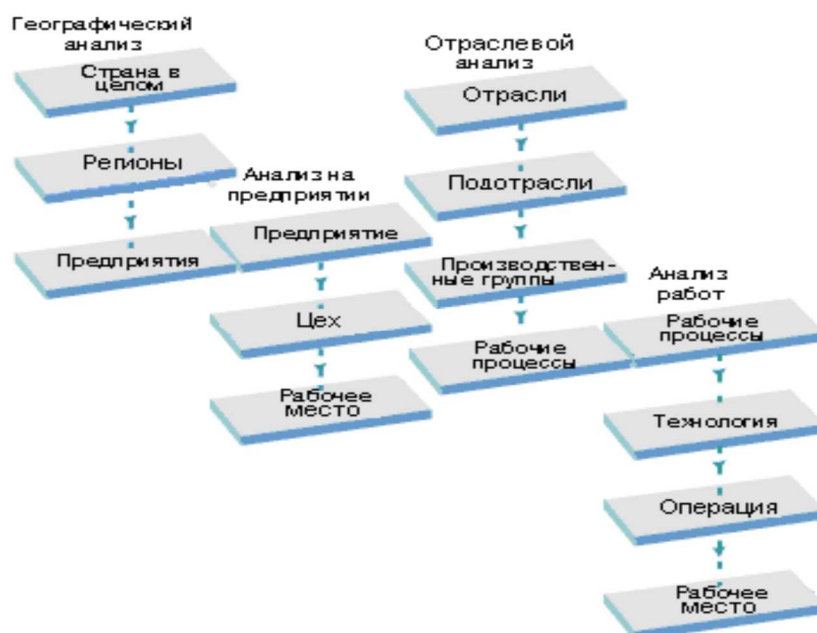


Рисунок 1 – Различные уровни анализа несчастных случаев

Материалы и методы. В связи с этим наиболее важным вопросом обеспечения безопасности работников на предприятиях АПК является оценка профессиональных рисков и управление ими.

Для понимания определения профессионального риска необходимо рассмотреть его структуру, т.е. его слагаемые факторы. Профриск имеет различное толкование и смысл в зависимости от области исследований [1, 10].

Риск подразделяется на скрытый и проявленный [2]. Скрытые риски порождают общие заболевания работника и состоят из профзаболеваний, связанных с факторами трудовой деятельности; профзаболеваний, обусловленных наличием внешних факторов и факторов рабочей среды; не имеющих связи с трудовой деятельностью общих заболеваний, осложненных профессиональными факторами.

Проявленный риск состоит из производственного травматизма со смертельным исходом, а также с временной или полной утратой трудоспособности; профзаболевания с полной или частичной утратой трудоспособности работников АПК.

Скрытому риску необходимо уделять особое внимание, т.к. он способствует снижению иммунитета, следовательно, росту общей заболеваемости работников АПК, быстрому старению организма и стрессам работников. Кроме того, скрытый риск – причина различных заболеваний с летальным исходом, таких как сердечно-сосудистые, онкологические и другие заболевания. В связи с этим при оценке профессионального риска надо уделять внимание явным и скрытым факторам, которые необходимо выявлять при периодических медицинских осмотрах, организованных работодателем.

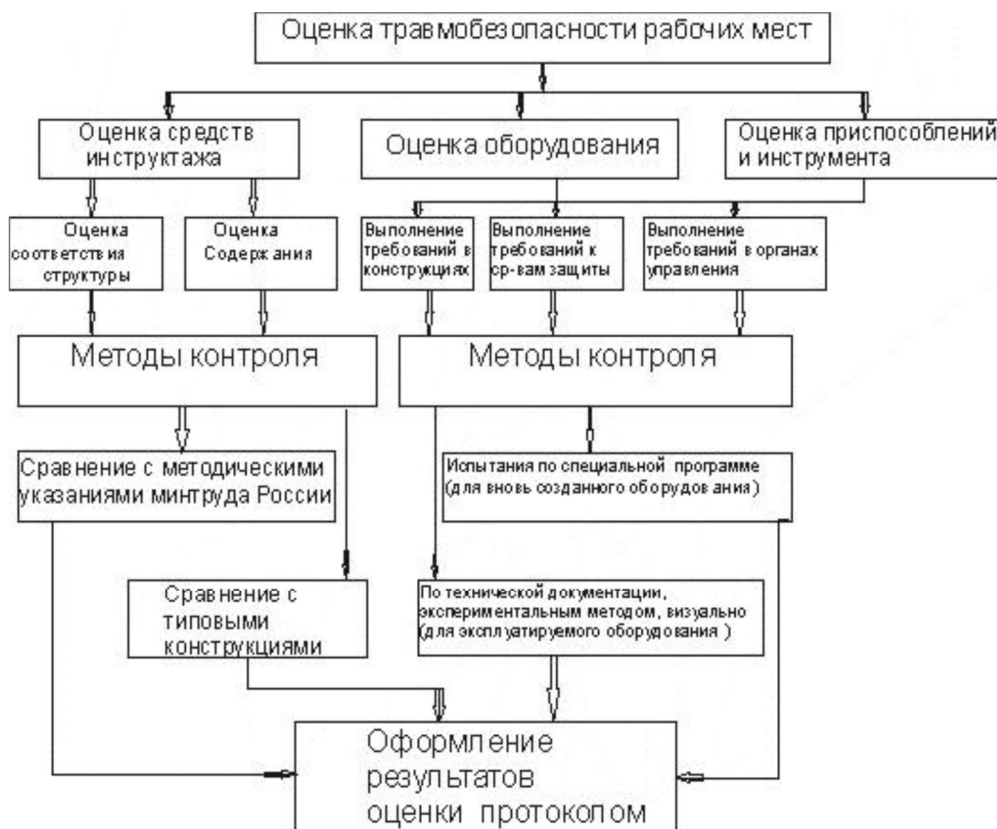


Рисунок 2 – Схема оценки травмобезопасности производственных мест на соответствие требований нормативных правовых актов

Что касается оценки профессиональных рисков, то она подразумевает выявление опасностей, возникающих в процессе труда, определение их значимости и величины. Кроме того, наиболее эффективным мероприятием является оценка рисков, при кото-

рой учитываются не только неблагоприятные события и производственные несчастные случаи, которые произошли раньше, но и не вызвавшие пока отрицательных последствий опасности.

Поэтому оценка рисков позволяет выявлять опасности, характерные для определенной работы, прежде чем они приведут к несчастному случаю или станут причиной иного вреда работнику на производстве.

Оценка рисков – это непрерывный и систематический процесс [4], который проводится поэтапно, причем учитываются выявленные опасности (рисунок 3). Основой для нее служит выявление возникших во время работы опасностей. И если их (опасности) невозможно полностью устранить, то следует оценить их риск для безопасности здоровья работников. На основе этой оценки можно принять нужные решения по повышению степени безопасности работников.

Для того чтобы оценка рисков приводила к повышению уровня безопасности на производстве, необходимо определить приоритетные направления повышения безопасности труда работников, основываясь на полученных данных [3]. Наиболее эффективными мерами при этом считаются меры по полной ликвидации ярко выраженных опасностей. Задуманные меры должны быть конкретными и выполнимыми. Постоянство оценки профрисков предполагает оценку внедренных мероприятий, а именно их эффективность, непрерывное наблюдение за ними и взаимодействие с подверженными рискам работниками.

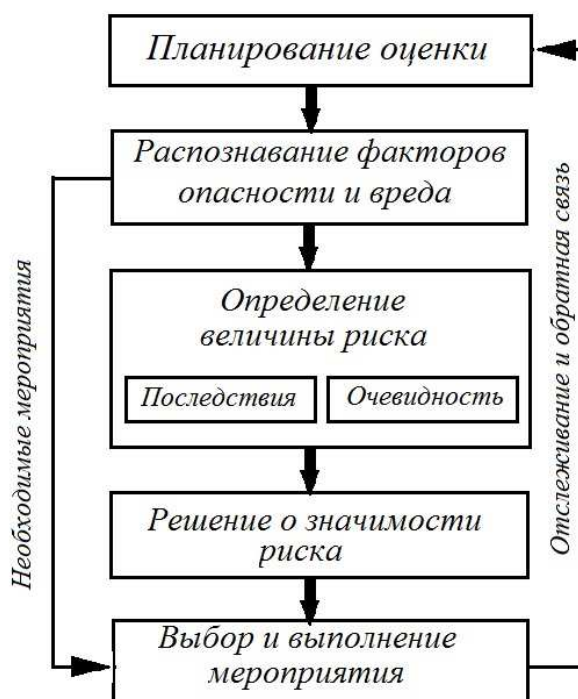


Рисунок 3- Этапы оценки рисков и принцип управления

К хорошей оценке рисков, организованной работодателем, привлекаются разные подразделения предприятий в соответствии с их заданиями. Она основана на принципе Р-С-Р (т.е. работодатель – специалисты – работники) [4]. Осуществляемая сторонними специалистами оценка должна проводиться совместно с работниками данного предприятия, т.е. привлечение собственного персонала будет сопровождаться его активным информированием о ходе выполнения оценки рисков и ее результатах.

Кроме того, грамотно организованная оценка профессиональных рисков отражает действительное положение на производстве, а результаты отражают реальные условия труда и трудовую деятельность предприятия в целом. В течение проведения оценки профрисков необходимо объективно и адекватно выполнять все ее мероприятия. Заранее внедренные мероприятия по управлению профессиональными рисками учитываются там, где они соответствуют действительности [8]. Например, оценка величины профессионального риска при шуме производственного процесса должна учитывать эффективность мероприятий по устранению шума в той части, в которой мероприятия выполнены на самом деле.

Также оценка рисков выполнена превосходно, если в ней систематически устанавливались опасности и оценивались профриски для наиболее значимых производственных процессов. Для всех охватываемых значительные зоны рисков оценка должна проводиться так, чтобы ярко выраженные и множественные зоны рисков наиболее тщательно контролировались, то есть, в этом случае оценка должна дополняться более подробными уточнениями и разъяснениями.

Правильная оценка рисков отражает проблематику обеспечения безопасности труда работников АПК. Определение уровня риска нужно выполнять так, чтобы выделить наиболее значимые и выраженные риски в обеспечении безопасности. Во-вторых, оценивая риски, нужно выделять риски, по отношению к которым не надо проводить спецмероприятия или дополнительные объяснения. Результаты оценки необходимо использовать при разработке четких мероприятий по управлению рисками.

Оценка профессиональных рисков носит профилактический характер, основывается на данных организации о рисках и произошедших несчастных случаях и инцидентах [9]. Кроме этих данных, учитываются и потенциальные опасности, которые в данный момент не проявились, но возможны в процессе работы. Оценивается также внедренные ранее работы по обеспечению безопасности труда.

Главная задача оценки рисков – осуществить четкие и выполнимые мероприятия повышения уровня безопасности труда. К более эффективному использованию результатов оценки профессиональных рисков можно отнести и то, что они внедряются в виде многих форм реализации в соответствии с законодательными методами, например, включаются в инструкции по ОТ.

Кроме того, оценка рисков на предприятиях АПК является развивающейся и постоянно действующей функцией, к которой относится контроль выполнения мероприятий, оценка рисков (повторная) для оценки их воздействий и постоянный контроль на производстве для профилактических мероприятий рисков.

Со стороны работодателя учет характера трудовой деятельности должен в полной мере выявлять и идентифицировать различные опасности в трудовом процессе, рабочих помещениях и других рабочих зонах и условиях. В случае невозможности устранения необходимо оценивать и рассматривать их значения с точки зрения обеспечения безопасности и здоровья работников АПК. При этом надо учитывать опасность травматизма и потери здоровья; выявленные случаи травматизма, профзаболевания и болезни, вызванные вредными факторами производства, и опасные ситуации; пол, возраст, профуровень и другие характеристики работника АПК; уровень трудовой нагрузки работника; вероятная опасность для репродукции работника.

Опасные производственные факторы на предприятиях АПК необходимо выявлять и оценивать в частном и общественном секторах, независимо от рабочего места и области трудовой деятельности. Методы выявления и оценки нужно выбирать, учитывая особенности рабочего места, виды работ и все опасные факторы.

Выявленные опасные факторы необходимо полностью устранить, а величину оставшихся опасностей нужно оценить в рамках профрисков, из результатов которой должны следовать мероприятия по приведению в соответствие значений оставшихся опасных факторов до уровней, удовлетворяющих требованиям трудового законодательства, для того чтобы здоровье работников АПК минимально подвергалось опасности. Также, согласно трудовому законодательству, у работодателя должен быть отчет с оценкой опасных факторов на рабочих местах. Работодатель должен иметь возможность показать факт проведения оценки рисков. Из практических соображений оценка профрисков должна оформляться письменно (или в электронном виде) так, чтобы ее легко можно было бы представить работникам.

Выявление производственных опасностей является первоочередным и наиболее важным этапом оценки профрисков, который учитывает недостатки в области ОТ, причиняющие вред безопасности и здоровью работников.

Вероятность и серьезность можно оценить различными методами, по критериям, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии определения значимости последствий

Признаки серьезности последствий	
Незначительные	Действие приводит к нарушению здоровья или кратковременному заболеванию, не предполагающему обращение за медпомощью. Вероятно отсутствие на работе не более 3 дней (головная боль, синяк).
Умеренно значимые	Действие приводит к длительным и значительным последствиям. Предполагает обращение за мед. помощью и вызывает от трех до тридцати дней отсутствия на работе (резаная рана, слабые ожоги).
Серьезные	Действие приводит к постоянным и необратимым повреждениям. Предполагает лечение в мед. учреждении и вызывает отсутствие на работе более тридцати дней (серьезные профессиональные заболевания, стойкая нетрудоспособность, смерть).

Величину риска можно определить наиболее применяемым способом прописанным в стандарте BS 8800 [11].

Решение о значимости профрисков означает их такое разделение, при котором малые риски находятся отдельно. Устранение всех рисков не всегда возможно. Сначала занимаются наиболее выраженными профрисками, а затем мероприятия распространяются на другие риски (таблица 2): главная цель – ликвидация или минимизация последствий, причиняемой рисками.

Таблица 2 – Инструкции о значимости риска и принятии решения
о необходимости и очередности мероприятий

Величина риска	Необходимые мероприятия для уменьшения риска
Малозначимый риск	Риск мал (мероприятий не требуется).
Малый риск	Мероприятия не обязательны (за ситуацией нужно следить, чтобы риск был управляемым).
Умеренный риск	Мероприятия для уменьшения риска необходимы (проведение можно спланировать и провести точно по графику). Если риск вызывает серьезные последствия (необходимо выяснить вероятность события точнее).
Значительный риск	Мероприятия по снижению величины риска обязательны (проведение следует начать срочно). Работа в условиях риска должна быть немедленно прекращена, и ее нельзя возобновлять прежде, чем риск будет уменьшен.
Недопустимый риск	Мероприятия по ликвидации риска обязательны (проведение необходимо начать немедленно. Работа в условиях риска должна быть немедленно прекращена, и ее нельзя возобновлять прежде, чем риск будет ликвидирован).

Оценка рисков является непрерывной работой. Меняются характер работы и рабочие места, поэтому собранные при оценках сведения быстро устаревают. Меняют ситуацию также мероприятия, внедренные по результатам оценки.

Заключение. Результаты оценки профрисков должны обеспечить обратную связь с персоналом, который участвовал в этой оценке, и с другими работниками. Эти результаты можно обрабатывать по каждому рабочему участку или всему предприятию. Результаты оценки профрисков можно использовать также в последующих документах или мероприятиях: в инструктаже работников по ОТ; в эксплуатационных инструкциях; в производственных инструкциях; при составлении производственных планов и планов работы по ОТ; при составлении планов деятельности медслужб и гигиены труда; при составлении детальных отчетов и замеров; при планировании изменений на рабочих местах.

Библиографический список

1. Бакико, Е.В. Анализ методических подходов к оценке профессиональных рисков в России [Текст] / Е.В. Бакико, А.К. Исакова // Молодой ученый. – 2016. – №28. – С. 55-59.
2. Давыдова, Е.В. Управление профессиональными рисками как часть системы охраны труда [Электронный ресурс] / Е.В. Давыдова // Отрасли права: аналитический портал – отрасли права РФ. – Дата размещения статьи: 20.10.2015.
3. Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eisot.rosmintrud.ru/index.php/otsenka-i-upravlenie-professionalnymi-riskami>
4. Мерви, Муртонен. Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие [Текст] / Мерви, Муртонен // Охрана труда: международный опыт»: серия переводных информационных материалов. Отдел публикаций Пермского государственного технического университета. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. – Вып. 1. – 64 с.
5. Мисюряев, В.Ю. Влияние человеческого фактора на уровень профессионального риска работников АПК [Текст] / В.Ю. Мисюряев, И.С. Мартынов, Е.Ю. Гузенко // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ВолГАУ. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. – С. 91-95.
6. Попов, Г.Г. Обеспечение безопасности труда в крестьянско-фермерских хозяйствах Волгоградской области [Текст] / Г.Г. Попов, Мартынов И.С., Е.Ю. Гузенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 211-213.
7. Профессиональный риск. Теория и практика расчета [Текст] / Под ред. А.Г. Хрупаева, А.А. Хадарцева. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 330 с.
8. Профессиональный риск: оценка и управление [Текст]. – М.: «Анкил», 2004. – 224 с.
9. Роик, В.Д. Профессиональный риск: проблемы анализа и управления [Текст] / В.Д. Роик // Человек и труд. – 2003. – № 4. – С. 7.
10. Трудовой кодекс Российской Федерации Актуальная редакция ТК РФ от 31.12.2017 с изменениями, вступившими в силу с 11.01.2018 [Электронный ресурс]. – СПС «КонсультантПлюс».
11. BS 8800:2004 – Системы управления гигиеной и охраной труда [Электронный ресурс]: руководство. – Режим доступа: <http://www.klubok.net/Downloads-index-requestdownloadaddetails-lid-346.html>

Reference

1. Bakiko, E. V. Analiz metodicheskikh podhodov k ocenke professional'nyh riskov v Rossii [Tekst] / E. V. Bakiko, A. K. Isakova // Molodoj uchenyj. - 2016. - №28. - S. 55-59.
2. Davydova, E. V. Upravlenie professional'nyimi riskami kak chast' sistemy ohrany truda [Jelektronnyj resurs] / E. V. Davydova // Otrاسli prava: analiticheskij portal - otrasli prava RF. - Data razmescheniya stat'i: 20.10.2015.

3. Edinaya obscherossiyskaya spravочно-informacionnaya sistema po ohrane truda [}lektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://eisot.rosmintrud.ru/index.php/otsenka-i-upravlenie-professionalnymi-riskami>
4. Mervi, Murtonen. Ocenka riskov na rabochem meste - prakticheskoe posobie [Tekst] / Mervi, Murtonen // Ohrana truda: mezhdunarodnyj opyt": seriya perevodnyh informacionnyh materialov. Otdel publikacij Permskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. – Perm': izd-vo PGU, 2007. - Vyp. 1. - 64 s.
5. Misyuryaev, V. Yu. Vliyanie chelovecheskogo faktora na uroven' professional'nogo riska rabotnikov APK [Tekst] / V. Yu. Misyuryaev, I. S. Martynov, E. Yu. Guzenko // Nauchnye osnovy strategii razvitiya APK i sel'skih territorij v usloviyah VTO: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvyaschennoj 70-letiyu VolGAU. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2014. - S. 91-95.
6. Popov, G. G. Obespechenie bezopasnosti truda v krest'yansko-fermerskih hozyajstvah Volgogradskoj oblasti [Tekst] / G. G. Popov, Martynov I. S., E. Yu. Guzenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 1(37). - S. 211-213.
7. Professional'nyj risk. Teoriya i praktika rascheta [Tekst] / Pod red. A. G. Hrupacheva, A. A. Hadarceva. -- Tula: Izd-vo TulGU, 2011. - 330 s.
8. Professional'nyj risk: ocenka i upravlenie [Tekst]. – M.: “Ankil”, 2004. – 224 s.
9. Roik, V. D. Professional'nyj risk: problemy analiza i upravleniya [Tekst] / V. D. Roik // Chelovek i trud. - 2003. - № 4. - S. 7.
10. Trudovoj kodeks Rossijskoj Federacii Aktual'naya redakciya TK RF ot 31.12.2017 s izmeneniyami, vstupivshimi v silu s 11.01.2018 [Jelektronnyj resurs]. - SPS “KonsultantPlyus”.
11. BS 8800:2004 - Sistemy upravleniya gigienoj i ohranoj truda [Jelektronnyj resurs]: rukovodstvo. - Rezhim dostupa: <http://www.klubok.net/Downloads-index-req-viewdownloaddetails-lid-346.html>

E-mail: bgd_volgau@mail.ru

УДК 656.11

**ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ НАХОЖДЕНИЯ ТОПЛИВА
В ЗОНЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ
ESTIMATION OF THE FUEL LOOKING TIME
IN ULTRASONIC TREATMENT ZONE**

Р.В. Пуков, аспирант

С.В. Колупаев, кандидат технических наук, доцент

А.С. Колотов, кандидат технических наук, доцент

С.А. Кожин, аспирант

R.V. Pukov, S.V. Kolupaev, A.S. Kolotov, S.A. Kozhin

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнический университет им. П.А. Костычева»

FSBEI of Higher Education «Ryazan State Agrotechnological University»

Рассмотрены результаты исследований оптимизации размещения штуцеров топливоподдачи в теле емкости небольшого объема, размещаемой в топливopровode двигателя, с жестко закрепленным на ней высокочастотным излучателем, формирующим зону ультразвуковой обработки. Эксперименты по выявлению зависимости изменения эффективности работы устройства для энергонасыщения топлива дизельных двигателей в зависимости от времени нахождения топлива в камере обработки, которое зависит от способа его подачи, проводились с использованием дизельного двигателя YANMAR 4TNV88-BGGE. Выход обработанного топлива из камеры обработки в топливный насос двигателя для последующей его подачи в камеру сгорания на протяжении всего эксперимента осуществлялся через штуцер №1. Подача топлива в камеру обработки осуществлялась через штуцера № 9, 7 и 2. Кратность измерений составляла 7

минут, количество контрольных сессий – 6. Опытным путём установлено, что существует прямая зависимость повышения эффективности работы устройства при различных вариантах подачи топлива в камеру обработки: результаты показывают, что эффективность работы устройства меняется в зависимости от времени нахождения топлива в камере обработки, которое зависит от способа его подачи.

The article considers the results of research on optimizing the placement of fuel supply fittings in the body of a small volume vessel placed in the fuel line of the engine, with a high-frequency radiator rigidly fixed on it, forming an ultrasonic treatment zone. Experiments to determine the dependence of the change in the efficiency of the device for energy saturation of diesel fuel, depending on the time spent in the treatment chamber, which depends on the method of supply, were carried out using a YANMAR 4TNV88-BGGE diesel engine. Exit of the processed fuel from the processing camera in the fuel pump of the engine for the subsequent his giving in the combustion chamber throughout all experiment was carried out via the union No. 1. Supply of fuel in the camera of processing was carried out through the union No. 9, 7 and 2. The frequency rate of measurements was 7 minutes, the number of control sessions – 6. It is by practical consideration established that there is a direct dependence of increase in overall performance of the device at various options of supply of fuel in the processing camera: results show that the overall performance of the device changes depending on the time spent of fuel in the processing camera which depends on a way of his giving.

Ключевые слова: *двигатель, кавитация, расход, топливо, ультразвуковая обработка.*

Key words: *engine, cavitation, expense, fuel, ultrasonic processing.*

Введение. Сложившаяся в мире неблагоприятная экологическая обстановка, постепенное истощение мировых запасов нефти, обусловленное ограниченностью геологических запасов основных видов энергоносителей (таблица 1) [1], постоянное повышение цен на традиционные моторные топлива говорят об актуальности работ, направленных на поиск более рационального и эффективного использования существующих энергоресурсов.

Повышенное внимание мировой общественности к проблемам рациональности и эффективности использования существующих энергоресурсов, повсеместного внедрения технологий энергосбережения и поиска возобновляемых источников энергии в настоящее время, безусловно, является одной из важнейших особенностей развития современного общества [9, 2, 7].

Таблица 1 – Мировые запасы ископаемых энергоносителей (в млрд т)

Вид энергоносителя	Мировые запасы	Мировое извлечение в год	Потенциал, годы
Нефть	130	4	30-35
Уголь	720	2	350
Природный газ	104	2,1	50

Учитывая насколько велика доля дизельной автотракторной техники в АПК России, данная проблема становится актуальной практически для всех предприятий, чья деятельность связана с сельским хозяйством.

Для повышения экономии топлива в области топливосбережения изучаются различные возможности улучшения эксплуатационных характеристик автотракторных дизелей: за счет применения смесового топлива [10], внесения в топливо присадок, которые (в подавляющем большинстве случаев) хоть и недостаточно снижают мощность, но, тем не менее, хорошо влияют на получение определенного состава и процентного соотношения выхлопных газов двигателя за счёт энергонасыщения топлива внешним комбинированным воздействием [8].

Материалы и методы. В настоящее время разработан опытный образец устройства (рисунок 1) для энергонасыщения топлива дизельных двигателей, имеющих достаточно высокий коэффициент полезного действия (КПД). Данный тип устройств достаточно компактен и потребляет, как правило, относительно небольшое количество энергии, имея при этом достаточно высокий коэффициент полезного действия [6].

Устройство отличается довольно низким потреблением энергии при работе, единственным требованием является необходимость его подключения к бортовой сети сельскохозяйственной техники [4].

Состоит устройство из двух частей: блока управления и камеры ультразвуковой обработки топлива, которые соединены друг с другом электрическим кабелем. Камера ультразвуковой обработки топлива монтируется в моторном отсеке, в разрыве топливопровода, между топливным баком и насосом высокого давления. Для расположения камеры ультразвуковой обработки топлива не существует каких-либо специальных требований, её работа осуществляется в тех же внешних условиях, что и работа двигателя.

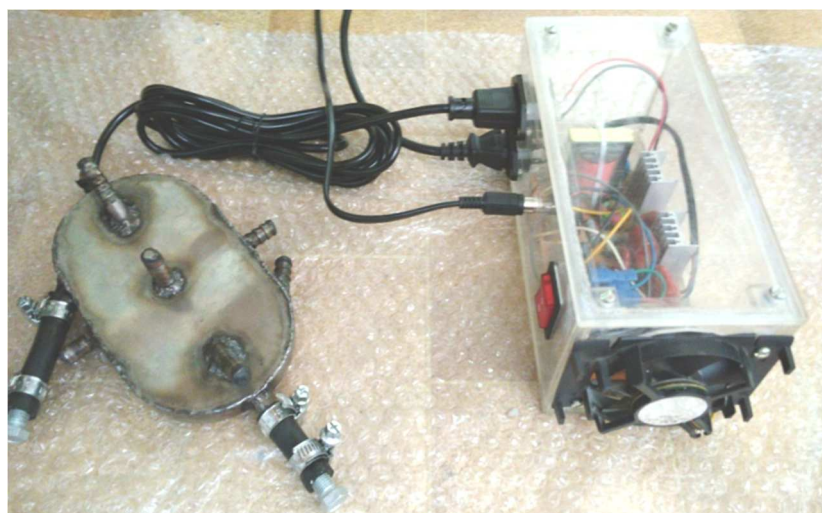


Рисунок 1 – Устройство для ультразвуковой обработки топлива

Блок управления камеры ультразвуковой обработки топлива размещается в кабине сельскохозяйственной техники, в любом удобном для оператора месте.

При работе устройство использует энергию бортовой электрической сети сельскохозяйственной техники и потребляет от 30 до 60 Вт, в зависимости от режима его работы. Естественно, столь низкое дополнительное потребление не требует никаких изменений или дополнений к бортовой электрической сети единицы сельскохозяйственной техники, на которой будет установлено данное устройство. Монтаж и демонтаж устройства достаточно прост и может быть произведён как при плановом техническом обслуживании, так и, при необходимости, в полевых условиях.

Принцип работы устройства достаточно прост и понятен. При включении устройства блок управления активирует ультразвуковой излучатель, закреплённый на днище камеры обработки топлива, при этом во время нахождения топлива в камере обработки, вследствие генерируемых излучателем высокочастотных колебаний (43-45 кГц), в нем происходят интенсивные кавитационные процессы (так называемый «разрыв сплошности жидкости») [3], что при попадании топлива в камеру сгорания двигателя способствует его лучшему испарению и сгоранию, уменьшая при этом потребление топлива [4].

Испытания устройства были проведены на базе Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» [7] и показали его эффективность. Кроме подтверждения эффективности работы устройства в области экономии топлива, в программу эксперимента также входила проверка изменения расхода дизельного топлива ДТ ГОСТ 305-2013 при работе на дизельном двигателе YANMAR 4TNV88-BGGE, до и после обработки его в устройстве для ультразвуковой обработки топлива, в зависимости от способа подачи и времени нахождения в камере ультразвуковой обработки топлива.

Так как опытный образец (рисунок 2) предусматривает возможность различных вариантов подачи топлива в камеру устройства для ультразвуковой обработки топлива, были опробованы три варианта, каждый из которых отличался результатом от предыдущего [4].

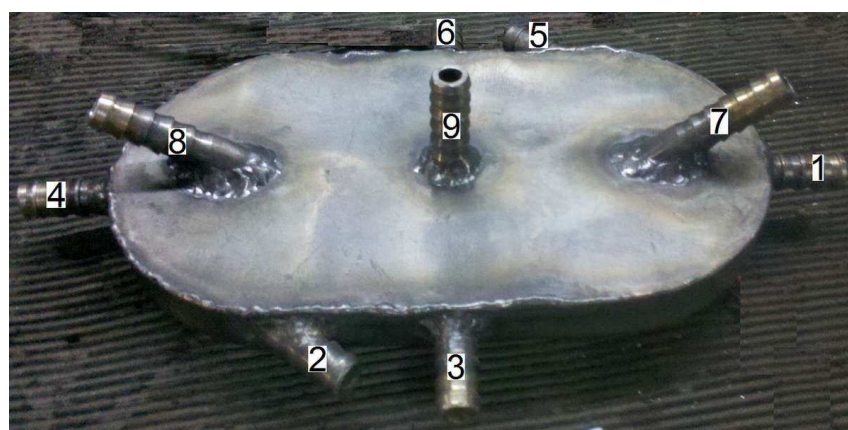


Рисунок 2 – Камера ультразвуковой обработки топлива

Проведя анализ результатов эксперимента [5], мы сделали вывод о прямой зависимости повышения эффективности работы устройства при различных вариантах подачи топлива в камеру обработки: результаты показывают, что эффективность работы устройства меняется в зависимости от времени нахождения топлива в камере обработки, которое зависит от способа его подачи.

Топливо подавалось в камеру ультразвуковой обработки через штуцера 9, 7 и 2, а выходило через штуцер 1.

Была произведена макетная визуализация процесса прохождения топлива через камеру ультразвуковой обработки в зависимости от способа его подачи.

Первый вариант (рисунок 3) предусматривал подачу топлива через штуцер №9, выход обработанного топлива осуществлялся через штуцер №1.



Рисунок 3 – Первый вариант подачи топлива в камеру
ультразвуковой обработки топлива

Второй вариант (рисунок 4) предусматривал подачу топлива через штуцер №7, выход обработанного топлива осуществлялся через штуцер №1.



Рисунок 4 – Второй вариант подачи топлива в камеру
ультразвуковой обработки топлива

Третий вариант (рисунок 5) предусматривал подачу топлива через штуцер №2, выход обработанного топлива осуществлялся через штуцер №1.



Рисунок 5 – Третий вариант подачи топлива в камеру
ультразвуковой обработки топлива

Результаты и обсуждение. Результаты макетной визуализации подтвердили предположение о влиянии времени нахождения топлива в камере ультразвуковой обработки топлива на показатели его экономии. В зависимости от времени заполнения камеры ультразвуковой обработки топлива, время нахождения топлива в ней до выхода через штуцер №1 увеличивалось.

Так, время заполнения камеры ультразвуковой обработки топлива при первом варианте подачи топлива (рисунок 3) составило более 12 секунд, при втором – 9 секунд (рисунок 4), при третьем – 7 секунд (рисунок 5).

Учитывая, что при подаче топлива через штуцер №2 (рисунок 5) дополнительно создавался эффект завихрения потока, обеспечивая циркуляцию топлива внутри камеры ультразвуковой обработки, в данном случае топливо находилось в камере ультразвуковой обработки топлива дольше, чем при подаче через штуцера №9 и 7.

Заключение. Таким образом, результаты проведения эксперимента [5], составляющие следующие показатели:

- при подаче через штуцер №9 экономия топлива составила 3 %;
- при подаче через штуцер №7 экономия топлива составила 6 %;
- при подаче через штуцер №2 экономия топлива составила 7,5 % –

можно считать вполне объяснимыми.

Библиографический список

1. Инновационное развитие альтернативной энергетики [Текст]: науч. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – Ч. 1. – 348 с.
2. Кокорев, Г.Д. Тенденции развития системы технической эксплуатации автомобильного транспорта [Текст] / Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский, И.Н. Николотов // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: сборник статей II Международной научно-производственной конференции. – Пенза, 2009. – С. 135-138.
3. Пирсол, И. Кавитация [Текст] / И. Пирсол. – М.: «МИР», 1975. – 69 с.
4. Пуков, Р.В. Испытания дизеля YANMAR 4TNV88-BGGE, укомплектованного устройством для энергонасыщения топлива [Текст] / Р.В. Пуков // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: межвузовский сборник научных трудов. – Саранск: Издательство Мордовского университета, 2017. – С. 59-64.

5. Пуков, Р.В. Оценка топливopотребления двигателей при ультразвуковой обработке топлива [Текст] / Р.В. Пуков // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 11. – С. 12-18.
6. Результат экспериментального исследования устройства для энергонасыщения топлива на дизеле Д-243 [Электронный ресурс] / Г.З. Кайкацишвили, А.А. Симдянкин, Н.В. Бышов, С.Н. Бoryчев, И.А. Успенский, И.А. Юхин // Научный журнал КубГАУ. – №100(06). – 2014. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/106.pdf> (дата обращения: 08.12.2017).
7. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники [Текст] / Н.В.Бышов, С.Н. Бoryчев, И.А. Успенский [и др.]. – Рязань: ФГОУ ВПО РГАТУ, 2010. – 186 с.
8. Симдянкин, А.А. Смешивание многокомпонентного топлива [Текст] / А.А. Симдянкин, Г.З. Кайкацишвили // Вестник РГАТУ им. П.А. Костычева. – 2013. – № 1(17). – С. 68-71.
9. Успенский, И.А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин [Текст] : дис. ...докт. техн. наук /И.А. Успенский. – М., 1997. – 396 с.
10. Уханов, А.П. Дизельное смесевое топливо [Текст] /А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Д.С. Шеменев. – Пенза, 2012. – С. 22.

Reference

1. Innovacionnoe razvitie al'ternativnoj jenergetiki [Tekst]: nauch. izd. - M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2010. – Ch. 1. – 348 s.
2. Kokorev, G. D. Tendencii razvitiya sistemy tehnicheckoj jekspluatatsii avtomobil'nogo transporta [Tekst] / G. D. Kokorev, I. A. Uspenskij, I. N. Nikolotov // Perspektivnye napravleniya razvitiya avtotransportnogo kompleksa: sbornik statej II Mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. – Penza, 2009. – S. 135-138.
3. Pirsol, I. Kavitiatsiya [Tekst] / I. Pirsol. – M.: «MIR», 1975. – 69 c.
4. Pukov, R. V. Ispytaniya dizelya YANMAR 4TNV88-BGGE, ukomplektovannogo ustrojstvom dlya jenergonasyscheniya topliva [Tekst] / R. V. Pukov // Jenergojefektivnye i resursos-beregayushchie tehnologii i sistemy: mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov. - Saransk: Izdatel'stvo Mordovskogo universiteta, 2017. – S. 59-64.
5. Pukov, R. V. Ocenka toplivopotrebleniya dvigatelej pri ul'trazvukovoj obrabotke topliva [Tekst] / R. V. Pukov // Tehnika i oborudovanie dlya sela. – 2017. – № 11. – S. 12-18.
6. Rezul'tat jeksperimental'nogo issledovaniya ustrojstva dlya jenergonasyscheniya topliva na dizele D-243 [Elektronnyj resurs] / G. Z. Kajkacishvili, A. A. Simdyankin, N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – №100(06). – 2014. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/106.pdf> (data obrascheniya: 08.12.2017).
7. Sberezhenie jenergozatrata i resursov pri ispol'zovanii mobil'noj tehniki [Tekst] / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij [i dr.]. – Ryazan': FGOU VPO RGATU, 2010. – 186 s.
8. Simdyankin, A. A. Smeshivanie mnogokomponentnogo topliva [Tekst] / A. A. Simdyankin, G. Z. Kajkacishvili // Vestnik RGATU im. P. A. Kostycheva. – 2013. – № 1(17). – S. 68-71.
9. Uspenskij, I. A. Osnovy sovershenstvovaniya tehnologicheskogo processa i snizheniya jenergozatrata kartofeleuborochnyh mashin [Tekst] : dis. ... dokt. tehn. nauk /I. A. Uspenskij. – M., 1997. – 396 s.
10. Uhanov, A. P. Dizel'noe smesevoe toplivo [Tekst] /A. P. Uhanov, D. A. Uhanov, D. S. Shemenев. – Penza, 2012. – S. 22.

E-mail: tbi350@mail.ru

УДК 631. 372

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**
**THE METHOD OF CALCULATION MACHINE-TRACTOR AGGREGATES'
ENERGY EFFICIENCY**

Н.И. Джабборов¹, доктор технических наук**В.А. Эвиев²**, доктор технических наук**Н.Г. Очиров³**, кандидат технических наук**N.I. Jabborov¹, V.A. Eviev², N.G. Ochirov³**¹ ФГБНУ "Институт агроинженерных и экологических проблем
сельскохозяйственного производства", г. Санкт-Петербург² ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста³ ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан¹ Federal State Budget Scientific Institution «Institute of Agroengineering
and Environmental Problems of Agricultural Production», Saint-Petersburg² Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Kalmyk State University», Elista³ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «North-Eastern State University»,
Magadan

В статье представлена методика расчета энергетической эффективности машинно-тракторных агрегатов (МТА) с учетом вероятностного характера внешних факторов. Также предложена математическая модель для определения коэффициента энергоэффективности МТА. При определении коэффициента энергоэффективности МТА учитываются оптимальное и текущее значения затрат энергии на технологический процесс. Оптимальное значение затрат энергии на технологический процесс должно соответствовать максимуму коэффициента полезного действия (КПД) трактора. Текущее значение затрат энергии на технологический процесс соответствует фактическому значению КПД трактора при работе МТА на заданном агрофоне.

The method of calculation machine-tractor aggregates' (MTA) energy efficiency is presented in this article taking into account the probabilistic nature of external factors. Also a mathematical model for determining the coefficient of energy efficiency of MTA is proposed. Optimal and current values of power consumption of technological process are considered at determination of coefficient of energy efficiency of MTA. The optimum value of power consumption of technological process is defined at the maximum of efficiency (efficiency) of the tractor. The current value of power consumption of technological process corresponds to the actual efficiency of the tractor while MTA is working on a given soil fertility.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, коэффициент энергетической эффективности МТА, технологический процесс, энергоёмкость технологического процесса, КПД трактора .

Key words: machine-tractor aggregate, coefficient of energy efficiency of MTA, technological process, energy intensity of technological process, efficiency of tractor.

Введение. Эффективное использование МТА возможно только при полной реализации его потенциальных возможностей. Однако, как показывают практика и результаты исследований ученых, потенциальные энергетические возможности тракторов в условиях рядовой эксплуатации используются не в полной мере. Особенно это характерно для энергонасыщенных тракторов. Основной причиной снижения производительности является недогрузка двигателя из-за нерационального комплектования МТА. Существующие методики решения задач по комплектованию агрегатов носят детерминированный характер и не учитывают вероятностного характера внешних факторов.

В статье предлагается новая методика расчета коэффициента энергетической эффективности МТА и выполняемых ими технологических процессов.

Предложенная методика позволяет не только рационально скомплектовать МТА, но и существенно дополняет оценку энергоэффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур и позволяет:

- определить фактические значения коэффициентов энергоэффективности технических средств, применяемых в настоящее время в растениеводстве;
- прогнозировать коэффициенты энергоэффективности разрабатываемых новых технических средств;
- разработать и создать энергоэффективные технические средства.

Материалы и методы. Многочисленные исследования ученых, в том числе [4, 6, 7, 5, 8], посвящены определению и оценке энергоемкости технологических процессов, энергозатрат на работу различных МТА. В известных и опубликованных результатах научных исследований при оценке энергоэффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур применяют коэффициент энергетической эффективности R , который представляет собой отношение полученной энергии в виде продукции к затраченной на технологию энергии в целом. В основном известные работы, в том числе [4, 6, 7, 5, 8], при определении энергетических показателей оценки МТА и технологий предусматривают применение детерминированных моделей, которые не учитывают вероятностные условия функционирования МТА.

Известные методики позволяют определить уровень энергетической эффективности технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Для определения коэффициента энергетической эффективности R необходимо вычислить затраты энергии на каждый технологический процесс в отдельности. В итоге, величина энергии, затраченной на производство продукции E , представляет собой сумму энергоемкости всех технологических операций в технологии, то есть:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i. \quad (1)$$

Анализ показывает, что энергоэффективность технологии производства продукции зависит от энергоэффективности технологических процессов и коэффициента полезного действия технических средств.

Объектами исследований служили технологические процессы и технические средства в растениеводстве.

Предметом исследования являются показатели оценки энергетической эффективности технологических процессов и технических средств.

Разработанные математические модели получены с применением теоретических методов моделирования на основе изучения процессов, протекающих в процессе выполнения технологических операций.

Результаты и обсуждение. Анализ исследований показывает, что до сих пор не разработана методика определения коэффициента энергетической эффективности МТА и, соответственно, отдельно взятых технологических операций (или процессов).

В свою очередь коэффициент энергоэффективности технологического процесса $K_{Т.ПР.}$ зависит от коэффициентов энергоэффективности технических средств $K_{Т.СР.}$, эффективности использования удобрений, семян, пестицидов и т.д. (технологических материалов) – $K_{Т.М.}$, использования естественного плодородия почвы – $K_{П.П.}$.

Функциональную зависимость перечисленных показателей можно представить в виде:

$$R = f(K_{T.ПР.}) \quad \text{и} \quad K_{T.ПР.} = f(K_{T.СР.}; K_{Т.М.}; K_{П.П.}). \quad (2)$$

Кроме показателя, характеризующего рациональное использование техногенной энергии, остальные перечисленные факторы в принципе являются управляемыми.

Значения коэффициентов использования удобрений, семян, ядохимикатов и т.д. - $K_{Т.М.}$ и естественного плодородия почвы - $K_{П.П.}$ зависят от водно-воздушного и теплового режимов, а также режима питания растений, способов обработки почвы (материалов).

В процессе определения коэффициента энергоэффективности $K_{T.ПР.}$ технологического процесса необходимо учитывать коэффициент энергетической эффективности $K_{T.СР.}$ соответствующего технического средства (или МТА), коэффициента полезного действия (КПД) трактора η_T , а также коэффициент эффективного использования семян, минеральных или органических удобрений, ядохимикатов и т.д.

Значение коэффициента эффективного использования семян, минеральных или органических удобрений, ядохимикатов и т.д. в большой степени зависит от способов и приемов обработки почвы, посева и внесения удобрений, пестицидов и других факторов.

В принципе, как показывает анализ, показатели эффективности и значимости технологического процесса должны охватывать параметры и показатели эффективности МТА (или технических средств в целом), агротехнические показатели качества их работы, технологических материалов.

Необходимо обоснование системы применения удобрений, ядохимикатов, обоснование годовых норм их внесения под сельскохозяйственные культуры с учетом зональных условий их возделывания. Подобная зональная система должна быть обоснована при утверждении норм и способов посева семян.

Применительно к обработке почвы, без внесения удобрений и пестицидов, коэффициент энергоэффективности технологического процесса $K_{T.ПР.}$ имеет функциональную связь с коэффициентом энергоэффективности МТА:

$$K_{T.ПР.} = f(K_{T.СР.}). \quad (3)$$

Энергоэффективность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур представляет собой решение вопросов рационального использования энергетических ресурсов, увеличение производства сельскохозяйственной продукции при сохранении исходных затрат энергии. При этом увеличение коэффициента энергоэффективности технологических процессов и технологий обеспечивается путём снижения потерь энергии и повышения КПД МТА, применяемых в технологиях технологических материалов (удобрений, семян, ядохимикатов и т.д.), способов обработки почвы, а также рационального использования естественного плодородия почвы.

В целом увеличение значения коэффициента энергоэффективности означает наиболее максимальное накопление потенциала энергосберегающих мероприятий в совокупности с рациональным использованием энергоресурсов. Высокое значение коэффициента энергоэффективности технических средств и технологических процессов свидетельствует о переходе уровня развития растениеводства на более высокую сту-

пень. При этом фактически получаемые коэффициенты использования энергии приближаются к потенциальному (максимально возможному) коэффициенту энергетической эффективности технологий.

Процесс определения, анализа и оценки энергоэффективности МТА вполне возможно осуществить с помощью разработанных нами математических моделей.

Размер годового энергетического эффекта различных машинно-тракторных агрегатов определяется по формуле [1, 2]:

$$\bar{\mathcal{E}}_r^* = (\mathcal{E}_{i,n} - \bar{\mathcal{E}}_i^*) \cdot \bar{W}_q^* \cdot t_z, \quad (4)$$

где $\mathcal{E}_{i,n}$ – нормативное (или базовое) значение затрат энергии на технологический процесс, МДж/га; $\bar{\mathcal{E}}_i^*$ – оптимальное значение затрат энергии на технологический процесс, МДж/га; $\bar{W}_q^*$ – оптимальное значение производительности МТА, га/ч; t_z – зональная годовая загрузка машинно-тракторного агрегата, ч.

Математическая модель (4) позволяет прогнозировать размер годового энергетического эффекта использования МТА в течение сезона его эксплуатации по сравнению с отечественными или зарубежными аналогами, а также нормативными данными. Но предложенная математическая модель не позволяет оценить уровень энергоэффективности МТА, по сравнению с потенциальной энергетической возможностью используемых энергетических средств (тракторов).

Для оценки уровня энергетической эффективности МТА с учетом потенциальной энергетической возможности тракторов предлагается использовать коэффициент энергетической эффективности $K_{T,CP}$ МТА.

Коэффициент энергетической эффективности МТА $K_{T,CP}$ можно определить из выражения:

$$K_{T,CP} = \frac{E_i^{OPT}}{E_i^{TEK}}, \quad (5)$$

где E_i^{OPT} – оптимальное значение энергоемкости (или затрат энергии) технологического процесса, соответствующее максимуму КПД трактора на конкретном условии его функционирования, МДж/га; E_i^{TEK} – затраты энергии на технологический процесс, соответствующие текущему значению КПД трактора, МДж/га.

Оптимальное значение энергоемкости технологического процесса E_i^{OPT} , соответствующее максимуму КПД трактора в конкретном условии его работы, определяется по формуле:

$$E_i^{OPT} = [g_t(\alpha + f_1) + g_s(\kappa + f_2) + g_k(\kappa + f_3)] \bar{W}_q^{*1} + g_y \bar{W}_q^{*1} + g_{yp} \bar{W}_q^{*1}. \quad (6)$$

Затраты энергии на технологический процесс, соответствующие текущему (или фактическому) значению КПД трактора в конкретном условии его работы (МДж/га), можно определить по формуле:

$$E_i^{TEK} = [g_t(\alpha_t + f_t) + g_3(\kappa_3 + f_3) + g_k(\kappa_k + f_k)] \bar{W}_q^{-1} + g_y \bar{W}_q^{-1} + g_{up} \bar{W}_q^{-1}, \quad (7)$$

где E_i^{OPT} – оптимальное значение энергоёмкости i -го технологического процесса, МДж/га; E_i^{TEK} – затраты энергии на технологический процесс, соответствующие фактическому значению КПД трактора на заданном агрофоне его работы, МДж/га; g_t – погектарный расход топлива, кг/ч; α_t – теплосодержание топлива, МДж/кг; κ_3 , κ_k – коэффициент перевода 1 кВт·ч в 1 МДж ($\kappa_3 = 3,6$) и 1 ккал в 1 МДж ($\kappa_k = 0,00419$); f_t , f_3 и f_k – коэффициенты, учитывающие дополнительные энергозатраты на производство топлива (МДж/кг), электроэнергии (МДж/кВт·ч) и тепла (МДж/ккал); g_3 и g_k – расход электрической энергии (кВт·ч) и тепла (ккал/ч); g_y – условная часть энергозатрат, пропорциональная расходу материалов при выполнении технологического процесса; g_{up} – условно постоянная часть топливно-энергетических затрат; $\bar{W}_q^*$ – оптимальное значение математического ожидания производительности технического средства (СХА), соответствующее максимальному значению КПД η_T^{max} энергетического средства (трактора), га/ч; $\bar{W}_q$ – среднее значение математического ожидания производительности технического средства (МТА), соответствующее текущему значению КПД трактора в конкретном условии его функционирования, МДж/га.

Условная часть энергозатрат g_y , пропорциональная расходу материалов при выполнении технологического процесса, определяется из известной формулы [4]:

$$g_y = \alpha_o q_a T_{o.g}^{-1}, \quad (8)$$

где α_o – энергетический эквивалент (удельные затраты энергии на производство определенного вида технологического материала), МДж/кг; q_a – удельный расход семян, удобрений, пестицидов и т.п., кг/га; $T_{o.g}$ – срок действия технологического материала, лет (для органических удобрений 3 года, для семян, минеральных удобрений и ядохимикатов 1 год).

Условно-постоянную часть энергозатрат g_{up} можно определить по соотношению:

$$g_{up} = E_{ж} + E_T + E_M + E_c, \quad (9)$$

где $E_{ж}$ – энергозатраты живого труда, МДж/ч; E_T , E_M и E_c – энергоёмкость соответственно энергетического средства (или трактора), машины и сцепки [4].

Оптимальное значение производительности $\bar{W}_q^*$ МТА, соответствующее максимальному значению КПД η_T^{max} энергетического средства (трактора), определяется по формуле [2, 3]:

- с учётом ширины захвата агрегата:

$$\bar{W}_q^* = 0,1 \cdot B_p \cdot \bar{V}_p^* \cdot \tau, \quad (10)$$

- с учётом эффективной мощности двигателя:

$$\bar{W}_q^* = 0,36 \cdot \eta_T^{max} \cdot \tau \cdot K_a^{-1} \cdot \bar{N}_e^*, \quad (11)$$

- с учётом тяговой мощности трактора:

$$\overline{W}_q^* = 0,36 \cdot \tau \cdot K_a^{-1} \cdot \overline{N}_{кр}^* , \quad (12)$$

где B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м; $\overline{V}_p^*$ – оптимальное значение скорости МТА, соответствующее максимальному значению КПД $\eta_T^{\max}$ трактора, м/с; τ – коэффициент использования времени смены; $\eta_T^{\max}$ – максимальное значение КПД трактора на заданном агрофоне; K_a – удельное сопротивление МТА, кН/м; $\overline{N}_e^*$ – оптимальное значение эффективной мощности двигателя, соответствующее $\eta_T^{\max}$; $\overline{N}_{кр}^*$ – оптимальное значение потребной (или тяговой) мощности трактора, соответствующее $\eta_T^{\max}$.

Оптимальное (или рациональное) значение потребной (тяговой) мощности $\overline{N}_{кр}^*$, обеспечивающее максимум КПД трактора $\eta_T^{\max}$, имеет функциональную связь с тяговым сопротивлением $\overline{P}_{кр}^*$ и скоростью движения $\overline{V}_p^*$ сельскохозяйственного агрегата:

$$\overline{N}_{кр}^* = \overline{P}_{кр}^* \cdot \overline{V}_p^* , \quad (13)$$

где $\overline{P}_{кр}^*$ – тяговое сопротивление МТА, соответствующее $\overline{N}_{кр}^*$ и $\eta_T^{\max}$, кВт; $\overline{V}_p^*$ – оптимальное значение скорости движения МТА, соответствующее $\overline{N}_{кр}^*$ и $\eta_T^{\max}$, м/с.

Предложенный коэффициент $K_{T.CP.}$ обеспечивает оценку энергоэффективности МТА, позволяет установить величину резерва неиспользованной энергии трактора и разработать эксплуатационно-технологические мероприятия по повышению энергетической эффективности МТА.

В процессе разработки и проектирования прогнозные значения коэффициента $K_{T.CP.}$ позволяют разработать конструктивно-технологические мероприятия и создать или формировать такие машинно-тракторные агрегаты, которые обеспечивали бы их энергоэффективность, соответственно и технологических процессов.

Коэффициент энергоэффективности технических средств $K_{T.CP.}$ позволяет дать объективную оценку уровня использования потенциальной энергетической возможности тракторов сельскохозяйственного назначения.

Заключение. В качестве показателя энергетической эффективности технических средств (или МТА) предложен коэффициент энергоэффективности $K_{T.CP.}$. Коэффициент энергоэффективности технических средств $K_{T.CP.}$ позволяет дать объективную оценку уровня использования потенциальной энергетической возможности тракторов сельскохозяйственного назначения и разработать конструктивно-технологические мероприятия по повышению энергетической эффективности технических средств в растениеводстве.

В процессе разработки и проектирования тракторов и сельскохозяйственных машин прогнозные значения коэффициента $K_{T.CP.}$ позволяют разработать конструктивно-технологические мероприятия и создать (или сформировать) такие МТА, которые обеспечивали бы их энергоэффективность, соответственно, и технологических процессов.

Предложенный коэффициент энергоэффективности $K_{T.CP.}$ характеризует уровень использования потенциальной энергетической возможности тракторов сельскохозяйственного назначения.

Библиографический список

1. Джаббаров, Н.И. Эффективность использования техники по топливно-энергетическим затратам [Текст] / Н.И. Джаббаров, В.А. Эвиев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 4. – С. 26-28.
2. Джаббаров, Н.И. Научные основы энерго-технологической оценки и прогнозирования эффективности использования мобильных сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / Н.И. Джаббаров – Душанбе: Изд. «Дониш», 1995. – 286 с.
3. Джаббаров, Н.И. Методика оценки энергетической эффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве [Текст] / Н.И. Джаббаров, В.А. Эвиев, Д.С. Федькин. – СПб; Элиста: Изд-во КалмГУ, 2016. – 96 с.
4. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве [Текст]. – М.: ВИМ, ЦНИИМЭСХ, ВИЭСХ, 1995. – 96 с.
5. Паршин, В.А. Биоэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур [Текст] : монография / В.А. Паршин, М.М. Оконов, Т.И. Бакинова. – Элиста: АПП «Джангар», 1997. – 160 с.
6. Трубилин, И.Т. Биоэнергетическая оценка агротехнических приемов и ресурсосберегающих технологий в растениеводстве [Текст] / И.Т. Трубилин, Н.Г. Малюга и др. – Краснодар, 1995. – 65 с.
7. Энергетическая оценка технологии возделывания сельскохозяйственных культур [Текст]: методические указания к дипломной и курсовой работам по растениеводству / Г.А. Медведев, А.Ф. Иванов и др. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 1994. – 24 с.
8. Юнусов, Г.С. Энергетическая оценка энергонасыщенных тракторов с блочно-модульными агрегатами [Текст] / Г.С. Юнусов // Тракторы и сельхозмашины. – 2005. – № 4. – С. 13-14.

Reference

1. Dzhabborov, N. I. Jefferktivnost' ispol'zovaniya tehniki po toplivno-jenergeticheskim zatratam [Tekst] / N. I. Dzhabborov, V. A. Jeviev // Traktory i sel'skohozyajstvennye mashiny. - 2005. - № 4. - S. 26-28.
2. Dzhabborov, N. I. Nauchnye osnovy jenergo-tehnologicheskoy ocenki i prognozirovaniya]ffektivnosti ispol'zovaniya mobil'nyh sel'skohozyajstvennyh agregatov [Tekst] / N. I. Dzhabborov - Dushanbe: Izd. "Donish", 1995. - 286 s.
3. Dzhabborov, N. I. Metodika ocenki jenergeticheskoy jefferktivnosti tehnologicheskikh processov i tehicheskikh sredstv v rastenievodstve [Tekst]/ N. I. Dzhabborov, V. A. Jeviev, D. S Fed'kin. - SPb; Jelista: Izd-vo KalmGU, 2016. - 96 s.
4. Metodika jenergeticheskogo analiza tehnologicheskikh processov v sel'skohozyajstvennom proizvodstve [Tekst]. - M.: VIM, CNIIMJESX, VI}SX, 1995. - 96 s.
5. Parshin, V. A. Biojenergeticheskaya ocenka tehnologij vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] : monografiya / V. A. Parshin, M. M. Okonov, T. I. Bakinova. - Jelista: APP "Dzhangar", 1997. - 160 s.
6. Trubilin, I. T. Biojenergeticheskaya ocenka agrotehicheskikh priemov i resursosberegayuschih tehnologij v rastenievodstve [Tekst] / I. T. Trubilin, N. G. Malyuga i dr. - Krasnodar, 1995. - 65 s.
7. Jenergeticheskaya ocenka tehnologii vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]: metodicheskie ukazaniya k diplomnoj i kursovoj rabotam po rastenievodstvu / G. A. Medvedev, A. F. Ivanov i dr. - Volgograd: Volgogradskaya GSXA, 1994. - 24 s.
8. Yunusov, G. S. Jenergeticheskaya ocenka jenergonasyschennyh traktorov s blochno-modul'nyimi agregatami [Tekst] / G. S. Yunusov // Traktory i sel'hozmashiny. - 2005. - № 4. - S. 13-14.

E-mail: aviev@yandex.ru

УДК 631.331: 635.61

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УЛОВИТЕЛЯ
И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО СЕМЯПРОВОДА****EXPERIMENTAL RATIONALE OF THE LEARNER AND PNEUMATIC
SEPARATION CONSTRUCTIVE PARAMETERS****А.Н. Цепляев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Е.Т. Русяева**, кандидат технических наук, доцент**A.N. Tseplyaev, E.T. Rusyayeva***Волгоградский государственный аграрный университет**Volgograd State Agrarian University*

В данной статье обоснована необходимость применения разработанной секции сеялки, способной осуществлять посев замоченных и пророщенных семян бахчевых культур сошником с пневматическим семяпроводом. Представлены результаты экспериментальных и полевых исследований, позволяющие обосновать конструктивные параметры уловителя, пневматического семяпровода и трубки для подачи воздуха, влияющие на качество посева, потери и всхожесть семенного материала в соответствии с агротехническими требованиями, а также на урожайность бахчевых культур. Лабораторные и полевые испытания сошника с пневматическим семяпроводом позволили выявить зависимость потерь (пропущенные семена и поврежденные проростки) семенного материала от длины семяпровода, места установки трубки для подачи воздуха и приведенного радиуса уловителя. Анализ проведенных исследований показывает, что значения потерь семенного материала при посеве, которые соответствуют агротехническим требованиям и составляют 2%, наблюдались при следующих показателях: приведенный радиус $R_{\text{прив}}=32...36$ мм, расстояние от центра ложечки до задней стенки уловителя $l_0=90$ мм с местом установки трубки $L_T=350$ мм и длиной семяпровода $L_C=550$ мм.

This article substantiates the necessity of using the developed seeder section capable of seeding the soaked and germinated seeds of melon crops with a coulter with a pneumatic vas deferens. The results of experimental and field studies are presented, which allow to substantiate the structural parameters of the trap, the pneumatic vas deferens and the air supply tube, which affect the quality of sowing, the loss and germination of the seed material in accordance with agro-technical requirements, and also the yield of bah crops. Laboratory and field tests of the opener with a pneumatic vas deferens revealed the dependence of losses (missed seeds and damaged seedlings) of the seed material on the length of the vas deferens, the location of the air supply tube and the reduced radius of the catcher. Analysis of the conducted studies shows that the values of losses of seed material during sowing, which correspond to agro-technical requirements and amount to 2%, were observed with the following parameters: reduced radius $R_{pr} = 32 \dots 36$ mm, distance from the center of the spoon to the rear wall of the trap $l_0 = 90$ mm with the installation site of the tube $L_T = 350$ mm and the length of the conduit $L_C = 550$ mm.

Ключевые слова: пророщенные семена, уловитель, пневматический семяпровод, потери семенного материала, травмирование семян.

Key words: germinated seeds, catcher, pneumatic seed-water, loss of seed material, traumatization of seeds.

Введение. В хозяйствах по возделыванию бахчевых культур посев пророщенных семян в основном осуществляется вручную, так как ни одна из сеялок зарубежного и отечественного производства не способна выполнять указанную операцию [1, 2, 5, 3].

Поэтому перед нами стояла задача разработки конструкции секции сеялки, осуществляющей посев замоченными и пророщенными семенами, позволяющей повысить полевую всхожесть и снизить потери семенного материала и, как следствие, получить ранние урожаи бахчевых культур [4, 3, 10].

Материалы и методы. В Волгоградском ГАУ разработана секция сеялки для посева замоченных и пророщенных семян бахчевых, способная решить поставленную задачу (рисунок 1).

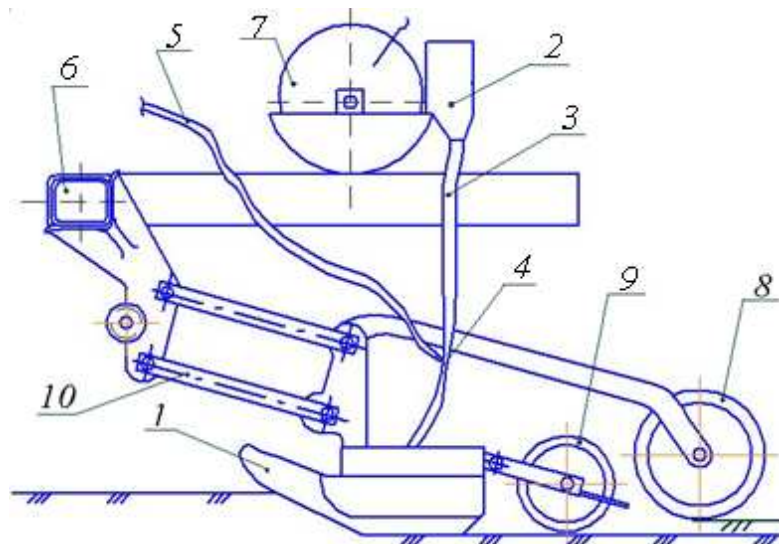


Рисунок 1 – Схема секции сеялки для посева замоченных и пророщенных семян бахчевых культур:

1 – сошник; 2 – уловитель; 3 – семяпровод; 4 – эжектор; 5 – нагнетательная трубка; 6 – рама; 7 – высевающий аппарат; 8 – прикатывающее колесо; 9 – уплотнитель; 10 – шарнирно-рычажная система

Сошник с пневматическим семяпроводом состоит из уловителя, предназначенного для захвата замоченных и пророщенных семян и семяпровода, который в нижней и верхней части имеет расширительные камеры и состоит из эжектора и трубки для подачи воздуха под напором. Сопло эжектора подведено в семяпровод таким образом, чтобы не соприкасаться с движущимися по нему семенами, для устранения скопления семян и повреждения их проростков. При этом эжектор расположен в нижней части семяпровода для предотвращения разгона семян воздушным потоком и повреждения проростков при ударе о стенки бороздки [7].

Сошник с пневматическим семяпроводом работает следующим образом: сжатый воздух из компрессора трактора, баллонный ресивер и дозирующий кран подаётся в нагнетательную трубку эжектора. В верхней расширительной камере семяпровода, связанной с уловителем, образуется разрежение, а в нижней расширительной камере, соединённой с сошником, создается воздушный поток из сопла эжектора. Семя, подброшенное ложечкой высевающего аппарата в уловитель, под воздействием силы тяжести и воздуха перемещается в семяпроводе, подхватывается усиливающимся воздушным потоком и направляется через сошник в бороздку [7, 9].

Результаты и обсуждение. Одна из главных задач разработанного пневматического семяпровода – исключить возможность прилипания влажного семени к его стенкам и к внутренней поверхности уловителя, то есть исключить повреждение ростков и снизить потери пророщенных семян.

Лабораторные испытания проводились на стенде, состоящем из высевающего аппарата, уловителя, семяпровода, эжектора, трубки для подачи воздуха, сошника и были направлены на изыскание оптимальных конструктивных параметров семяпровода и уловителя (рисунок 2) [8, 9].

На процесс захвата пророщенных семян в семяпровод оказывают влияние не только длина семяпровода и место установки нагнетательной трубки, но и параметры уловителя.

Семяпровод и трубка для подачи воздуха выполнялись из прозрачной трубки ПВХ для наглядной демонстрации процесса перемещения пророщенных семян.

Изучение переменной длины семяпровода основывалось на изменении расстояния между корпусом высевающего аппарата и сошником при переводе агрегата из рабочего положения в транспортное и наоборот, а также влиянии на потери пророщенных семян (травмированные, незахваченные). Для этого применялись семяпроводы длиной 550, 650, 750 мм, имеющие различные места установки трубок для подачи воздуха – 250, 350, 450 и 550 мм.

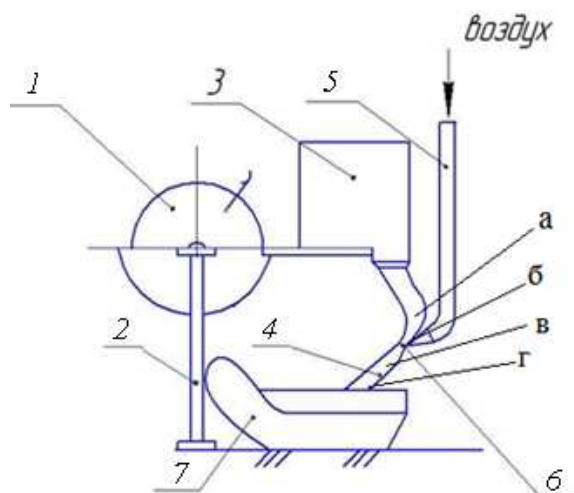
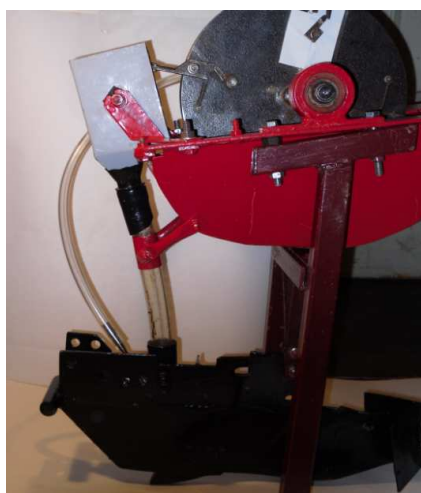


Рисунок 2 – Лабораторная установка для определения параметров семяпровода и уловителя:

1 – высевающий аппарат; 2 – основание; 3 – уловитель; 4 – семяпровод;

5 – нагнетательная трубка; 6 – эжектор; 7 – сошник;

места установки трубки для подачи воздуха от уловителя:

а – 250 мм, б – 350 мм, в – 450 мм, г – 550 мм

Также исследование потерь пророщенных семян изучалось по параметрам уловителя и по расстоянию от центра ложечки до задней стенки уловителя, которое равнялось 70, 90 и 110 мм.

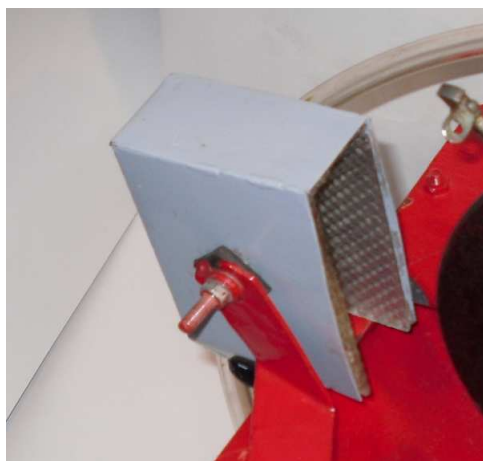


Рисунок 3 – Общий вид уловителя

При обосновании параметров уловителя использовался приведенный радиус [6]:

$$R_{\text{прив}} = \sqrt{\frac{S_{\text{отв}}}{\pi}}, \text{ м}$$

где $S_{\text{отв}}$ – площадь сечения уловителя, м^2 .

В результате экспериментальных исследований сошника с пневматическим семяпроводом были получены данные, позволяющие обосновать конструктивные параметры уловителя и семяпровода, снижающие потери семенного материала.

На рисунке 4 показана зависимость потерь пророщенных и замоченных семян от различного расположения мест установок трубок для подачи воздуха, при изучении которой видно, что процент потерь семенного материала зависит как от места крепления нагнетательной трубки, так и от длины семяпровода.

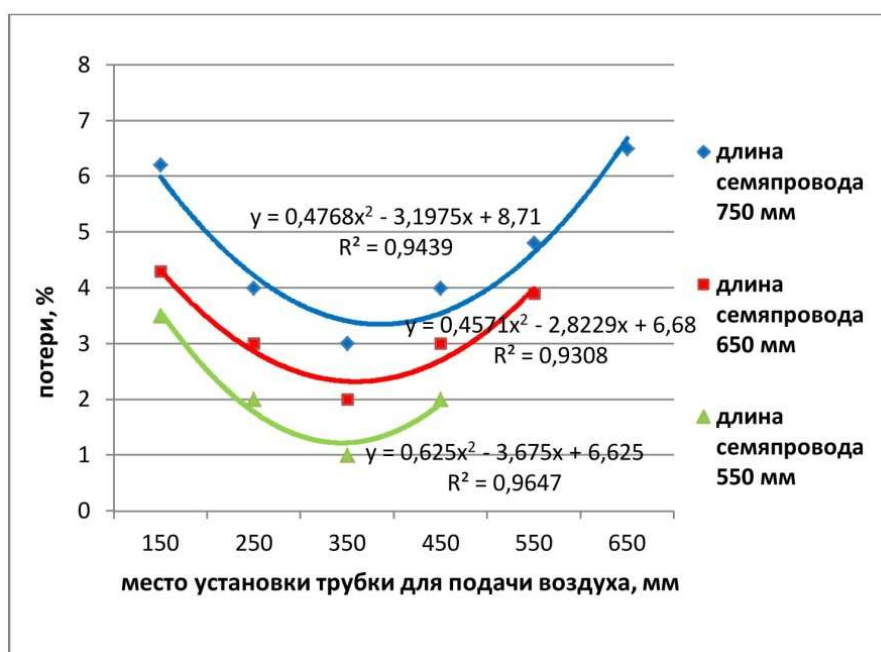


Рисунок 4 – Зависимость потерь пророщенных семян от места установки трубки для подачи воздуха

Анализ графика показывает, что нижний подвод нагнетательной трубки с семяпроводом длиной 550 мм обеспечивает минимальные потери замоченных и пророщенных семян.

Оптимальным расположением нагнетательной трубки с различными семяпроводами является 350 мм от верхнего края семяпровода, в результате которого отмечаются минимальные потери.

Наибольшие потери семян отмечались при применении семяпровода длиной 750 мм, так как в образовавшихся горизонтальных участках происходило забивание семенами и их прилипание к стенкам семяпровода, что отрицательно сказывалось на качестве и точности высева.

На рисунке 5 рассмотрена зависимость потерь пророщенных семян от приведенного радиуса уловителя.

График показывает, что на потери семенного материала влияют не только расстояние от центра ложечки до задней стенки уловителя, но и приведенный радиус самого уловителя.

Минимальные потери замоченных и пророщенных семян отмечались при приведенном радиусе 32...36 мм и расстоянии от центра ложечки до задней стенки уловителя, которое составляет 90 мм. Опираясь на данные полученного приведенного радиуса, подбираем прямоугольное сечение уловителя с размерами – 105 мм и 35 мм.

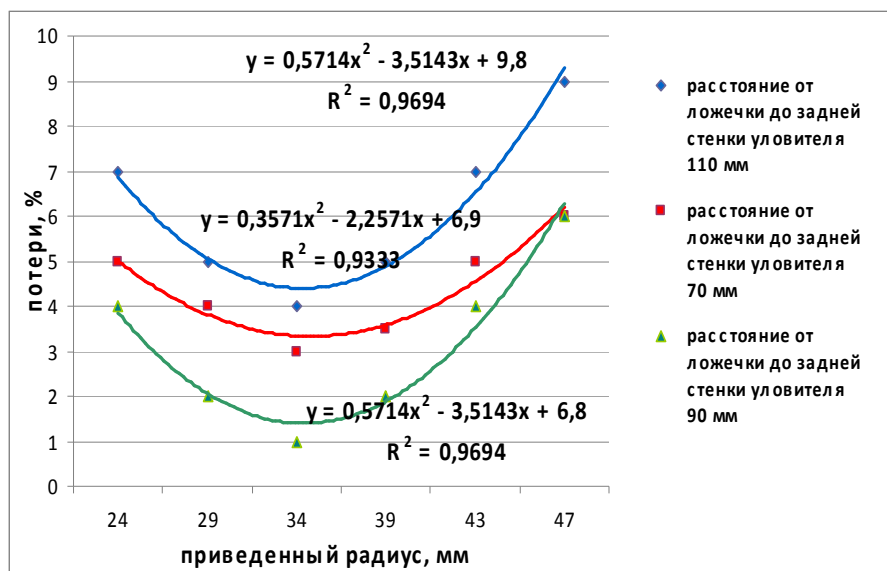


Рисунок 5 – Зависимость потерь пророщенных семян от приведенного радиуса уловителя

Максимальные потери семян отмечались при расстоянии от центра ложечки до задней стенки уловителя, равном 110 мм. Здесь семена не захватывались вакуумом и разлетались, так как оказывались в зоне минимального разряжения. При расстоянии от центра ложечки до задней стенки уловителя, равном 70 мм, семена оказывались в близком расположении от внутренних стенок уловителя, поэтому во время выброса семени из ложечки ударялись о стенки и травмировали ростки. Все это отрицательно влияло на точность и качество посева, увеличивало потери семенного материала.

Заключение. Таким образом, изучение экспериментальных исследований позволило обосновать конструктивные параметры уловителя и пневматического семяпровода, позволяющие снизить потери семян и повреждения ростков, обеспечивая точный посев. Минимальные потери замоченных и пророщенных семян отмечались при приведенном радиусе 32...36 мм и расстоянии от центра ложечки до задней стенки уловителя 90 мм с длиной семяпровода 550 мм.

Библиографический список

1. Абезин, В.Г. Ресурсосберегающая почвозащитная технология механизированного возделывания и уборки бахчевых культур [Текст] : уч. пособие / В.Г. Абезин / Калм. гос. ун-т. – Элиста, 1993. – С. 9-30.
2. Белик, В.Ф. Бахчевые культуры [Текст]/ В.Ф. Белик. – М.: Колос, 1975. – 270 с.
3. Комплексная механизация бахчеводства на основе инновационных технологий [Текст] / А.Н. Цепляев, М.Н. Шапоров, В.Г. Абезин, В.А. Цепляев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №4 – С. 172-178.
4. Мартынов, И.С. Результаты исследований сеялки для разноглубинного посева семян бахчевых культур [Текст]/ И.С. Мартынов, М.Н. Шапоров // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №3. – С. 37-38.

5. Полторынкин, С.С. Анализ существующих технологий и технических средств для посева семян [Текст]/ С.С. Полторынкин, А.Н. Цепляев // Аграрная наука – основа успешного развития АПК и сохранения экосистем. – Волгоград, 2012. – С. 263-266.
6. Румшанский, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Справочное руководство [Текст]/ Л.З. Румшанский. – М., 1971. – 192 с.
7. Русяева, Е. Т. Совершенствование процесса посева пророщенных семян бахчевых культур сошником с пневматическим семяпроводом [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Русяева Е.Т.– Волгоград, 2011. – 169 с.
8. Русяева, Е.Т. Изучение некоторых физико-механических свойств семян бахчевых культур [Текст] / Е.Т. Русяева // Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике. – Волгоград, 2017. – Часть 2. – С. 79-86.
9. Цепляев, А.Н. Оптимизация качественных показателей работы пневматического сошника для посева пророщенных семян бахчевых культур [Текст]/ А.Н. Цепляев, Е.Т. Русяева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. –№2 (38). – С. 216-220.
10. Шапров, М.Н. Модернизация конструкции сошника для разноглубинной заделки семян пропашных культур [Текст]/ М.Н. Шапров, И.С. Мартынов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. –№1 (29). – С. 179-184.

Reference

1. Abezin, V. G. Resursosberegayuschaya pochvozaschitnaya tehnologiya mehanizirovannogo vozdeystviya i uborki bahchevykh kul'tur [Tekst] : uch. posobie / V. G. Abezin / Kalm. gos. un-t. - }lista, 1993. - S. 9-30.
2. Belik, V. F. Bahchevye kul'tury [Tekst]/ V. F. Belik. - M.: Kolos, 1975. - 270 s.
3. Kompleksnaya mehanizatsiya bahchevodstva na osnove innovatsionnykh tehnologiy [Tekst]/ A. N. Ceplyaev, M. N. Shaprov, V. G. Abezin, V. A. Ceplyaev // Izvestiya Nizh-nevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe ob-razovanie. - 2008. - №4 - S. 172-178.
4. Martynov, I. S. Rezul'taty issledovaniy seyalki dlya raznoglubinno go poseva semyan bahchevykh kul'tur [Tekst]/ I. S. Martynov, M. N. Shaprov // Tehnika v sel'skom hozyajstve. - 2009. - №3. - S. 37-38.
5. Poltorynkin, S. S. Analiz suschestvuyuschih tehnologiy i tehniceskikh sredstv dlya poseva semyan [Tekst]/ S. S. Poltorynkin, A. N. Ceplyaev // Agrarnaya nauka - osnova uspeshnogo razvitiya APK i sohraneniya jkosistem. - Volgograd, 2012. - S. 263-266.
6. Rumshanskij, L. Z. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov jksperimenta. Spravochnoe rukovodstvo [Tekst]/ L. Z. Rumshanskij. - M., 1971. - 192 s.
7. Rusyaeva, E. T. Sovershenstvovanie processa poseva proraschennykh semyan bahchevykh kul'tur soshnikom s pnevmaticheskim semyaprovodom [Tekst]: dis. kand. tehn. nauk: 05.20.01 / Rusyaeva E. T. -- Volgograd, 2011. - 169 s.
8. Rusyaeva, E. T. Izuchenie nekotorykh fiziko-mehanicheskikh svoystv semyan bahchevykh kul'tur [Tekst] / E. T. Rusyaeva // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy v APK: ot teorii k praktike. - Volgograd, 2017. - Chast' 2. - S. 79-86.
9. Ceplyaev, A. N. Optimizatsiya kachestvennykh pokazatelej raboty pnevmaticheskogo soshnika dlya poseva proraschennykh semyan bahchevykh kul'tur [Tekst]/ A. N. Ceplyaev, E. T. Rusyaeva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obra-zovanie. - 2015. -№2 (38). - S. 216-220.
10. Shaprov, M. N. Modernizatsiya konstrukcii soshnika dlya raznoglubinnoj zadelki semyan propashnykh kul'tur [Tekst]/ M. N. Shaprov, I. S. Martynov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniver-sitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2013. -№1 (29). - S. 179-184.

E-mail: etrusyaeva@yandex.ru

УДК 631.347:631.674.6

**ПОКАЗАТЕЛИ НАДЁЖНОСТИ И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ
ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ****INDICES OF RELIABILITY AND KEY TYPES
FAILURES OF ELEMENTS OF DROP IRRIGATION SYSTEMS****А.Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор****Е.Э. Джамалетдинова, аспирант****В.А. Шкода, аспирант****A.D. Akhmedov, E.E. Dzhamaletdinova, V.A. Shkoda***Волгоградский государственный аграрный университет**Volgograd State Agrarian University*

В условиях эксплуатации на надёжность (работоспособность) элементов систем капельного орошения, как и других оросительных систем, могут влиять различные факторы, которые делятся на объективные и субъективные. Учитывая особенность капельного орошения, мы рассмотрели в данной статье основные виды и классификации отказов систем капельного орошения. Бесперебойная работа всякой системы гарантируется не бесконечно. В результате длительной эксплуатации системы отдельные её элементы стареют и изнашиваются, что может быть причиной её отказа. К таким элементам можно отнести отдельные элементы насосной станции, запорно-регулирующие элементы распределительно-поливной сети и др. Анализируя полученные результаты, можно отметить, что все виды и классификации отказов носят случайный характер. На основе их учёта мы установили основные виды отказов элементов систем капельного орошения. Установлено, что под отказом оросительных систем, в том числе и систем капельного орошения, понимается нарушение ее работоспособности, обусловленное отказом одного из элементов, вследствие которого система частично или полностью не может выполнять свою функцию в заданном интервале времени. Так, при проведении исследований с применением капельного полива не было обнаружено выхода из строя капельницы, отстойника, распределительного и участкового трубопроводов, т.е. коэффициент надежности этих элементов за рассматриваемый период приблизительно равняется единице. На основе полученных данных построен график зависимости вероятности безопасной работы капельницы от мутности оросительной воды при разных диаметрах поливного отверстия. На основании данного графика установлена вероятность ее безотказной работы (коэффициент надежности) в зависимости от мутности оросительной воды и крупности твердых частиц, которые колеблются в пределах 90 - 98 % от их допустимого количества.

Under operating conditions, the reliability (efficiency) of elements of drip irrigation systems, as well as other irrigation systems, can be influenced by various factors, which are divided into objective and subjective. Taking into account the peculiarity of drip irrigation, in this article we consider the main types and classifications of refusals of drip irrigation systems. The uninterrupted operation of any system is not guaranteed indefinitely. As a result of prolonged operation of the system, some of its elements become old and wear out, which may be the reasons for its failure. These elements include separate elements of the pumping station, shut-off and regulating elements of the distribution and irrigation network, etc. Analyzing the results obtained, it can be noted that all types and classifications of failures are random. Based on their accounting, we have established the main types of failures of elements of drip irrigation systems. It is established that under the refusal of irrigation systems, including drip irrigation systems, is a violation of its performance due to the failure of one of the elements, due to which the system partially or completely can not perform its function in a given time interval. So, during the research with the use of drip irrigation, there was no breakdown of a dropper, a settler, a distribution and district pipeline, i.e. the reliability factor of these elements for the period under consideration is approximately equal to unity. On the basis of the obtained data, a plot is constructed of the probability of safe operation of the dropper from the turbidity of the irrigation water at different

diameters of the irrigation opening. As a result of this schedule, the probability of its failure-free operation (reliability factor) is established, depending on the turbidity of the water and the particle size, which range from 90 to 98% of their allowable amount.

Ключевые слова: *капельное орошение, надежность, виды отказов, классификация отказов, характерные признаки отказа, причина возникновения отказа.*

Key words: *drip irrigation, reliability, types of failures, classification of failures, characteristic signs of failure, cause of failure.*

Введение. Надежность (безотказность) любых систем в основном зависит от тех элементов, которые составляют данную систему. Следовательно, при выходе из строя отдельных этих элементов (авторегулятор постоянного расхода, насосная станция, собирающая сетка, отстойник, магистральный, распределительный, участковый и поливной трубопроводы, капельница, соединительные и регулирующие арматуры) система капельного орошения может находиться в состоянии отказа [1, 3, 5].

Отказ – это случайное событие, после наступления которого дальнейшая эксплуатация данного элемента без проведения восстановительных работ невозможна. Например, при отказе авторегулятора постоянного расхода нарушается работоспособность данного элемента, поэтому невозможно обеспечить равномерно подачу воды систем капельного орошения. Под отказом насосной станции понимается событие, при котором количество работоспособных насосных агрегатов в определенном интервале времени не может обеспечить в нужном количестве подачу воды [2, 10, 7, 11].

Отказами магистрального напорного трубопровода, распределительного, участкового и поливного трубопроводов считаются поломки и разрушения трубопроводов.

Материалы и методы. Оценку работоспособности капельницы, согласно рекомендациям Науменко И.И., Токар А.И., можно провести по коэффициенту равномерности распределения расхода воды капельницами [9, 8]. Согласно их рекомендациям, отказ капельниц и поливного трубопровода можно принять за событие, при котором коэффициент равномерности полива $K_p < 0,50$ и коэффициент изменения среднего расхода поливного трубопровода $K_s > 0,50$.

Различают три типа отказов:

1) отказы в начале эксплуатации в период освоения техники – они устраняются при временной эксплуатации, испытаниях и вводе в действие (приработка техники);

2) отказы вследствие износов отдельных элементов в системе (старение) – они устраняются заменой элементов до износа;

3) отказы вследствие переменных условий и концентрации нагрузок – это случайные отказы, которые оцениваются по законам больших чисел, они устраняются резервированием и улучшением конструкций.

По каждому типу отказов собираются статистические данные на основании испытаний в процессе эксплуатации, по которым оцениваются фактические распределения измеренных величин и подбираются соответствующие закономерности из теории случайных процессов.

При определении надежности систем капельного орошения в первую очередь необходимо определить виды отказов и классифицировать их по определенной схеме. Далее необходимо определить те количественные характеристики, которые являются показателем надежности [5].

Результаты и обсуждение. Рассмотрим возможные виды отказов каждого элемента системы капельного полива в отдельности (таблица 1).

Таблица 1 – Возможные виды отказов элементов капельного полива

№ п/п	Элемент систем капельного полива	Причины возникновения, признаки отказа
1	Насосная станция	Отказ происходит в результате поломки трубопроводной арматуры, сгорели пускатель или обмотка двигателя, пришло в негодность рабочее колесо насоса и др.
2	Авторегулятор постоянного расхода	Вследствие выхода его из строя нарушается подача постоянного расхода воды.
3	Напорный магистральный трубопровод	Отказами этого узла являются поломка трубопровода, разгерметизация соединений, течь воды через трубопроводную арматуру и др.
4	Узел очистки – отстойник и кассетный фильтр и (или) сорособирающая сетка	Основными видами отказов узла очистки являются недоочистка поливной воды и порча (разрыв) сорособирающей сетки.
5	Шаровой кран	К отказу этого элемента можно отнести выход его из строя, следствием которого является невозможность регулирования расхода воды и утечка.
6	Капельницы	Исследования показали, что в капельницах в период проведения поливов мутной водой характерным видом отказов является уменьшение ее расхода от первоначального или полное закупоривание поливного отверстия. В межполивные периоды наблюдались случаи засорения капельницы паутиной, оставляемой клещами.

Объекты гидромелиоративных систем по уровню надежности можно классифицировать по двум группам. Те объекты, отказы которых недопустимы, относятся к первой группе. Такие объекты требуют огромных материальных затрат и не могут длительное время функционировать. Те объекты, которые на длительный период выходят из строя, но не приводят к колоссальным материальным ущербам, относятся ко второй группе. Согласно данным предпосылкам, системы капельного орошения по надежности можно отнести ко второй группе.

Для определения показателей надежности любых систем необходимо учитывать те восстанавливаемые и невосстанавливаемые элементы, из которых эта система состоит.

При установлении критерия надежности в первую очередь проанализируем невосстанавливаемые элементы. Следовательно, вероятность безотказной работы $P(t)$ будет вычисляться по формуле:

$$P(t) = P(T > t), \quad (1)$$

где T – время непрерывной безотказной работы; t – определенное время, заданное в условиях эксплуатации.

Учитывая статистические данные об отказах, вероятность безотказной работы можно оценивать следующим выражением:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (2)$$

где N_0 – число элементов в начале испытаний; $n(t)$ – число отказавших элементов за время t .

Учитывая формулы (1), (2) и преобразуя их, вероятность безотказной работы элемента можно выразить в следующем виде:

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right], \quad (3)$$

где $\lambda(t)$ – интенсивность отказов.

Тогда выражение интенсивности отказов вычисляется по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp}\Delta t} = \frac{a(t)}{P(t)}, \quad (4)$$

где $N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1} + \dots + N_{i+n}}{n}$ - среднее число исправно работающих элементов; N_i - число элементов, исправно работающих в начале интервала Δt ; N_{i+1} - число элементов, исправно работающих в конце интервала Δt ; $n(\Delta t)$ - число отказавших элементов в интервале времени; $a(t) = \frac{n(t)}{N_0\Delta t}$ - частота отказов.

Формулы (4) иногда называют и основным уравнением надежности.

В целом для восстанавливаемых систем, как отмечалось выше, с учетом первого отказа изложенные критерии также применимы.

При эксплуатации элементов для достижения высокой надежности систем необходимо в течение длительной эксплуатации этих элементов провести своевременную замену до момента отказа. Следовательно, чем выше надежность, тем ниже интенсивность отказов.

Учитывая вышеизложенные предпосылки, приведенные формулы можно изобразить в виде кривой зависимости интенсивности отказов элементов систем от времени эксплуатации, которая представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – График кривой зависимости интенсивности отказов элементов оросительной системы от времени

Из графика видно, что средняя долговечность элементов оросительной системы можно разделить на три периода:

- 1) от 0 до 1 – период приработки;
- 2) от 1 до 2 – период нормальной работы;
- 3) от 2 до 3 – период износа.

Значение интенсивности отказов в период приработки достаточно велико. Поэтому дефектные элементы в этом периоде очень часто выходят из строя. Когда интенсивность отказов начинает снижаться, наступает период нормальной эксплуатации системы. Если еще не наступает износ, но происходят внезапные отказы, то тогда интенсивность отказов растет постоянно.

По результатам проведенных исследований нами выявлены основные факторы, определяющие эксплуатационную надежность системы капельного орошения. Их условно можно разделить на три группы (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структурная схема основных факторов, влияющих на эксплуатационную надежность системы капельного орошения

Рассмотрим некоторые классификации отказов технических систем [2, 4, 7, 12].

Отказ по причине возникновения и по характеру проявления может быть: внезапный, постепенный, зависимый, полный, устойчивый, частичный, самоустраниющийся, скрытый (неявный), конструкционный, производственный, эксплуатационный, старение (износ), механический и биологический.

Анализируя все виды отказов и учитывая некоторые особенности эксплуатации систем капельного орошения, мы считаем необходимым классифицировать отказы по следующим девяти признакам (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация отказов систем капельного орошения

Группа классификации	Классификационный признак	Отказ
1	Характер появления	Внезапный, постепенный
2	Время возникновения	Прирабочный, период проведения поливов, межполивной период и период хранения
3	Причина возникновения	Конструкционная, биологическая, эксплуатационная, производственная, механическая, износная, причина не установлена
4	Последствия	Частичный и полный срыв программы полива
5	Взаимосвязь	Независимый, зависимый
6	Сложность устранения	Первая, вторая и третья группа сложности
7	Способ устранения	Самоустраняющийся, с восстановлением и/или с заменой элемента
8	При расчёте нет необходимости учёта показателей надёжности	Отказы, устраняемые при ремонте и при плановом техническом обслуживании системы. Отказы, возникающие по вине обслуживающего персонала, а также отказы, появляющиеся вследствие срыва энергосбережения
9	Частота возникновения	Единичный, повторяющийся

В целом все эти виды классификации и отказов элементов систем капельного орошения носят случайный характер. Следовательно, их учет дает возможность при эксплуатации таких систем установить критерии отказов элементов.

Таким образом, за период проведения нами исследования не обнаружено ни единого отказа в работе распределительного и участкового трубопроводов, отстойника, капельницы, т.е. за рассматриваемый период коэффициент надежности этих элементов равнялся единице ($P(t) = 1,0$). Следовательно, устанавливая закон распределения показателей надежности, сравнительно легко можно провести контроль надежности в период эксплуатации.

С целью определения безотказной работы основного элемента систем капельного орошения, лимитирующего надежность системы – капельного водовыпуска, нами проводились исследования при разных диаметрах водовыпускного отверстия в зависимости от мутности оросительной воды. Результаты полученных данных показаны в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 3 – Влияние диаметра водовыпускного отверстия и мутности оросительной воды на вероятность безотказной работы капельницы

d = 1,0		d = 1,5		d = 2,0	
Мутность воды ρ , г/л	Вероятность безотказной работы капельницы $P(t)$	Мутность воды ρ , г/л	Вероятность безотказной работы капельницы $P(t)$	Мутность воды ρ , г/л	Вероятность безотказной работы капельницы $P(t)$
0,0	0,99	0,0	1,0	0,0	1,0
0,2	0,98	0,2	1,0	0,2	1,0
0,4	0,95	0,4	0,995	0,4	1,0
0,6	0,93	0,6	0,985	0,6	0,998
0,8	0,9	0,8	0,98	0,8	0,99
1,0	0,87	1,0	0,96	1,0	0,98
1,2	0,82	1,2	0,94	1,2	0,97
1,4	0,77	1,4	0,90	1,4	0,96
1,6	0,71	1,6	0,87	1,6	0,95
1,8	0,64	1,8	0,83	1,8	0,93
2,0	0,58	2,0	0,80	2,0	0,91

Анализируя рисунок 3, следует отметить, что крупность твердых частиц во всех опытах не превышала $1/3$ части диаметра водовыпускного отверстия $d_{отв}$. При одинаковой степени мутности с увеличением диаметра капельного водовыпуска повышается работоспособность последнего.

При изменении диаметров капельного водовыпуска от $d_{отв} = 1,0$ мм до $d_{отв} = 2,0$ мм с мутностью поливной воды 2,0 г/л работоспособность капельного водовыпусков повышается от 58 до 96 % соответственно. Согласно структурной схеме надежности систем капельного орошения, из вышесказанного следует, что коэффициент надежности в большинстве случаев равняется единице или приближается к ней. Анализируя данные, с учетом вероятности безотказной работы, из графика видим, что коэффициент надежности систем капельного орошения при диаметрах $d=1,5$ мм и $d=2,0$ мм водовыпускного отверстия изменяется в пределах: $P(t) = 0,80 \dots 1,0$, что больше рекомендуемой 0,798.

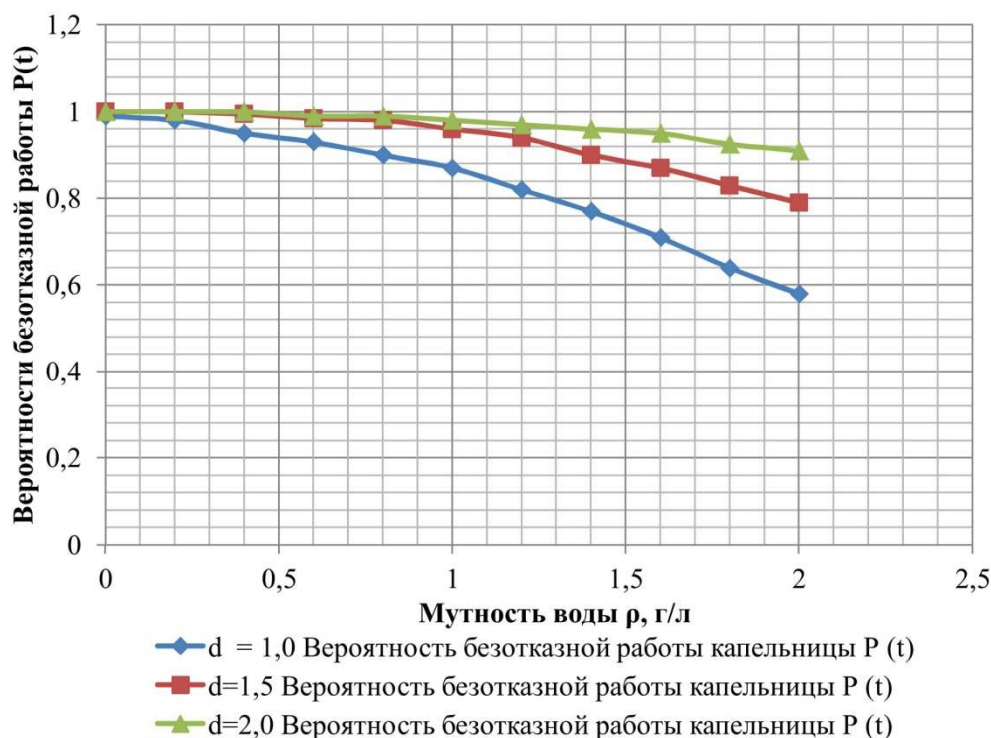


Рисунок 3 – График зависимости изменения вероятности безотказной работы капельницы от мутности воды при разных диаметрах водовыпускного отверстия: $d=1,0$ мм, $d=1,5$ мм, $d=2,0$ мм

По результатам математической обработки полученных данных можно установить следующие уравнения регрессии в виде:

$$\text{при } d = 1,0 \text{ мм; } y = - 0,205 \cdot X + 1,036; R^2 = 0,953;$$

$$\text{при } d = 1,5 \text{ мм; } y = - 0,105 \cdot X + 1,037; R^2 = 0,892;$$

$$\text{при } d = 2,0 \text{ мм; } y = - 0,044 \cdot X + 1,015; R^2 = 0,898.$$

Из вышеперечисленных уравнений видно, что корреляционная связь в изучаемых пределах адекватно описывает процесс влияния диаметра водовыпускного отверстия и мутности оросительной воды на вероятность безотказной работы капельницы, поскольку фактические полученные данные коэффициентов корреляции, стремясь к единице, значительно превышают теоретические граничные значения:

$$R_{\text{св}} = 0,898 \dots 0,953 > R_{0,5} = 0,7.$$

Заключение. На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- установлены основные критерии отказа разработанных конструкций и систем капельного орошения, выявлены основные причины возникновения отказов и классифицированы;
- как показывают исследования, отказы элементов системы капельного орошения носят случайный характер, но их учет способствует прогнозированию их эксплуатационного ресурса;
- обоснована надежность работы систем капельного полива и экспериментально уточнено влияние диаметра водовыпускного отверстия и мутности оросительной воды на вероятность безотказной работы капельницы.

Библиографический список

1. Ахмедов, А.Д. Особенность оценки равномерности водораспределения в низконапорных системах капельного орошения [Текст] / А.Д. Ахмедов, Е.Ю. Галиуллина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 3 (270). – С. 174-179.
2. Ахмедов, А.Д. Показатели надежности (работоспособности) систем капельного орошения [Текст] / А.Д. Ахмедов // Технологии и технические средства в мелиорации: юбилейный Междунар. сбор. науч. трудов, посвященный 50-летию начала реализации широко-масштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга». – Колומна, 2017. – С. 20-24.
3. Бородыхов, В.В. Современные технологии капельного орошения овощных культур [Текст]: монография / В.В. Бородыхов. – Волгоград, 2010. – 241 с.
4. Журба, М.Г. Капельное орошение: проблемы чистой воды и надежности капельниц [Текст] / М.Г. Журба // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 7. – С. 37-38.
5. Икромов, И.И. Анализ факторов, влияющих на надежность (работоспособность) элементов системы микроорошения [Текст] / И.И. Икромов, М. Рахимов // Сб. науч. тр. Тадж. аграр. универ. – Душанбе, 2001. – С. 147-150.
6. Мирцхулава, Ц.Е. О качестве, надежности оросительных систем и о прогнозе ущерба от снижения уровня надежности [Текст] / Ц.Е. Мирцхулава // Доклады ВАСХНИЛ, 1977. – № 12. – С. 33-35.
7. Науменко, И.И. Гидравлические исследования надежности капельных оросительных систем [Текст] / И.И. Науменко, А.И. Токар // Гидравлика и гидротехника. – 1985. – № 40. – С. 52-56.
8. Науменко, И.И. Оценка надежности работы капельниц [Текст] / И.И. Науменко, А.И. Токар // Мелиорация и водное хозяйство. – 1986. – № 65. – С. 84-87.
9. Рекомендации по исследованиям надежности и работоспособности элементов систем капельного орошения [Текст] / И.И. Науменко, А.М. Сидоренко, З.Р. Маланчук, А.И. Токар // НТД 33.03.002 - 86. – К.: Укргипроводхоз, 1986. – 68 с.
10. Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье [Текст]: монография / М.С. Григоров, А.С. Овчинников, Е.П. Боровой, А.Д. Ахмедов. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2010. – 244 с.
11. Токар, А.И. Гидравлическая надежность капельниц [Текст] / А.И. Токар // Рекомендации по внедрению техники и технологии производства в области мелиорации и сельского хозяйства: сб. научн. трудов. – Равно, 1984. – С. 9-13.
12. Ясонида, О.Е. Долговечность и надежность работы систем капельного орошения [Текст] / О.Е. Ясонида, В. Калинин, Н. Бредихин // Труды НИМИ. – Т. 19. – Новочеркасск, 1979. – С. 29-34.

Reference

1. Ahmedov, A. D. Osobennost' ocenki ravnomernosti vodoraspredeleniya v nizkonapornykh sistemah kapel'nogo orosheniya [Tekst] / A. D. Ahmedov, E. Yu. Galiullina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2012. – № 3 (270). – S. 174-179.
2. Ahmedov, A. D. Pokazateli nadezhnosti (rabotosposobnosti) sistem kapel'nogo orosheniya [Tekst] / A. D. Ahmedov // Tehnologii i tehicheskie sredstva v melioracii: yubilejnyj Mezhdunar. sbor. nauch. trudov, posvyaschennyj 50-letiyu nachala realizacii shirokomasshtabnoj programmy melioracii zemel' i 50-letiyu obrazovaniya VNII "Raduga". – Kolomna, 2017. – S. 20-24.
3. Borodychjov, V. V. Sovremennye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur [Tekst]: monografiya / V. V. Borodychjov. – Volgograd, 2010. – 241 s.
4. Zhurba, M. G. Kapel'noe oroshenie: problemy chistoj vody i nadjozhnosti kapel'nic [Tekst] / M. G. Zhurba // Gidrotehnika i melioraciya. – 1982. – № 7. – S. 37-38.

5. Ikromov, I. I. Analiz faktorov, vliyayuschih na nadjozhnost' (rabotosposobnost') jelementov sistemy mikroorosheniya [Tekst] / I. I. Ikromov, M. Rahimov // Sb. nauch. tr. Tadjh. agrar. univer. – Dushanbe, 2001. – S. 147-150.
6. Mirchulava, C. E. O kachestve, nadjozhnosti orositel'nyh sistem i o prognoze uscherba ot snizheniya urovnya nadjozhnosti [Tekst] / C. E. Mirchulava // Doklady VASXNIL, 1977. – № 12. – S. 33-35.
7. Naumenko, I. I. Gidravlicheskie issledovaniya nadjozhnosti kapel'nyh orositel'nyh sistem [Tekst] / I. I. Naumenko, A. I. Tokar // Gidravlika i gidrotehnika. – 1985. – № 40. – S. 52-56.
8. Naumenko, I. I. Ocenka nadjozhnosti raboty kapel'nic [Tekst] / I. I. Naumenko, A. I. Tokar // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. – 1986. – № 65. – S. 84-87.
9. Rekomendacii po issledovaniyam nadjozhnosti i rabotosposobnosti jelementov sistem kapel'nogo orosheniya [Tekst] / I. I. Naumenko, A. M. Sidorenko, Z. R. Malanchuk, A. I. Tokar // NTD 33.03.002 - 86. – K.: Ukgiprovdhoz, 1986. – 68 s.
10. Sovremennye perspektivnye vodosberegayushchie sposoby poliva v Nizhnem Povolzh'e [Tekst]: monografiya / M. S. Grigorov, A. S. Ovchinnikov, E. P. Borovoj, A. D. Ahmedov. – Volgograd: FGOU VPO Volgogradskaya GSXA, 2010. – 244 s.
11. Tokar, A. I. Gidravlicheskaya nadezhnost' kapel'nic [Tekst] / A. I. Tokar // Rekomendacii po vnedreniyu tekhniki i tehnologii proizvodstva v oblasti melioracii i sel'skogo hozyajstva: sb. nauchn. trudov. – Ravno, 1984. – S. 9-13.
12. Yasonidi, O. E. Dolgovechnost' i nadezhnost' raboty sistem kapel'nogo orosheniya [Tekst] / O. E. Yasonidi, V. Kalinin, N. Bredihin // Trudy NIMI. – T. 19. – Novocherkassk, 1979. – S. 29-34.

E-mail: askar-5@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

Овчинников А.С., Пронько Н.А., Фалькович А.С., Бородычев В.В. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса Ovchinnikov A.S., Pron'ko N.A., Fal'kovich A.S., Borodychev V.V. Causes of secondary salinization of irrigated soils of the Lower Povolghye region and its forecasting based on mathematical modeling of moisture transport.....	9
Балашов В.В., Балашов А.В., Малахова А.А. Влияние гидротермических условий на элементы структуры урожая и урожайность сортов нута на каштановых почвах Волгоградской области Balashov V.V., Balashov A.V., Malakhova A.A. Influence of hydrothermal conditions on elements of harvest structures and crop productivity on chestnut soils of Volgograd region.....	17
Барабанов А.Т. Научные основы противоэрозионной мелиорации Barabanov A.T. Scientific basis of anti-eryrosive melioration.....	23
Беляков А.М., Тубалов А.А., Кошелев А.В. Состояние и меры по улучшению плодородия светло-каштановых почв в агролесоландшафтах Beleycov A.M., Tubalov A.A., Koshelev A.V. Status and measures for improving the fertility of light chestnut soil agroecologist land.....	30
Бородычев В.В., Лытов М.Н. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе гис управления орошением Borodychev V.V., Lytov M.N. System «analysis – data visualization – decision-making» consisting of irrigation management geographic information system.....	37
Дронова Т.Н., Бурцева Н.И. Влияние микробиологических препаратов на симбиотическую деятельность и продуктивность многолетних бобовых трав Dronova T.N., Burtseva N.I. Influence of microbiological medicines on symbiotic activity and efficiency of long-term bean herbs.....	44
Медведев Г.А., Екатериничева Н.Г., Рязанов А.А. Реакция рожьки озимого на применение регуляторов роста при различных сроках посева в подзоне светло-каштановых почв Medvedev G.A., Ekaternicheva N.G., Ryazanov A.A. Winter rye (ryzhik) reaction on growth regulators application at various time sows in the subzone of light chestnut soils	52
Салугин А.Н., Кулик А.К., Власенко М.В. Численное моделирование вертикального движения влаги в зоне аэрации Salugin A. N., Kulik A.K., Vlasenko M.V. Numerical simulation of vertical moisture movement in unsaturated zone.....	57
Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкина Е.И., Чушкин А.Н. Создание эффективных экологически безопасных технологий и технических средств орошения нового поколения Semenenko S.Y., Litow M.N., Chushkina E.I., Chushkin A.N. The creation of Effective and environmentally-friendly technologies and technical means for irrigation of the new generation.....	64

Шевченко В.А., Исаева С. Д. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель Shevchenko V.A., Isaeva S.D. Monitoring improving of meliorated agricultural land.....	72
Лёвкина К.В., Кудина К.А., Аршинова А.Е. Отбор адаптированных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы для светло-каштановых почв Волгоградской области Levkina K.W., Kudina K.A., Arshinova A.E. Selection of adapted varieties of a yarle soft and solid wheat for light-chestnut soils of Volgograd region.....	78
Романов Б.В., Пимонов К.И., Сорокина И.Ю., Козлечков Г.А., Пасько С.В. Влияние пloidности на продукционные характеристики овса Romanov B.V., Pimonov K.I., Sorokina I.Yu., Kozlechkov G.A., Pasko S.V. Influence of ploidity on production characteristics of avena.....	86
Рулев Г.А., Рулев А.С. Характеристика каштановых почв придорожных лесомелиоративных комплексов Rulev G.A., Rulev A.S. Characteristics of chestnut soils of roadside agroforestry complexes.....	91
Узолин А.И., Кулик А.В. Эффективность защитных лесных полос в формировании и перераспределении снежного покрова на водосборах Uzolin A.I., Kulik A.V. Efficiency of protective forest belts in formation and redistribution of snow cover at watersheds.....	100
Олейникова К.А. Применение метода распознавания образов для вычисления оценок состояния защитных лесных полос Oleynikova X.A. Recognition method for calculation of evaluations the state of shelterbelts.....	106
Сивцева С.Н., Рыбашлыкова Л.П. Виды и сорта трав для реставрации равнинных пастбищ Восточного Предкавказья Sivceva S.N., Rybashlykova L. P. The types and varieties of herbs for the restoration of lowland grassland in Eastern Ciscaucasia.....	112
Овчинников А.С., Пустовалов Е.В. Водный баланс и структура суммарного водопотребления горчицы сарептской при поливе животноводческими стоками Ovchinnikov A.S., Pustovalov E.V. Water balance and structure of the total water consumption of the sarepta mustard at watering by livestocking straws.....	118
Иванцова Е.А., Водолазко А.Н. Тяжелые металлы в почвах сухостепной зоны Волгоградской области Ivantsova E.A., Vodolazko A.N. Heavy metals in soils of dry steppe zone in Volgograd region.....	124
Толоконников В.В., Чамурлиев О.Г., Кошкарлова Т.С., Канцер Г.П. Мобилизация генофонда и результаты селекционного улучшения сои в условиях орошения Tolokonnikov V.V., Chamurliiev O.G., Koshkarova T.S., Cancer G.P. Mobilization of the gene fund and the results of selection improvement of soy in the irrigation conditions.....	131
Мухортова Т.В., Климова И.И., Богосорьянская Л.В. Экономическая эффективность выращивания партенокарпических гибридов огурцов корнишонного типа Mukhortova T. V., Klimova I. I., Bogosoryanskaya L.V. Economic efficiency of parthenocarpic cucumber hybrids of gherkin type cultivation.....	137

Пятых А.М., Куликова Н.А., Трунова Е.В. Особенности проектирования дендропарка на примере п.г.т. Вейделевка Белгородской области Ryatykh A. M., Kulikova N.A., Trunova E. V. Specifics of park design featured by the Veydelevka town example in Belgorod region.....	143
Иванцова Е.А., Водолазко А.Н. Качество почв земель сельскохозяйственного назначения сухостепной почвенной зоны Волгоградской области Ivantsova E.A., Vodolazko A.N. Soil quality of land for agricultural purpose of the soil dry steppe zone in Volgograd region.....	150
Дубенок Н.Н., Майер А.В. Система мелкоструйчатого внутрпочвенного орошения многолетних насаждений Dubenok N. N., Mayer A.V. System of local intra soil irrigation of long-term plantings in the combination to aerosol moistening.....	157
Овчинников А.С., Бочарникова О.В., Бочарников В.С., Мещеряков М.П., Несмиянов И.А., Воробьева Н.С. Формирование урожайности сладкого перца в зависимости от управления водным режимом почвы и способов полива Ovchinnikov A.S., Bocharnikova O.V., Tronev S.V., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O.V., Nesmiyanov I.A., Vorob,eva N.S. Formation of sweet pepper yield depending on the management of the water mode of soil and water processing methods	165
Бубер А.А., Бородычев В.В. Разработка динамической модели формирования урожая «Potato» Buber A.A., Borodychev V.V. Development of the dynamic model for forming the yield «Potato».....	170
Пустовалов Е.В. Влияние орошения животноводческими стоками на технологические качества маслосемян горчицы Pustovalov E.V. Influence of irrigation by livestocking straws on technological quality of mustard seeds.....	181
Горлов И.Ф., Осадченко И.М., Мосолова Н.И., Воронцова Е.С. Развитие технологий раскисления молока и молочных продуктов путем электрообработки с целью повышения их качества Gorlov I.F., Osadchenko I.M., Mosolova N.I., Vorontsova E.S. Development of technologies for deoxidation of milk and dairy products through electrical processing with the aim of improving their quality.....	186
Абонеев В.В., Чамурлиев Н.Г., Колосов Ю.А., Марченко, В.В., Ларионов Р.П. Мясная продуктивность потомства тонкорунных маток и баранов производителей различного происхождения Aboneev V.V., Chamurliiev N. G., Kolosov J.A., Marchenko V.V., Larionov R.P. Meat productivity of the progeny of fine wool ewes and rams of different origins.....	193
Николаев С.И., Чехранова С.В., Струк Н.В., Батыргалиев Е.А. Использование нута в кормлении ремонтных бычков Nikolayev S.I., Chekhranova S.V., Stryuk N.V., Batyrgaliyev E.A. The use of the chickpea in the remount bull-calves feeding.....	199
Ранделин А.В., Кайдулина А.А., Бармина Т.Н., Воронцова Е.С. Эффективность производства молочного сырья от коров голштинской породы зарубежной селекции Randelin A.B., Kaidulina A.A., Barmina T.N., Vorontsova E.S. Manufacture efficiency of dairy raw materials from cows of golshinsky breed of foreign selection.....	207

- Кочарян В.Д., Приходько С.А., Авдеенко В.С., Тресницкий С.Н.** Развитие, обоснование диагноза и терапия эклампсического синдрома у сухостойных коров
Kocharyan V.D., Prikhodko S.A., Avdeenko V.S., Tresnitsky S.N. Development, justification of diagnosis and therapy of eclampsic syndrome in dry cows..... 212
- Новокщёнова А.И., Дикусаров В.Г., Коротаева О.С., Калмыков В.Г.** Результаты диагностики пола и стадий зрелости гонад осетровых узи-сканированием и методом биопсии
Novokshenova A.I., Dikusarov V.G., Korotaeva O.S., Kalmykov V.G. The diagnostic results sex and maturity stages of the gonads of sturgeon ultrasound scanning and biopsy..... 221
- Перерядкина С.П., Авдеенко В.С., Кочарян В.Д., Кемешев Ж.О.** Особенности фолликулогенеза у коров мясных пород (казахская белоголовая, шевроле и герефорд) в контексте восстановления плодovitости
Pereradkina S.P., Avdeenko V.S., Kocharyan V.D., Kemeshev J.O. Peculiarities of folliculogenesis in cows of meat rocks (kazakh white-hose, chevrolet and ger-ford) in the context of restoration of fertility..... 227
- Горлов И.Ф., Болаев Б.К., Ранделин Д.А., Николаев Д.В.** Повышение мясной продуктивности бычков калмыцкой породы на основе оптимизации генетических факторов
Gorlov I.F., Bolayev B.K., Randelin D.A., Nikolaev D.V. Improvement of meat productivity of the bulls of the kalmyk breed on the basis of optimization of genetic factors..... 235
- Ранделин А.В., Кайдулина А.А., Бармина Т.Н., Суркова С.А.** Молочная продуктивность коров датской селекции разной линейной принадлежности
Randelin A.V., Kaidulina A.A., Barmina T.N., Surkova S.A. Milk productivity of danish cows selections of different linear belonging 241
- Тимофеева А.Д., Храмова В.Н., Федосеев К.С., Пузанова В.В.** Влияние растительных компонентов на характеристики полуфабрикатов рубленых в оболочке
Timofeeva A. D., Khramova V. N., Fedoseev K. S., Puzanova V. V. Influence of vegetable components on characteristics of semi-finished sabbrants in shell..... 245
- Друкер О.В., Крючкова В.В., Контарева В.Ю., Воронцова Е.С.** Планирование качества новых обогащенных кисломолочных продуктов с использованием метода структурирования функции качества
Drucker O.V., Kryuchkova V. V., Kontareva V. Yu., Vorontsova E.S. Planning the quality of new oxygen-enriched products with the use of the method of structuring the quality function..... 251
- Данилов Ю.Д., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Злобина Е.Ю., Сложенкина А.А., Мосолова Д.А.** Изучение возможности использования экструдированных нута и пшеницы в технологии колбасных изделий повышенной биологической ценности
Danilov Yu.D., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Zlobina E.Yu., Slozhenkina A.A., Mosolova D.A. Studying the opportunity of extruded nute and wheat use in sausage products technology of increased biological values..... 257

- Николаев С.И., Карапетян А.К., Даниленко И.Ю., Струк М.В., Корнилова Е.В.** Эффективность использования зерна нута и сорго в кормлении кур-несушек промышленного стада
Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Danilenko I.Yu., Struk M.V., Kornilova E.V. Efficiency of using nute and sorgo grain in long-term feeding of the industrial herd..... 270
- Храмова В. Н., Матренина Д. С.** Обогащение мясного хлеба органическими формами йода и селена
Hramova V. N., Matrenina D. S. Enrichment of meat bread by organic forms of iodine and selenium..... 280
- Коновалова А. С., Шинкарева С.В.** Производство изделий колбасных полукопченых с применением функциональных ингредиентов
Konovalova A.S., Shinkareva S.V. Production of semi-smoked sausage with application of functional ingredients..... 285
- Николаев С.И., Карапетян А.К., Плешакова И.Г., Струк А.Н., Струк М.В.** Сравнительный химический состав и питательность зерна кукурузы и сорго
Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Pleshakova I.G., Struk A.N., Struk M.V. Comparative chemical composition and nutrition of grain of corn and sorgo..... 293

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES

- Овчинников А.С., Бочарников В.С., Тронеv С.В., Мещеряков М.П., Бочарникова О.В., Несмиянов И.А., Воробьева Н.С.** Оптимизация основных параметров трубчатых оросительных систем
Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V. S., Tronev S.V., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O.V., Nesmiyanov I.A., Vorob,eva N.S. Optimization of the main parameters of the tubular irrigation systems..... 303
- Васильев С.А., Константинов П.В., Мардарьев С.Н., Зайцев С.П.** К вопросу о технике и технологии глубокого рыхления склоновых земель
Vasiliev S. A., Konstantinov P. V., Mardariyev S. N., Zaitsev S. P. To the problem of technique and deep technology rolling the slope land..... 310
- Джабборов Н.И., Эвиев В.А., Очиров Н.Г.** Оценка энергоэффективности технологических процессов и технических средств в растениеводстве
Jabborov N.I., Eviev V.A., Ochirov N.G. Assessment of energy efficiency of technological processes and technical devices in crop production..... 317
- Семененко С.Я., Абезин В.Г., Дубенок Н.Н., Агеенко О.М.** Высевающий аппарат для посева обработанных электроактивированной водой семян лесных и садовых культур
Semenenko S.Ya., Abezin V.G., Dubenok N.N., Ageenko O.M. Sowing machine for sowing the treated water electroactivation of seeds of forest and horticulture..... 323
- Цепляев А.Н., Харлашин А.В., Цепляев В.А.** Ресурсосберегающая почвозащитная технология посева семян пропашных культур в острозасушливых зонах ЮФО
Tseplyaev A.N., Kharlashin A.V., Tseplyaev V.A. Resource-saving soil-protective technology of short crops sowing seeds in the severely dry zones of the South federal area..... 331
- Гагарин А.Г., Рогачев А.Ф.** Прогнозирование урожайности на основе анализа кросс-региональных данных
Gagarin A.G., Rogachev A.F. The forecasting of crop productivity based on the analysis of cross-regional data..... 339

Юдаев И.В., Кокурин Р.Г., Даус Ю.В. Изучение процесса электроимпульсного плазмолиза растительного сырья Yudaev I.V., Kokurin R.G., Daus Yu.V. Study of the process of electropulsive plasmolysis of plant raw materials.....	346
Мартынов И.С., Мисюряев В.Ю., Садовников М.А., Гузенко Е.Ю. Зависимость безопасности работников аПК от оценки профессиональных рисков Martynov I.S., Misyuryaev V.Yu., Sadovnikov M.A., Guzenko E.Yu. Dependence of safety of aic workers from assessment of professional risks.....	355
Пуков Р.В., Колупаев С.В., Колотов А.С., Кожин С.А. Оценка времени нахождения топлива в зоне ультразвуковой обработки Pukov R.V., Kolupaev S.V., Kolotov A.S., Kozhin S.A. Estimation of the fuel looking time in ultrasonic treatment zone.....	362
Джабборов Н.И., Эвиев В.А., Очиров Н.Г. Методика расчета энергоэффективности машинно-тракторных агрегатов Jabborov N.I., Eviev V.A., Ochirov N.G. The method of calculation machine-tractor aggregates' energy efficiency.....	368
Цепляев А.Н., Русяева Е.Т. Экспериментальное обоснование конструктивных параметров уловителя и пневматического семяпровода Tseplyaev A.N., Rusyayeva E.T. Experimental rationale of the learner and pneumatic separation constructive parameters.....	375
Ахмедов А.Д., Джамалетдинова Е.Э., Шкода В.А. Показатели надёжности и основные виды отказов элементов систем капельного орошения Akhmedov A.D., Dzhamaletdinova, E.E. Shkoda V.A. Indices of reliability and key types failures of elements of drop irrigation systems.....	381
СОДЕРЖАНИЕ/ABSTRACTS	390

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

Сельскохозяйственные науки

- 05.18.00 Технология продовольственных продуктов
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 06.01.00 Агрономия
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния
- 06.03.00 Лесное хозяйство

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. Стиль 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 150-200 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

Agricultural sciences

- 05.18.00 Technology of food products
- 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems
- 06.01.00 Agronomy
- 06.02.00 Veterinary and Zootechnics
- 06.03.00 Forestry

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 150-200 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.