

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Направления:

- сельскохозяйственные науки
- технические науки
- экономические науки

№ 2 (46), 2017

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2017

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

Directions:

- agricultural sciences
- technical sciences
- economical sciences

№ 2 (46), 2017

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2017

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

ISSN 2071-9485

Выпуск № 2 (46), 2017

Направления:

- сельскохозяйственные науки
- технические науки
- экономические науки

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

ISSN 2071-9485

Issue № 2 (46), 2017

Directions:

- agricultural sciences
- technical sciences
- economical sciences

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

Выпуск № 2 (46), 2017

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

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

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

Заместители главного редактора:

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

Issue № 2 (46), 2017

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

The magazine is indexed in the International Information System **Agricultural Research Information System (AGRIS)**

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

Deputy chief editor:

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

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

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

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.Н., **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 Savai, 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.N. 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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, директор ПНИИЭМТ (ФНЦ Агроэкологии РАН)

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

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

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

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

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

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

Ветеринария и Зоотехния

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

Горлов И.Ф., академик РАН, научный руководитель ПНИИММП

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

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

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

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)

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

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

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

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

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

Veterinary and Zootechnics

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

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.N. Yatusovich, Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

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

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

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

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

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

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

Лесное хозяйство

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

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

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

Барabanов А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, ФНЦ Агроэкологии РАН

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

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

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

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

Процессы и машины агроинженерных систем

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

Бочарников В.С., д.т.н., проректор по научно-исследовательской работе Волгоградского ГАУ

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

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

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

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

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

Forestry

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

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

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

A.T. Barabanov, Doctor of Agricultural Sciences

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Экономические науки

Economic sciences

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Капошварского Университета (Венгрия), эконом. науки

Ferenc Savai, professor, doctor, rector of Kaposvar University (Hungary), economist. science

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

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

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)

Miladin M. Shevarlic, doctor of agricultural economics, professor at Belgrade University, chairman of the Society of Agricultural Economists of Serbia (Serbia)

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

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

Заворотин Е.Ф., член-корр. РАН, доктор экономических наук, профессор, зам. директора по научной работе, Поволжский НИИ экономики и организации АПК

E.F. Zavorotin, **corresponding member of RAS**, Doctor of Economics, Professor, Deputy. Director for Research, Volga Institute of Economics and Agribusiness

Балашова Н.Н., доктор экономических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

N.N. Balashova, Doctor of Economics, Professor, Volgograd State Agrarian University

Попова Л.В., доктор экономических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

L.V. Popova, Doctor of Economics, Professor, Volgograd State Agrarian University

Шепитько Р.С., доктор экономических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

R.S. Shepitko, Doctor of Economics, Professor, Volgograd State Agrarian University

***** **ИЗВЕСТИЯ** *****

№ 2 (46), 2017

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

**Известия
Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (46), 2017**

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 23.06.2017. Формат 60x84^{1/8}

Усл. печ. л. 36,0. Тираж 1000 (первый завод 200). Заказ 490.

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

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 2 (46), 2017**

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 23.06.2017. Printing format 60x84^{1/8}

Conventional printed sheets 36,0. Circulation 1000 (initial print run 200). Order 490.

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 631.67:635.132

**УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ
СПРИНКЛЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ**
**CONDITIONS OF EFFECTIVE USE OF SPRINKLER SYSTEMS
FOR IRRIGATION OF CARROT****А.С. Овчинников¹**, *член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор***С.А. Дусарь¹**, *аспирант***В.В. Бородычев²**, *академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор***А.А. Мартынова²**, *кандидат сельскохозяйственных наук***A.S. Ovchinnikov¹, S.A. Dusar¹, V.V. Borodychev², A.A. Martynova²**¹*Волгоградский государственный аграрный университет*²*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации, г. Москва*¹*Volgograd State Agrarian University*²*All-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation*

В статье приводятся результаты оптимизации основных технологических параметров технологии спринклерного орошения столовой моркови на основе данных многолетних полевых исследований. Содержание работы включает последовательное формулирование и последующее обоснование рабочей гипотезы на основе метода факторного полевого эксперимента, стохастического моделирования и системного анализа опытных данных. Рабочей гипотезой исследований является предположение о возможности интенсификации продукционного процесса моркови при совокупном регулировании влажности почвы и воздуха за счет проведения регулярных увлажнительных и освежительных поливов стационарными дождевальными системами спринклерного типа. В соответствии с выдвинутой гипотезой программа исследований построена на оценке различных пороговых условий назначения вегетационных (увлажнительных) и освежительных поливов. Цель настоящей работы состоит в обосновании уровней этих пороговых условий, обеспечивающих в сочетании формирование не менее 80 т/га стандартных корнеплодов моркови при наименьших затратах воды на формирование урожая. Впервые установлены закономерности, касающиеся распределения данных совокупной (общей) урожайности корнеплодов моркови, доли выхода стандартных корнеплодов, урожайности стандартных корнеплодов и коэффициента водопотребления моркови в зависимости от режима проведения увлажнительных и освежительных поливов стационарными дождевальными системами спринклерного типа. Стохастическое моделирование по опытным данным с учетом установленных закономерностей позволило получить регрессионные модели формирования урожая моркови и эффективности расходования водных ресурсов с коэффициентом детерминации 0,95-0,97. Анализ разработанных регрессионных моделей показал взаимное перекрытие локальных экстремумов поверхности отклика по урожайности и по эффективности расходования водных ресурсов, область которого и определяет оптимальное сочетание факторов. Координаты этой области по исследуемым факторам определяются диапазоном значений RH (пороговый уровень относительной влажности воздуха) от 50 до 55 % и h (расчетная глубина промачивания почвы до фазы образования 2-го листа), равной 0,3 м. При этом урожайность стандартных корнеплодов моркови составляет не менее 81 т/га с совокупными затратами воды на формирование урожая не более 66,5 м³/га.

The article presents the results of optimization of main technological parameters of the technology of sprinkler irrigation of carrot based on data from long-term field studies. The content of the work comprises the sequential formulation and subsequent substantiation of a working hypothesis based on the

method of factorial field experiment, stochastic modeling and system analysis of the pilot data. The working hypothesis of the research is the assumption of an intensification of productional process carrots in comprehensive regulation of soil moisture and air by carrying out regular moisturising and refreshing irrigation stationary sprinkler system with a sprinkler. According to the proposed research program is built on the evaluation of different threshold conditions of the appointment of the vegetation (humid) and refreshing waterings. The aim of this work is to study of the levels of these threshold conditions, providing in a combined form at least 80 t/ha standard root crops of carrots at the lowest cost of water for crop production. First established principles regarding the distribution of the data, the cumulative (total) yield of root crops of carrots, the share of the output of standard root crops, yield of standard roots and coefficient of water consumption of carrots depending on the mode of holding humidifying and refreshing irrigation stationary sprinkler system with a sprinkler. Stochastic modeling of the experimental data based on established laws of numerosita allowed us to obtain regression models for the formation of a crop of carrots and efficiency of water resources with determination coefficient of 0,95-0,97. Analysis of the developed regression models showed mutual overlap of the local extrema of the response surface for yield and efficiency of water resources, the area of which determines the optimal combination of factors. The coordinates of this region in the studied factors are determined by the range of values of RH (threshold level relative humidity) 50 to 55 % and h (the estimated depth of soil makiwane to the phase of formation of the second sheet), equal to 0.3 m. the standard yield of root crops of carrots is not less than 81 t/ha with total water consumption for crop production is not more than 66.5 m³/t.

Ключевые слова: морковь столовая, орошение, урожайность, коэффициент водопотребления, регрессионная модель, оптимизация.

Key words: carrot, irrigation, yield, water use coefficient, regression model, optimization.

Введение. В постсоветской России динамика производства столовой моркови неоднократно меняла вектор развития, что не позволяет охарактеризовать ее каким-либо устойчивым трендом. По приведенным в Росстате официальным данным относительно продолжительный тренд роста производства моркови продолжался с 1993 по 2005 годы [10]. Однако уже со следующего, 2006 года, достигнутые результаты были сведены на нет резким спадом интереса к этой культуре, и с 2007 года по настоящее время годовой объем производства столовых корнеплодов этой культуры слабо варьировал около 1,5 млн тонн. Спад производства моркови в России, безусловно, можно объяснить сложившейся макроэкономической обстановкой, в которой не последнюю роль играет опережающее, по сравнению с Россией, развитие технологий в развитых странах дальнего и ближнего зарубежья. Это подтверждается и растущей долей импорта столовой моркови, объемы которого в 1993 году не превышали 4,4 тыс. тонн, а в 2013 году достигли рекордных 258,0 тыс. тонн, увеличившись более, чем в 58 раз [3]. Еще совсем до недавнего времени основную долю импорта моркови в России составляла продукция производства Бельгии (24,5 тыс. тонн), Нидерландов (19,4 тыс. тонн), Польши (13,2 тыс. тонн), других стран Европы (11,0 тыс. тонн), а также Турции (2,8 тыс. тонн). Сегодня, с введением продовольственного эмбарго [6], ситуация на Российском продовольственном рынке изменилась и у отечественных сельхозтоваропроизводителей появились реальные условия для ускоренной интенсификации производства моркови. Приоритетным направлением интенсификации, обеспечивающим качественно новый уровень аграрного производства, видится развитие отечественных агротехнологий. Особое внимание следует обратить на потенциал развития производства столовой моркови на орошении, которое при использовании современных технологий мониторинга и оптимального управления водным режимом почвы, является мощным фактором интенсивного развития аграрного производства [8, 9, 1, 5].

Материалы и методы. Общей целью наших исследований является освоение современных высокоэффективных способов орошения и разработка ресурсосберегающих технологий полива столовой моркови с целевыми индикаторами уровня продуктивности не ниже 80 т/га. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности интенсификации продукционного процесса моркови при совокупном регулировании влажности почвы и воздуха за счет проведения регулярных и освежительных поливов стационарными дождевальными системами спринклерного типа. В основу методологии исследований был поставлен метод полевого эксперимента.

Одним из ключевых преимуществ стационарных систем орошения, к которым относятся системы спринклерного типа, является возможность реализации гибких подходов в формировании поливного режима. Технологическая реализуемость проведения частых поливов малыми поливными нормами и возможность плавного изменения поливных норм обеспечивает возможность поддержания практически любого диапазона влажности почвы в слое почвы любой мощности. Это позволяет ориентировать технологии орошения исключительно на биологические потребности орошаемой культуры.

Многие исследователи [4-7] указывают на целесообразность дифференцирования увлажняемого слоя почвы в период формирования корневой системы растений. Отмечается, что в начальные периоды роста и развития корневая система моркови развита чрезвычайно слабо и регулирование водного режима почвы за пределами ее распространения непродуктивно. С другой стороны, важно учитывать тот момент, что геометрические параметры увлажняемой зоны почвы определяют вектор развития корневой системы. Необходимость определения оптимальных параметров зоны увлажнения почвы при орошении моркови стационарными дождевальными системами спринклерного типа в период активного роста корней обусловило постановку вопросов исследований в рамках фактора А полевого эксперимента. Варианты в рамках фактора А полевого опыта были впервые заложены в 2015 году на трех уровнях:

- вариант А1 – поддержание заданного (80 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,2 м до начала фазы образования 2-го настоящего листа с последующим увеличением расчетного слоя до 0,5 м;
- вариант А2 – поддержание заданного (80 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,3 м до начала фазы образования 2-го настоящего листа с последующим увеличением расчетного слоя до 0,5 м;
- вариант А3 – поддержание заданного (80 % НВ) порога предполивной влажности почвы в слое 0,4 м до начала фазы образования 2-го настоящего листа с последующим увеличением расчетного слоя до 0,5 м.

Другой известной производственной проблемой при выращивании столовой моркови в зоне сухих степей Нижневолжского региона является снижение доли выхода товарной продукции как последствий воздушной засухи [11,2]. Возможность использования спринклерных систем для проведения освежительных поливов позволяет в определенной степени снимать воздушную засуху и температурную напряженность в среде посева. Учитывая, что научно обоснованных рекомендаций по этому поводу в регионе нет, этот вопрос также был поставлен к исследованию в рамках реализуемого нами полевого эксперимента. В рамках фактора В полевого опыта (проведение освежительных поливов) были заложены следующие варианты:

- вариант В1 (контроль) – без проведения освежительных поливов;
- вариант В2 – проведение освежительных поливов при снижении относительной влажности воздуха ниже 30 %;
- вариант В3 – проведение освежительных поливов при снижении относительной влажности воздуха ниже 50 %;
- вариант В4 – проведение освежительных поливов при снижении относительной влажности воздуха ниже оптимального уровня (70 %).

Полевой эксперимент по такой программе был заложен на опытном участке, расположенного в границах фермерского хозяйства «им. Л.Н. Василенко» Городищенского района, Волгоградской области. Почвы на опытном участке светло-каштановые, среднесуглинистые, типичные для региона исследований. Почвенный покров таких почв, как правило, слабогумусирован и малоплодороден, что обуславливает необходимость применения минеральных удобрений. Удобрения в опытах вносили дозой $N_{200}P_{130}K_{140}$, рассчитанной на формирование урожайности корнеплодов на уровне 80 т/га.

Результаты и обсуждение. Результаты численного анализа распределения урожайных данных столовой моркови в зависимости от сочетания изучаемых в опыте факторов показали (таблица 1):

– изменение расчетного слоя промачивания почвы в ранние фазы вегетационного периода столовой моркови (до образования 2-го листа) и проведение освежительных поливов при пороговых снижениях относительной влажности воздуха обуславливают статистически значимую вариацию общей урожайности.

Таблица 1 – Показатели продуктивности столовой моркови
при спринклерном орошении

Фактор А (мощность увлажняющего горизонта почвы, м)	Фактор В (режим проведения освежи- тельных поливов)	Урожайность корнеплодов, всего, т/га			Доля выхода стан- дартной продукции, %			Урожайность стандартной продукции, Y, т/га		
		2015 год	2016 год	Средняя	2015 год	2016 год	Среднее	2015 год	2016 год	Средняя
А1 (0,2-0,5 м)	В1 (контроль)	82,1	83,2	82,7	85,5	86,8	86,2	70,2	72,2	71,2
	В2	84,3	83,2	83,8	87,2	86,8	87,0	73,5	72,2	72,9
	В3	85,0	83,9	84,5	88,7	88,7	88,7	75,4	74,4	74,9
	В4	85,0	84,1	84,6	88,6	87,9	88,3	75,3	73,9	74,6
А2 (0,3-0,5 м)	В1 (контроль)	82,2	84,7	83,5	88,4	90,2	89,3	72,7	76,4	74,6
	В2	84,5	84,7	84,6	91,2	90,2	90,7	77,1	76,4	76,8
	В3	85,2	86,2	85,7	94,1	94,8	94,5	80,2	81,7	81,0
	В4	85,2	86,2	85,7	94,2	94,5	94,4	80,3	81,5	80,9
А3 (0,4-0,5 м)	В1 (контроль)	77,4	81,2	79,3	90,1	90,0	90,1	69,7	73,1	71,4
	В2	79,5	81,2	80,4	93,0	90,0	91,5	73,9	73,1	73,5
	В3	82,0	82,4	82,2	94,4	94,5	94,5	77,4	77,9	77,7
	В4	82,0	82,1	82,1	94,5	94,5	94,5	77,5	77,6	77,6
НСР ₀₅	Фактор А	1,72	1,00					2,2	1,5	
	Фактор В	1,99	1,15					2,5	1,8	
	Для част- ных сред- них	3,45	1,99					4,4	3,1	

Статистически доказано снижение общей урожайности корнеплодов при увеличении расчетного слоя промачивания почвы при спринклерном орошении моркови до фазы образования 2-го листа с 0,2-0,3 м до 0,4 м. Изменение расчетного слоя увлажнения почвы всего на 10 см, с 0,3 до 0,4 м в этот период обуславливало снижение общей

продуктивности моркови на 3,5-4,3 т/га. При увеличении расчетной мощности увлажняемого слоя почвы с 0,2 до 0,4 м урожайность корнеплодов столовой моркови снижалась на 2,3-3,4 т/га. Наряду с этим, разницу общей урожайности корнеплодов моркови в вариантах, где до фазы образования 2-го листа поливы проводили из расчета увлажнения слоя почвы 0,2 м и 0,3 м, статистически доказать не удалось. Другим, статистически доказанным фактом можно считать увеличение общей продуктивности столовой моркови при проведении освежительных поливов в случае достижения порогового уровня относительной влажности воздуха. Статистически доказано увеличение общей урожайности корнеплодов моркови при проведении освежительных поливов в дни, когда относительная влажность воздуха снижается до 30 % (на 1,0-1,1 т/га) и в периоды, когда относительная влажность воздуха снижается до 50 % (на 1,8-2,9 т/га). В то же время, статистически доказанной разницы в общей урожайности корнеплодов моркови на участках, где освежительные поливы назначались при пороговом значении относительной влажности воздуха 50 % и 70 %, в опытах не было;

– еще в большей степени, чем на уровень общей продуктивности корнеплодов моркови, изучаемые в опыте факторы оказывают влияние на выход товарной продукции той части корнеплодов, которая отвечает требованиям стандарта качества. Дисперсия распределения данных по доли выхода стандартных корнеплодов (в процентном отношении) более чем в 2 раза больше дисперсии распределения данных по общей урожайности корнеплодов в вариантах опыта. Наибольший процент отходов, в среднем 86,2-88,7 %, в виде нестандартных корнеплодов моркови в опытах наблюдался, где заданный порог предполивной влажности почвы, 80 % НВ, поддерживали в слое 0,2 м до фазы образования 2-го листа с последующим увеличением расчетной глубины промачивания почвы до 0,5 м. При увеличении глубины промачивания почвы в ранние фазы развития моркови до 0,3 м (вариант 0,3-0,5 м) доля выхода стандартных корнеплодов моркови из общего урожая возрастала до 89,3-94,5 %. Еще в большей степени, на 3,9-6,3 %, доля выхода стандартных корнеплодов моркови возрастала на участках, где заданный уровень предполивной влажности почвы, 80 % НВ, до фазы образования 2-го листа поддерживали в слое 0,4 м. Проведение освежительных поливов также способствовало повышению качества формируемого урожая, увеличивая выход стандартных корнеплодов моркови. Даже проведение всего нескольких освежительных поливов за весь вегетационный период столовой моркови при пороговом снижении относительной влажности воздуха до 30 % позволило увеличить выход стандартных корнеплодов на 0,8-1,5 %. Еще в большей степени, на 2,6-5,1 %, доля выхода стандартной продукции возрастала при проведении освежительных поливов с пороговым уровнем снижения относительной влажности воздуха 50 %. В то же время, проведение освежительных поливов при пороговом уровне снижения относительной влажности воздуха 70 % обеспечило выход 87,9-94,5 % стандартных корнеплодов моркови, что на 0,1-0,5 % меньше, чем в вариантах с проведением освежительных поливов при относительной влажности воздуха менее 50 %;

– урожайность стандартной продукции столовой моркови определилась формированием общей продуктивности посевов и долей выхода стандартных корнеплодов. Несмотря на то, что общая продуктивность корнеплодов моркови на участках с увлажнением в ранние сроки (до фазы образования 2-го листа) 0,2-метрового слоя почвы достаточно высока, урожайность стандартных корнеплодов при поддержании такого режима орошения оказалась в минимуме и составила 71,2-74,9 т/га. Увеличение доли выхода стандартных корнеплодов в вариантах, где до образования 2-го листа поливы проводили из расчета увлажнения 0,3-метрового слоя почвы позволило увеличить урожайность стандартной продукции до 74,6-81,0 т/га. При увлажнении вегетационными поливами 0,4-метрового слоя почвы до фазы образования 2-го листа выход стандартных корнеплодов был наибольшим, однако за счет снижения общей продуктивности посе-

вов урожайность стандартной продукции моркови не превышала 71,4-77,7 т/га. Это на 3,2-3,4 т/га меньше, чем при увлажнении 0,3- метрового слоя почвы, но на 0,2-3,0 т/га больше, чем при поддержании заданного предполивного уровня (80 % НВ) до фазы образования 2-го листа в слое 0,2 м.

Таким образом, зависимость урожайности стандартной продукции моркови от изучаемых в опыте факторов определяется взаимосвязанной динамикой формирования общего урожая корнеплодов и доли выхода стандартных корнеплодов из общего урожая. Эта взаимосвязь, а также разная направленность динамики указанных показателей, определяет довольно сложный, нелинейный характер связи урожайности стандартной продукции с основными, изучаемыми параметрами технологии спринклерного орошения. Нелинейность связи визуально прослеживается и на картах линий уровня распределения значений общей урожайности, доли выхода стандартной продукции и урожайности стандартных корнеплодов моркови (рисунок 1). Кроме того, на картах линий уровня четко прослеживаются и зоны нулевой динамики (равного уровня) рассматриваемых показателей, которые могут характеризовать локальные минимумы или максимумы нелинейной взаимосвязи. В частности из рисунка хорошо видно, что для общей продуктивности моркови зона нулевой динамики по показателю h (глубина промачивания почвы в ранние, до фазы образования 2-го листа, периоды развития моркови) четко определяется значениями 0,26-0,3 м, а левый склон (в сторону снижения глубины увлажнения почвы в ранние фазы развития) существенно более пологий, чем правый. Диапазон нулевой динамики общей продуктивности моркови по показателю RH (относительная влажность воздуха) достаточно четко определяется граничными значениями в 50 и 70 %.

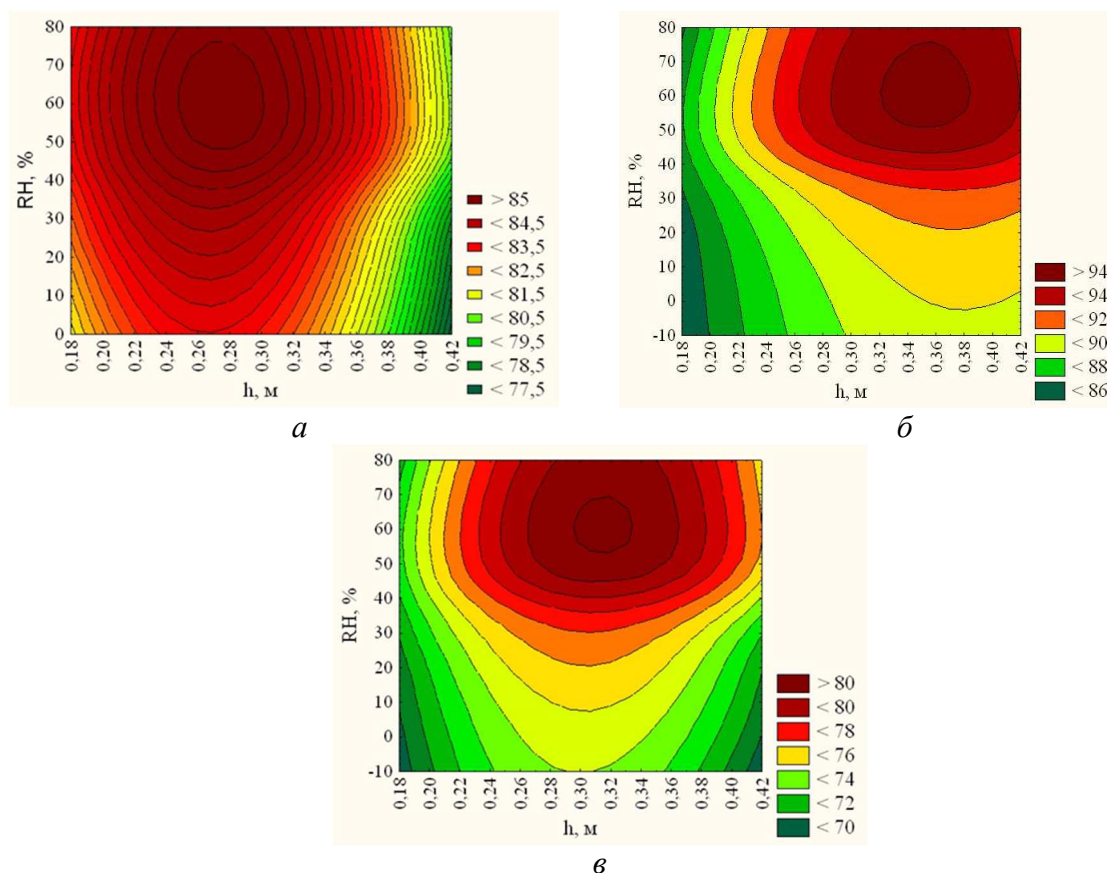


Рисунок 1 – Карта линий уровня для распределения значений общей урожайности (а), доли выхода стандартной продукции (б) и урожайности стандартных корнеплодов моркови (в) в зависимости от изучаемых факторов

Для значений доли выхода стандартных корнеплодов зона нулевой динамики по показателю h (глубина промачивания почвы) существенно сдвигается вправо и ограничивается диапазоном от 0,32 до 0,38 м, а правый склон едва прослеживается. Для урожайности стандартных корнеплодов моркови зона нулевой динамики существенно уже, чем для общей урожайности и для распределения данных по доле выхода стандартной продукции. По показателю h (глубина промачивания почвы) зона нулевой динамики в распределении данных стандартной урожайности моркови определяется диапазоном 0,28-0,32 м, а правый и левый склоны равновыражены. По показателю RH (относительная влажность воздуха) зона нулевой динамики стандартной урожайности моркови лежит в интервале от 50 до 60 %.

Из приведенного выше следует, что зависимость урожайности стандартных корнеплодов моркови от основных, изучаемых параметров имеет локальный экстремум, нелинейна и ассиметрична. Установленные и описанные выше закономерности определяют всю совокупность требований к разработке модели формирования урожая моркови в зависимости от изучаемых факторов. В качестве методологической основы разработки модели формирования урожая моркови был выбран метод множественной нелинейной регрессии. Этот метод позволяет, наряду с линейной оценкой зависимости между изучаемыми факторами и целевой переменной, включать в анализ различные нелинейные преобразования аргументов регрессионной модели. Другой особенностью проводимого анализа является использование алгоритма пошаговой регрессии. Использование такого алгоритма позволяет вести построение регрессионной модели с последовательным включением статистически значимых компонентов уравнения и исключением компонентов, значимость которых ниже заданного уровня.

Учитывая нелинейность зависимости урожайности моркови и ее явно выраженную параболическую динамику, по крайней мере, в пределах уровней варьирования факторов, в качестве начальных компонентов регрессионной модели были включены: предиктор RH (линейная функция порогового уровня влажности воздуха), RH^2 (параболическое преобразование порогового уровня влажности воздуха), h (линейная функция расчетной глубины увлажнения почвы) и h^2 (параболическое преобразование расчетной глубины увлажнения почвы). В общую модель регрессии, помимо этого, были включены нелинейные преобразования третьей и четвертой степени, а также взаимодействие изучаемых факторов. Результаты пошаговой регрессии с включением статистически значимых компонентов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты пошаговой регрессии для урожайности стандартных корнеплодов моркови в зависимости от изучаемых факторов

Номер шага	Преобразование	Р компоненты, включенной в модель	Р компоненты, не включенной в модель	Статус компоненты
1	$h \times RH$		0,199	Не включен
	h^3		0,999	Не включен
	RH^3		0,028	Включен
	H^4		0,999	Не включен
	RH^4		0,028	Не включен
2	$h \times RH$		0,037	Включен
	h^3		0,999	Не включен
	RH^3	0,028		Включен
	H^4		0,999	Не включен
	RH^4		0,999	Не включен
3	$h \times RH$	0,037		Включен
	h^3		0,999	Не включен
	RH^3	0,008		Включен
	H^4		0,999	Не включен
	RH^4		0,999	Не включен

В результате пошагового анализа статистической значимости компонентов в регрессионную модель было включено нелинейное преобразование порогового уровня относительной влажности воздуха третьей степени и произведение уровней изучаемых факторов. Общая регрессионная модель зависимости урожайности столовой моркови от расчетной глубины промачивания почвы и порогового уровня относительной влажности воздуха, регламентирующих проведение вегетационных и освежительных спринклерных поливов, определилась в виде следующего выражения (рисунок 2):

$$Y_{st} = 38,4 + 244,8 \cdot h - 0,207 \cdot RH - 408,1 \cdot h^2 + 0,0098 \cdot RH^2 + 0,22 \cdot h \cdot RH - 9,5 \cdot 10^{-5} \cdot RH^3,$$

где Y_{st} – урожайность стандартных корнеплодов моркови, т/га, h – расчетная глубина увлажнения почвы при спринклерном орошении моркови в период «посев – образование 2-го листа», м, RH – пороговое значение относительной влажности воздуха при достижении которого назначаются освежительные поливы, %.

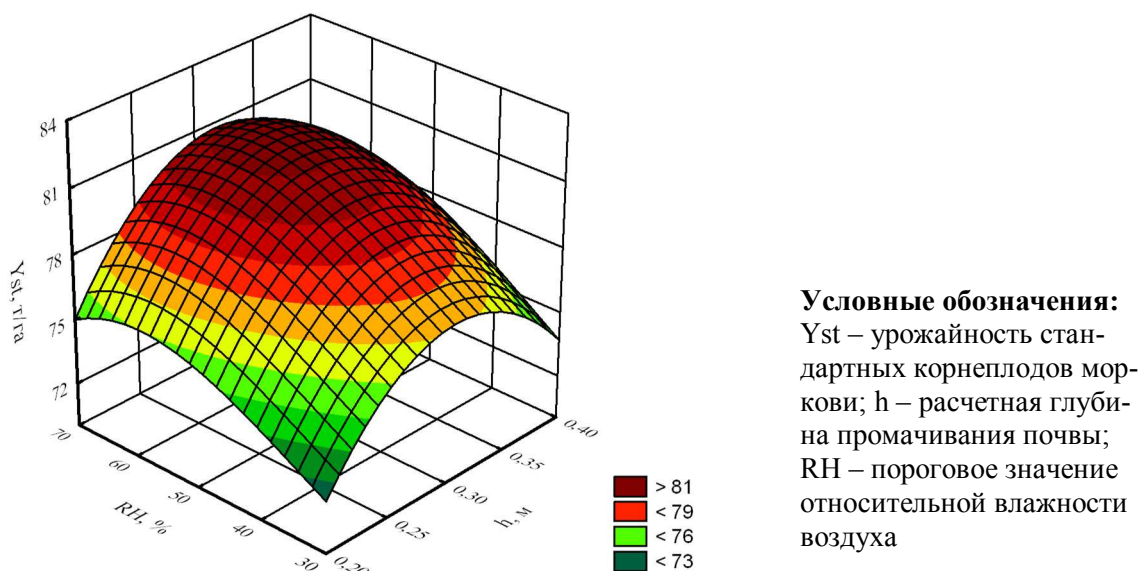


Рисунок 2 – График зависимости урожайности стандартных корнеплодов моркови от уровня обеспеченности изучаемых факторов

Полученное уравнение обладает высокой степенью сходимости с опытными данными, коэффициент детерминации модели составляет $R^2 = 0,97$. Из графика зависимости видно, что наибольшая динамика изменения урожайности стандартных корнеплодов моркови обуславливается варьированием расчетной глубины промачивания почвы в период «посев – образование 2-го листа». Связь нелинейная с локальным минимумом на границе с расчетным, 0,2-метровым слоем увлажняемой вегетационными поливами почвы и максимумом в области 0,3-метрового слоя увлажнения. Связь урожайности стандартных корнеплодов моркови с пороговыми значениями относительной влажности воздуха также нелинейная с областью наибольшей продуктивности (урожайность стандартных корнеплодов более 81 т/га) в интервале 50-65 %.

Таким образом, на светло-каштановых почвах Нижневолжского региона поддержание предполивного уровня влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,3 м до фазы образования 2-го листа и 0,5 м – в остальные фенологические фазы развития моркови, вкупе с проведением систематических освежительных поливов при пороговых значениях относительной влажности воздуха 50-65 %, обеспечивает стабильное получение свыше 80 т/га стандартных корнеплодов моркови. Однако в современных условиях жесткой конкурен-

ции в сфере аграрного производства на первый план выходит задача рационального расходования ресурсов. Поэтому формирование наивысших урожаев будет оправдано лишь при условии экономного, сбалансированного ресурсопользования. В орошаемом земледелии одним из важнейших вовлекаемых в производство ресурсов является оросительная вода, которая в почвенно-климатических условиях региона исследований является основной приходной статьей водного баланса орошаемого поля.

Оценка эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии традиционно проводится по динамике коэффициента водопотребления, характеризующего отношение суммарного водопотребления посевов к урожайности орошаемой культуры. Значения коэффициента водопотребления столовой моркови нами были определены для каждого сочетания изучаемых в опыте факторов (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент водопотребления столовой моркови при орошении стационарными дождевальными системами спринклерного типа

Фактор А	Фактор В	2015 г			2016 г		
		Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
А1 (0,2-0,5 м)	В1	5160	70,2	73,5	5090	72,2	70,5
	В2	5280	73,5	71,8	5090	72,2	70,5
	В3	5370	75,4	71,2	5180	74,4	69,6
	В4	5400	75,3	71,7	5270	73,9	71,3
А2 (0,3-0,5 м)	В1	5170	72,7	71,1	5120	76,4	67,0
	В2	5300	77,1	68,7	5120	76,4	67,0
	В3	5410	80,2	67,5	5210	81,7	63,8
	В4	5430	80,3	67,6	5300	81,5	65,0
А3 (0,4-0,5 м)	В1	5030	69,7	72,2	5000	73,1	68,4
	В2	5140	73,9	69,6	5000	73,1	68,4
	В3	5260	77,4	68,0	5120	77,9	65,7
	В4	5270	77,5	68,0	5160	77,6	66,5

Опытные значения коэффициента водопотребления столовой моркови легли в основу разработки регрессионной модели эффективности расходования водных ресурсов на формирование урожая стандартных корнеплодов. Разработка регрессионной модели проводилась по описанному выше алгоритму, с использованием методов пошаговой регрессии и статистической оценки компонентов математического выражения. В результате проведенной работы было получено следующее математическое выражение:

$$K_e = 94,2 - 161,99 \cdot h + 0,133 \cdot RH + 257,5 \cdot h^2 - 0,0052 \cdot RH^2 + 5,7 \cdot 10^{-5} \cdot RH^3 - 0,187 \cdot h \cdot RH,$$

где K_e – коэффициент водопотребления моркови, взятый отношением к урожайности стандартной продукции, м³/га. Коэффициент детерминации полученного выражения составляет $R^2=0,95$. График полученной зависимости (рисунок 3) в границах уровней варьирования факторов характеризуется четко определенным минимумом.

Область минимальных значений по оси h (расчетная глубина промачивания почвы при спринклерном орошении моркови до фазы образования 2-го листа) определяется диапазоном 0,3-0,34 м. По оси RH (пороговое значение относительной влажности воздуха) область минимальных значений коэффициента водопотребления моркови лежит в границах 50-55 %.

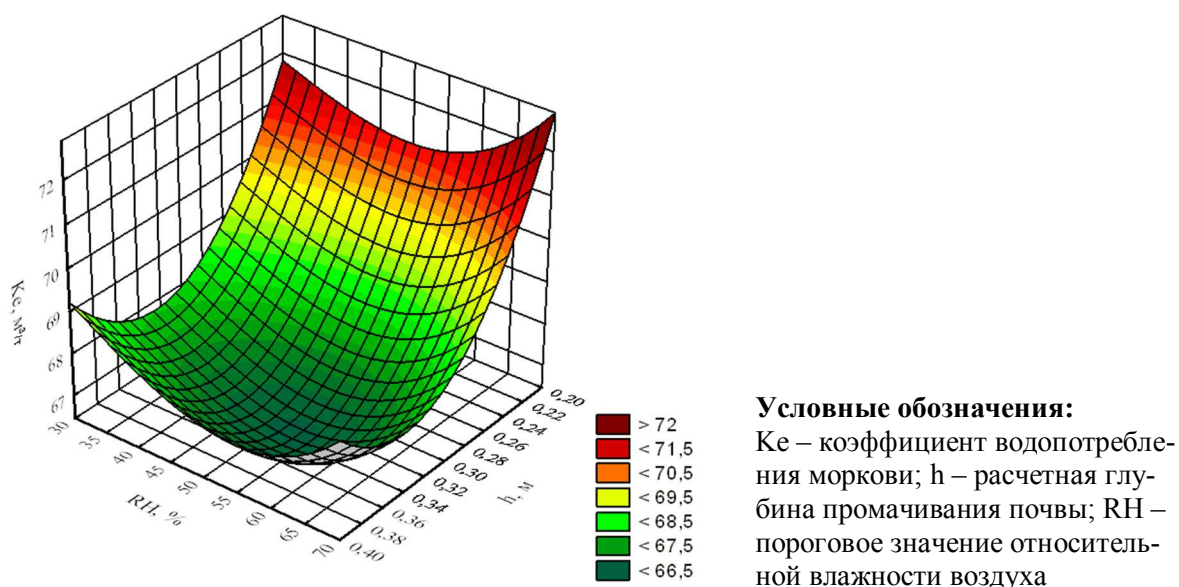


Рисунок 3 – График поверхности отклика модели эффективности расходования водных ресурсов на формирование урожая стандартных корнеплодов

Совместное решение полученных регрессионных моделей определило положение общей зоны области формирования наибольшей продуктивности стандартных корнеплодов моркови и области наименьших затрат воды на формирование урожая. Пересечение этих областей дает возможность говорить о существовании области оптимума, координаты которой на плоскости определяются диапазоном значений RH (пороговый уровень относительной влажности воздуха) от 50 до 55 % и расчетной глубины промачивания почвы до фазы образования 2-го листа, равной 0,3 м.

Закключение. Формирование урожая стандартных корнеплодов моркови, равно как и эффективность расходования воды на формирование урожая, находятся в сильной взаимосвязи с целевыми технологическими функциями спринклерного орошения, такими как регулирование водного режима почвы в дифференцированном по мощности слое и проведение освежительных поливов при достижении порогового уровня относительной влажности воздуха в среде посева. Доказано, что зависимости урожайности стандартных корнеплодов моркови и эффективности использования воды на формирование урожая от указанных факторов имеют локальный экстремум, нелинейны и асимметричны. Разработанные регрессионные модели формирования урожая и эффективности расходования водных ресурсов хорошо согласуются с полученными в опыте распределениями данных, коэффициент детерминации составляет 0,95-0,97. Локальные экстремумы модели формирования урожая и эффективности расходования водных ресурсов имеют общее поле значений, совокупность которых определяет область оптимума. Координаты этой области по исследуемым факторам определяются диапазоном значений RH (пороговый уровень относительной влажности воздуха) от 50 до 55 % и h (расчетная глубина промачивания почвы до фазы образования 2-го листа), равной 0,3 м. При этом урожайность стандартных корнеплодов моркови составляет не менее 81 т/га с совокупными затратами воды на формирование урожая не более 66,5 м³/га.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Комплексы показателей мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Е.Э. Головинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. –2015. – № 3 (39). – С. 33-37.

2. Ванеян, С.С. Оптимальные режимы орошения моркови [Текст]/ С.С. Ванеян, В.С. Соснов, А.М. Меньших // Картофель и овощи. – 2006. – № 4. – С. 17-18.
3. Корпоративная база статистических данных ФАО. Торговля. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E> (дата обращения 09.11.2016)
4. Макарычев, С.В. Особенности формирования почвенно-физических условий при орошении моркови [Текст]/ С.В. Макарычев, К.В. Березовская // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (136). – С. 58-62.
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 применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 6.08.2014 г. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/46404> (дата обращения 03.03.2016)
7. Овчинников, А.С. Урожайность моркови в зависимости от режима капельного орошения и способов обработки почвы [Текст]/ А.С. Овчинников, С.А. Лисиченко // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. – Волгоград: ВолГАУ, 2015. – С. 160-165.
8. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4. – С. 21-27
9. Овчинников, А.С. 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: ВолГАУ, 2015. – С. 124-126
10. Федеральная служба государственной статистики. - Центральная база статистических данных. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1> (дата обращения 01.02.2017)
11. Ovchinnikov, A.S. Oil tillage, irrigation, and carrot yield in the lower Volga region / A.S. Ovchinnikov, S.A. Lisichenko, V.V. Borodychev, A.A. Martynova // Плодородие. – 2015. – № 3 (84). – С. 30-32.

Reference

1. Borodychev, V. V. Kompleksy pokazatelej monitoringa raboty dozhdaval'noj tehniki v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Je. Golovinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 3 (39). - S. 33-37.
2. Vaneyan, S. S. Optimal'nye rezhimy orosheniya morkovi [Tekst]/ S. S. Vaneyan, V. S. Sosnov, A. M. Men'shih // Kartofel' i ovoschi. - 2006. - № 4. - S. 17-18.
3. Korporativnaya baza statisticheskikh dannyh FAO. Torgovlya. - [Jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/E> (data obrascheniya 09.11.2016)
4. Makarychev, S. V. Osobennosti formirovaniya pochvenno-fizicheskikh uslovij pri oroshenii morkovi [Tekst]/ S. V. Makarychev, K. V. Berezovskaya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2016. - № 2 (136). - S. 58-62.
5. 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.
6. O primenenii otдел'nyh special'nyh jekonomicheskikh mer v celyah obespecheniya bezopasnosti Rossijskoj Federacii: Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 6.08.2014 g. - [jelektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://kremlin.ru/events/president/news/46404> (data obrascheniya 03.03.2016)

7. Ovchinnikov, A. S. Urozhajnost' morkovi v zavisimosti ot rezhima kapel'nogo orosheniya i sposobov obrabotki pochvy [Tekst]/ A. S. Ovchinnikov, S. A. Lisichenko // Strategicheskoe razvitie APK i sel'skih territorij RF v sovremennyh mezhdunarodnyh usloviyah: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschjionnoj 70-letiyu Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941-1945 gg. - Volgograd: VolGAU, 2015. - S. 160-165.

8. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitel'nyh algoritmov [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 4. - S. 21-27

9. Ovchinnikov, A. S. 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: VolGAU, 2015. - S. 124-126

10. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. - Central'naya baza statisticheskikh dannyh. - [Elektronnyj resurs] - Rezhim dostupa: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1> (data obrascheniya 01.02.2017)

11. Ovchinnikov, A.S. Oil tillage, irrigation, and carrot yield in the lower Volga region / A.S. Ovchinnikov, S.A. Lisichenko, V.V. Borodychev, A.A. Martynova // Plodorodie. - 2015. - № 3 (84). - S. 30-32.

E-mail: volgau@volgau.com

УДК 633.2:631.67

СОВРЕМЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕНСИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ MODERN ALGORITHMS CREATE INTENSIVE FODDER PRODUCTION UNDER IRRIGATED CONDITION

В.В. Бородычев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

V.V. Borodychev, M.N. Lytov

*Federal state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of hydraulic
engineering and land reclamation them. A. N. Kostyakova*

В работе приводятся результаты исследования процесса проектирования орошаемого кормопроизводства и адаптации алгоритма создания оптимальных проектов интенсивного кормопроизводства в условиях орошения. Объектом исследований являются орошаемые комплексы по производству основных видов кормов для отрасли животноводства. Предметом исследований являются модели и алгоритмы создания сбалансированных проектов орошаемого кормопроизводства с учетом фактической и прогнозируемой потребности в кормах и использования ресурсов естественной кормовой базы. Цель исследований определяется необходимостью адаптации моделей создания орошаемого кормопроизводства на основе оросительной техники нового поколения. Новизна подходов решения заявленной проблемы заключается в том, что в основу создания моделей орошаемого кормопроизводства положен учет преимуществ оросительной техники нового поколения, включая: новый уровень кинематики рабочего и холостого хода дождевальных машин, реализацию принципов поверхностного дождевания разновысотных фитоценозов, модульный подход в комплектовании дождевальных машин, системы оперативного контроля работы дождевальной техники на основе дистанционных технологий, системы интеллектуального управления дождевальными машинами на основе мониторинга в режиме реального времени. В предлагаемом алгоритме создание кормопроизводства в рамках конкретного хозяйствующего субъекта рассматривается как неотъемлемая часть проектов животноводческих комплексов. Весь расчет начинается и заканчивается проектированием таких комплексов, с учетом стратегии их развития на перспективу. На этапе оперативного планирования параметров орошаемого кормопроизводства в заданных условиях со-

гласно предлагаемому алгоритму ключевая роль отводится решению двух взаимосвязанных проблем: проблемы организации орошаемого кормопроизводства, включая оптимизацию структуры кормовых угодий, определения режима их использования и оптимизации агротехнологических комплексов возделывания кормовых культур и проблемы планирования водопользования на стратегическом и тактическом уровнях, включая проектирование оптимальных режимов орошения, определение норм водопотребления по почвенно-климатическим зонам региона, определения потребности в дождевальной технике и разработку оптимальных схем ее использования для организации орошения при различных способах кормопроизводства.

The paper presents the results of a study of the design process, irrigated fodder production and adaptation of the algorithm for creating an optimal project intensive fodder production under irrigated condition. The object of research are the irrigated production of the main types of feed for the livestock industry. The subject of research are models and algorithms to create balanced project irrigated fodder production, taking into account actual and projected demand for feed and use of resources natural fodder base. The purpose of the research is determined by the need to adapt models for irrigated fodder production based on irrigation technology of the new generation. The novelty of the approaches solving the problem lies in the fact that the basis for the creation of models of irrigated fodder production on account of irrigation benefits a new generation of technology, including: a new level kinematics of the working and idle sprinklers, the implementation of guidelines for surface irrigation of different height of plant, modular approach in the acquisition of sprinklers, the system of operative control of irrigation equipment on the basis of distance technologies the smart control system irrigation machines based on monitoring in real-time. In the proposed algorithm, the establishment of forage production within a particular business entity is considered as an integral part of projects of livestock farms. The whole calculation starts and ends with the design of such complexes, based on the strategy of their development in the future. At the stage of operational planning parameters of irrigated fodder production in the given conditions according to the proposed algorithm, a key role for the solution of two interrelated problems: problems of organization of irrigated fodder production, including the optimization of the structure of the grassland, the definition of the mode of use and optimization of agricultural technological systems of cultivation of fodder crops; and problems of water use planning at the strategic and tactical levels, including the design of optimal irrigation regimes, the determination of the water consumption norms for the soil and climatic zones of the region, determine the need for sprinkler equipment and the development of optimal schemes for its use for irrigation management under different methods of fodder production.

Ключевые слова: *интенсивное кормопроизводство, алгоритмы, орошение, создание, оптимизация*

Key words: *intensive fodder production, algorithms, irrigation, creation, optimization.*

Введение. Актуальные проблемы обеспечения продовольственной безопасности России, интенсификации отрасли животноводства непосредственным образом связаны с развитием кормопроизводства. Исключительно большую роль играет разработка и освоение научно обоснованных систем ведения кормопроизводства, которые должны в полной мере учитывать обеспеченность природными ресурсами каждой агроклиматической зоны и ландшафтной единицы, использовать преимущества современных технических средств и инновационных технологий [8, 13, 14]. В засушливых условиях юга России адаптивная интенсификация кормопроизводства тесно связана с необходимостью расширения орошаемого сектора, включая применение оросительных мелиораций для выращивания кормовых культур, организацию орошаемых культурных пастбищ и сенокосов [6, 2, 5].

Материалы и методы. Цель исследований определяется необходимостью адаптации моделей создания орошаемого кормопроизводства на основе оросительной техники нового поколения. Новизна подходов решения заявленной проблемы заключается в том, что в основу создания моделей орошаемого кормопроизводства положен учет преимуществ оросительной техники нового поколения, включая: новый уровень кинематики рабочего и холостого хода дождевальных машин, реализацию принципов при поверхностного дождевания разновысотных фитоценозов, модульный подход в комплектовании дожде-

вальных машин, системы оперативного контроля работы дождевальной техники на основе дистанционных технологий, системы интеллектуального управления дождевальными машинами на основе мониторинга в режиме реального времени [11, 3, 4, 12]. Методологическую основу исследований составляют методы системного и структурно-функционального анализа, теория алгоритмов, теория и практика создания кормопроизводства в засушливых регионах Российской Федерации, опыт и научные основы создания орошаемого кормопроизводства [1, 10, 9, 7]. Одной из ключевых задач исследований является создание структурно-функциональной модели процесса проектирования орошаемого кормопроизводства с охватом трех основных его направлений: пастбищного, сенокосного и полевого. Главным требованием к построению структурно-функциональной модели процесса проектирования орошаемого кормопроизводства является возможность решения частных оптимизационных для каждого из ее узловых компонентов. Основными требованиями к разрабатываемому алгоритму являются:

- возможность поиска сбалансированного решения в системе «животноводство – потребность в кормах – кормопроизводство – структура кормопроизводства» на основе максимального использования функций адаптивности, самоорганизации и самовоспроизведения кормовых агроценозов;
- возможность агроэкологической, агроландшафтной и производственно-экономической оценки перспектив создания орошаемого кормопроизводства с учетом возможного развития отрасли;
- возможность оптимизации инженерно-технологических решений при создании проектов орошаемого кормопроизводства на основе использования оросительной техники нового поколения.

Результаты и обсуждение. Структурно-функциональная основа алгоритма создания орошаемого кормопроизводства в рамках хозяйствующего субъекта представлена на рисунке 1. Собственно, само создание кормопроизводства в рамках конкретного хозяйствующего субъекта следует рассматривать как неотъемлемую часть проектов животноводческих комплексов. В этом смысле все начинается и заканчивается проектированием таких комплексов, а также стратегии их развития на перспективу.

Поэтому структурные блоки проектирования производства продукции животноводства и разработки стратегии развития животноводства являются ключевыми блоками обобщенного алгоритма создания орошаемого кормопроизводства. К используемым впоследствии результатам проектирования создания и развития животноводства относятся:

- информация о видовом составе животных в хозяйствующем субъекте;
- дифференцированная информация о поголовье животных по видам;
- информация о структуре возрастного дифференцирования поголовья животных по каждому из видов;
- информация о перспективах трансформирования указанных выше показателей на весь период жизни проекта.

Другими краеугольными блоками предложенного алгоритма является оценка потенциала кормовой базы хозяйства, включая ресурсную оценку естественных кормовых угодий (при наличии) и оценку потенциала производства кормов без орошения. Выходными данными этих структурных компонентов модели являются:

- результаты оценки общего объема кормов, собранных с естественных кормовых угодий с вероятностной оценкой рисков недополучения кормовых единиц в неблагоприятные по метеорологическим условиям годы;
- результаты оценки общего сбора кормов, получение которых возможно в результате разворачивания полевого кормопроизводства без применения оросительных мелиораций.

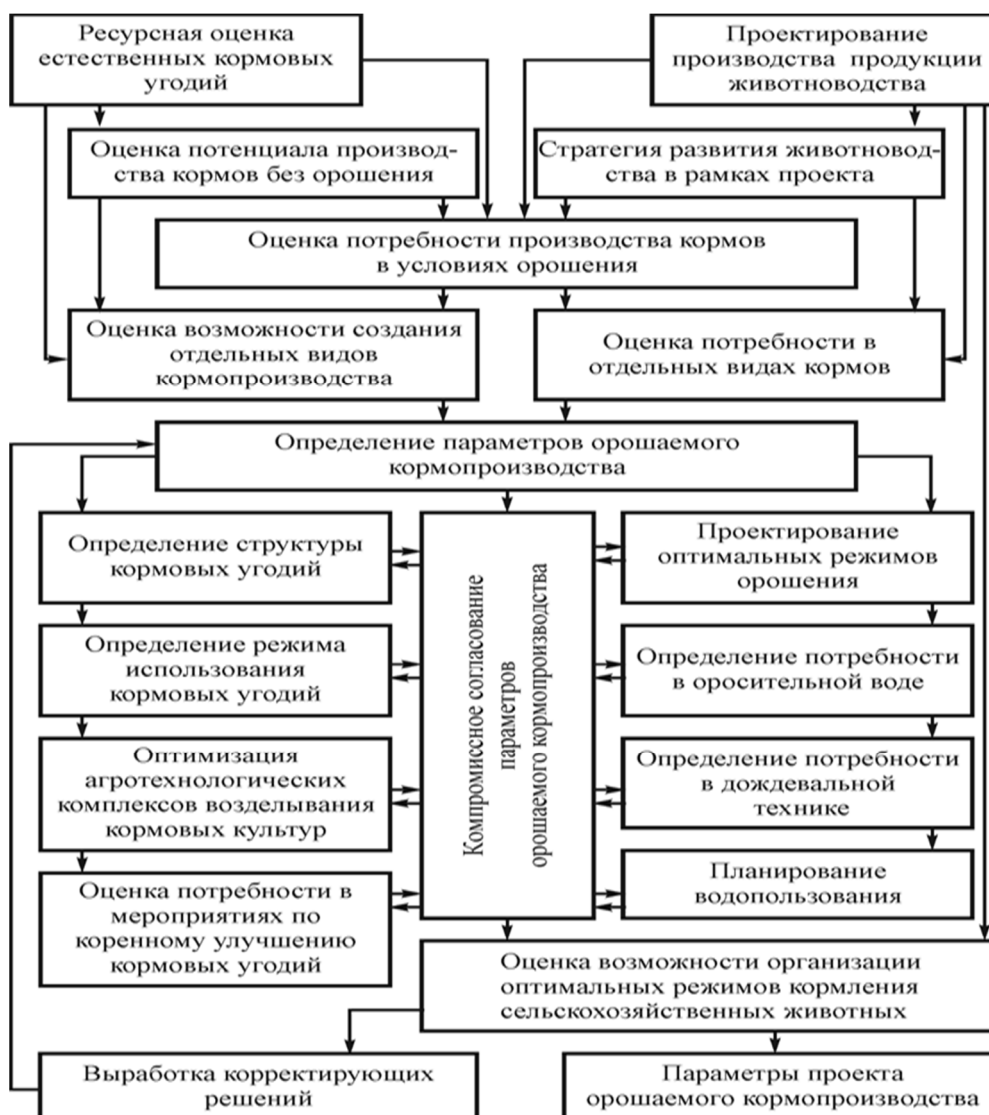


Рисунок 1 – Обобщенный алгоритм создания орошаемого кормопроизводства

Вся полученная информация объединяется в процессорном блоке, вырабатывающем решение об общей потребности производства кормов в условиях орошения. Для выработки решения целесообразно использовать универсальное соотношение вида:

$$S_{ор.} = \frac{\sum_j (N_j \cdot q_j) - f(S_{еку} \cdot Y_{еку}) - f(S_{бпк} \cdot Y_{бпк})}{Y_{ор.}},$$

где $S_{ор.}$ – общая площадь орошаемых земель, необходимых для разворачивания интенсивного кормопроизводства с учетом дефицита производства кормов на естественных кормовых угодьях и в условиях богарного полевого кормопроизводства, га, N_j – поголовье j -того вида животных в проектируемом животноводческом комплексе, q_j – средний норматив потребления кормов j -тым видом животных с учетом дифференциации поло-возрастных групп, корм. ед./голову, $S_{еку}$ – общая площадь естественных кормовых угодий в хозяйствующем субъекте, га, $Y_{еку}$ – продуктивность естественных кормовых угодий с учетом функции рисков недополучения продукции в неблагоприятные по климатическим условиям годы, корм. ед./га, $S_{бпк}$ – общая площадь угодий, на которых можно развернуть богарное полевое кормопроизводство, га, $Y_{бпк}$ – осредненная продуктивность полевых кормовых культур с учетом функции рисков недополучения продукции в неблагоприятные по климатическим условиям годы, корм. ед./га, $Y_{ор.}$ – средняя продуктивность орошаемых кормовых угодий, корм. ед./га.

Определение потребности в производстве кормов на орошаемых землях является лишь самым общим этапом решения проблемы создания эффективных проектов орошаемого кормопроизводства. Для создания реальных, на самом деле жизнеспособных проектов важно дифференцировать моделируемые потребности по отдельным видам кормов, а также оценить возможности создания отдельных видов кормопроизводства в условиях конкретного хозяйствующего субъекта.

Общие подходы к моделированию потребностей какого-либо конкретного хозяйствующего субъекта в производстве отдельных видов кормов на орошаемых землях схематично представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Алгоритм обоснования состава и объемов производства отдельных видов кормов в рамках хозяйствующего субъекта

Сущность процедуры в рамках представленного алгоритма заключается в следующем:

– на основании параметров проекта создания и развития животноводческого комплекса в рамках конкретного хозяйствующего субъекта проводится дифференцированная оценка потребности в сочных кормах, в грубых кормах, в концентрированных кормах. При этом процедура оценки проводится с учетом известных нормативов оптимального соотношения кормов в кормлении отдельных групп животных:

$$Q_i = \sum_j (a_{ij} \cdot N_j \cdot q_j),$$

где a_{ij} – оптимальная доля i -того вида корма для j -той группы животных; – с учетом ресурсных и агротехнологических возможностей конкретного хозяйствующего субъекта проводится оценка ресурсной емкости возделывания отдельных кормовых культур (или смешанных агрофитоценозов) для каждого из видов кормов:

$$C_{ni} = Z_{ni} / Y_{ni},$$

где C_{ni} – себестоимость производства n -ной кормовой культуры i -того вида корма (руб., кДж, относит. ед. и т.д. в зависимости от реализуемых методов оценки себестоимости), Z_{ni} – суммарные затраты ресурсов (в рублевом, энергетическом или иных эквивалентах) на возделывание n -ной кормовой культуры для производства i -того вида корма, Y_{ni} – проектная урожайность n -ной кормовой культуры при орошении, т/га;

– проводится оптимизация культурологического состава и объемов производства отдельных кормовых культур по каждому из видов кормов. Процедура оптимизации может считаться завершенной, если будут выполнены следующие условия:

1) обеспечивается создание кормовой базы с производством расчетного количества килокалорий:

$$Q_i = \sum_n Y_{ni} \cdot S_{op}^n \cdot F_n,$$

где Q_i – расчетный уровень содержания питательных веществ в i -том виде корма в рамках рассматриваемого проекта, корм. ед., S_{op}^n – площадь орошаемых земель, занятых под n -ной кормовой культурой, га, F_n – питательность n -ной кормовой культуры, корм. ед./т;

2) обеспечивается создание кормовой базы с оптимальной структурой распределения питательных веществ в кормлении каждой из выращиваемых групп животных. Это означает подбор культурологического состава и объемов производства каждой кормовой культуры с целью достижения оптимального соотношения белка, углеводов, жиров, клетчатки, минеральных и других веществ при кормлении каждой из рассматриваемых групп животных;

3) соблюдается принцип минимизации затрат ресурсов на производство кормов в рамках проекта конкретного хозяйствующего субъекта:

$$\sum_n \frac{C_{ni} \cdot S_{op}^n}{S_{op}} \rightarrow \min.$$

Общие подходы к оценке возможности создания отдельных видов кормопроизводства в рамках рассматриваемого алгоритма сводятся к следующему (рисунок 3)

– проводится общая оценка ресурсов, инфраструктуры хозяйствующего субъекта с исследованием возможности создания пастбищного кормопроизводства, создания и эксплуатации культурных сенокосов, создания полевого кормопроизводства;

– проводится оценка инвестиционной емкости и окупаемости проектов пастбищного кормопроизводства, проектов создания культурных орошаемых сенокосов, проектов полевого орошаемого кормопроизводства;

– проводится структурная оптимизационная по видам кормопроизводства в рамках хозяйствующего субъекта.

Следующим этапом создания орошаемого кормопроизводства является, собственно, определение параметров проекта в условиях конкретного хозяйствующего субъекта. Исходными данными для этого этапа являются проектно-оцененные объемы потребления кормов с учетом их детального дифференцирования вплоть до отдельных кормовых культур, и проектно-обоснованные возможности структурной оптимизации по видам кормопроизводства. Компромиссное согласование параметров орошаемого кормопроизводства предполагает оптимизацию структуры кормовых угодий и обоснование режимов их использования, оптимизацию агротехнологических комплексов возделывания кормовых культур, проектирование оптимальных режимов орошения, обоснование норм водопотребности, обоснование потребности в дождевальной технике.

Еще одной важнейшей компонентой обобщенного алгоритма создания интенсивного орошаемого кормопроизводства является оценка возможности организации оптимальных режимов кормления сельскохозяйственных животных. Если компромиссные параметры орошаемого кормопроизводства позволяют организовать оптимальные режимы кормления каждой из групп животных, то счет прекращается, а результаты параметризации используются для создания проекта орошаемого кормопроизводства. Если проверка выявила риски не выполнения последнего условия, то производится выработка корректирующих решений и прогон алгоритма повторяется.



Рисунок 3 – Оптимизационный алгоритм оценки возможности создания отдельных видов кормопроизводства в рамках хозяйствующего субъекта

Заключение. Предложен алгоритм, в котором создание кормопроизводства в рамках конкретного хозяйствующего субъекта рассматривается как неотъемлемая часть проектов животноводческих комплексов. В этом смысле все начинается и заканчивается проектированием таких комплексов, с учетом стратегии их развития на перспективу. На этапе оперативного планирования параметров орошаемого кормопроизводства в заданных условиях согласно предлагаемого алгоритма ключевая роль отводится решению двух взаимосвязанных проблем:

- проблемы организации орошаемого кормопроизводства, включая оптимизацию структуры кормовых угодий, определения режима их использования и оптимизации агротехнологических комплексов возделывания кормовых культур;
- проблемы планирования водопользования на стратегическом и тактическом уровнях, включая проектирование оптимальных режимов орошения, определение норм водопотребления по почвенно-климатическим зонам региона, определения потребности в дождевальной технике и разработку оптимальных схем ее использования для организации орошения при различных способах кормопроизводства.

Библиографический список

1. Благова, С.О. Теория организации и системный анализ [Текст]/ С.О. Благова, Ю.В. Фадеева. – Тула: изд-во Тул. гос. пед. ун-та, 2002. – 103 с.
2. Бородычев, В.В. Кормопроизводство в Волгоградской области – проблемы и пути развития [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 1 (33). – С. 39-45.

3. Бородычев, В.В. Комплексы показателей мониторинга работы дождевальной техники в режиме реального времени [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, Е.Э. Головинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 3 (39). – С. 33-37.
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(45). – С. 168-177.
5. Дронова, Т.Н. Возделывание поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях Нижнего Поволжья [Текст]/ Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, С.Ю. Неvezhin // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 6. – С. 18-20.
6. Кружилин, И.П. Продуктивность однолетних кормовых культур на орошаемых землях южного Урала [Текст]/ И.П. Кружилин, А.А. Мушинский, А.П. Несват // Кормопроизводство. – 2008. – № 4. – С. 9-10.
7. Кормовые конвейеры для высокопродуктивного крупного рогатого скота на орошаемых землях юга России [Текст]/ Г.Т. Балакай, С.А. Селицкий, О.В. Егорова, А.И. Литовченко, М. И. Рычкова. – Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2012 – 100 с.
8. Косолапов, В.М. Современное кормопроизводство - основа успешного развития АПК и продовольственной безопасности России [Текст]/ В.М. Косолапов // Земледелие. – 2009. – № 6. – С. 3-5.
9. Косолапов, В.М. Кормопроизводство теория и практика [Текст] / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова. – М.: ВНИИ кормов им В.Р. Вильямса, 2014. – 135 с.
10. Логинов, В.И. Основы алгоритмизации [Текст]/ В.И. Логинов, Л.Н. Шемагина. – Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2010. – 81 с.
11. Ольгаренко, Г.В. Дождевальная техника нового поколения [Текст]/ Г.В. Ольгаренко, В.И. Городничев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 2. – С. 34-36.
12. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4(40). – С. 21-27.
13. Терновых, К. Инновационное кормопроизводство: проблемы и пути решения [Текст]/ К. Терновых, И. Дубовской // АПК: Экономика, управление. – 2008. – № 3. – С. 37-40.
14. Цой, Ю.А. Программируемое кормопроизводство [Текст]/ Ю.А. Цой, И.И. Тесленко, Р.А. Мамедова // Труды международной научно-технической конференции: «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – М.: ВНИИЭСХ, 2010. – Т. 3. – С. 14-20.

Reference

1. Blagova, S. O. Teoriya organizatsii i sistemnyj analiz [Tekst]/ S. O. Blagova, Yu. V. Fadeeva. -- Tula: izd-vo Tul. gos. ped. un-ta, 2002. - 103 s.
2. Borodychev, V. V. Kormoproizvodstvo v Volgogradskoj oblasti - problemy i puti razvitiya [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 1 (33). - S. 39-45.
3. Borodychev, V. V. Kompleksy pokazatelej monitoringa raboty dozhdeval'noj tehniki v rezhime real'nogo vremeni [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, E. Je. Golovinov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. -2015. - № 3 (39). - S. 33-37.
4. Borodychev, V. V. Geopozitsionnyj sintez monitoringovykh dannykh 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(45). - S. 168-177.
5. Dronova, T. N. Vozdelyvanie polividovykh posevov mnogoletnih trav na oroshaemykh zemlyakh Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ T. N. Dronova, N. I. Burceva, S. Yu. Nevezhin // Vestnik rossijskoj sel'sko-hozyajstvennoj nauki. - 2012. - № 6. - S. 18-20.

6. Kruzhilin, I. P. Produktivnost' odnoletnih kormovykh kul'tur na oroshaemykh zemlyakh yuzhnogo Urala [Tekst]/ I. P. Kruzhilin, A. A. Mushinskij, A. P. Nesvat // Kormoproizvodstvo. - 2008. - № 4. - S. 9-10.
7. Kormovye konveyery dlya vysokoproduktivnogo krupnogo rogatogo skota na oroshaemykh zemlyakh yuga Rossii [Tekst]/ G. T. Balakaj, S. A. Selickij, O. V. Egorova, A. I. Litovchenko, M. I. Rychkova. - Novocherkassk: FGBNU "RosNIIPM", 2012 - 100 s.
8. Kosolapov, V. M. Sovremennoe kormoproizvodstvo - osnova uspehnogo razvitiya APK i prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii [Tekst]/ V. M. Kosolapov // Zemledelie. - 2009. - № 6. - S. 3-5.
9. Kosolapov, V. M. Kormoproizvodstvo teoriya i praktika [Tekst] / V. M. Kosolapov, I. A. Trofimov, L. S. Trofimova. - M.: VNII kormov im V. R. Vil'yamsa, 2014. - 135 s.
10. Loginov, V. I. Osnovy algoritimizacii [Tekst]/ V. I. Loginov, L. N. Shemagina. - N. Novgorod : Izd-vo FGOU VPO "VGAVT", 2010. - 81 s.
11. Ol'garenko, G. V. Dozhdeva'naya tehnika novogo pokoleniya [Tekst]/ G. V. Ol'garenko, V. I. Gorodnichev // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2006. - № 2. - S. 34-36.
12. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennykh vychislitel'nykh algoritmov [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 4(40). - S. 21-27.
13. Ternovyh, K. Innovacionnoe kormoproizvodstvo: problemy i puti resheniya [Tekst]/ K. Ternovyh, I. Dubovskoj // APK: Jekonomika, upravlenie. - 2008. - № 3. - S. 37-40.
14. Coj, Yu. A. Programmiruемое kormoproizvodstvo [Tekst]/ Yu. A. Coj, I. I. Teslenko, R. A. Mamedova // Trudy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii: «Jenergoobespechenie i jenergosberezhenie v sel'skom hozyajstve». - M.: VNII}SX, 2010. - T. 3. - S. 14-20.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

УДК 631.67:635.21:631.526

ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

PRODUCTIVITY OF DIFFERENT VARIETIES OF POTATOES DURING DRIP IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

Н.Н. Дубенок¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

Д.А. Болотин^{1,2}, аспирант

А.Г. Болотин² кандидат сельскохозяйственных наук

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

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

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

¹Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow

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

Повышение урожайности и эффективности производства картофеля считается одной из приоритетных задач. Особенно это относится к Нижнему Поволжью, где картофелеводческая отрасль базируется на привозном посадочном материале, что ставит её в большую экономическую и агротехническую зависимость. Поэтому решение данной проблемы связано с необходимостью проведения научных исследований по получению местного оздоровленного посадочного материала. Исследования проводятся в двухфакторном полевом опыте в Волго-Донском междуречье на светло-каштановых почвах. Вегетационный период картофеля в 2015 г. по условиям увлажнения атмосферными осадками характеризуется как среднесухой с обеспеченностью 83 %, а 2016 г. с обеспеченностью 51 % – как близкий к среднесухому. Для поддержания влажности почвы в заданных схемой опытов пределах в 2015 г. потребовалось провести 11-19 поливов, а в 2016 г. – 9-16 поливов нормой 140-210 м³/га. Оросительная норма картофеля при капельном орошении по годам исследований и вариантам опыта изменялась от 1990 до 2760 м³/га, а суммарное водопотребление – от 3001 до 3642 м³/га. Поливная вода в водопотреблении картофеля составляет 66,3...75,8 %.

Атмосферные осадки в эвапотранспирации занимают 10,2...23,4 %, а на долю использованных запасов почвенной влаги приходится 8,3...17,7 %. Продуктивность летних посадок семенного картофеля изменялась от 30,34 до 46,23 т/га клубней. Наибольшей она формировалась на посадках сорта Журавинка в варианте с предположенным порогом влажности почвы 80 % НВ в слое 0,4м, а наименьшая – в варианте с расчётным слоем увлажнения почвы равным 0,6м. на посадках сорта Иван-да-Марья. Наиболее эффективно использовали поливную воду 54,1...59,1 м³/т сорта картофеля Журавинка, Роко и Голубизна.

Increasing the yield and efficiency of potato production is considered one of the priority tasks. This is particularly true of the Lower Volga region, where the potato industry is based on imported planting material, which puts it in great economic and agro-technical dependence. Therefore, the solution of this problem is related to the need to conduct scientific research on obtaining local improved planting material. Studies are conducted in a two-factor field experiment in the Volga-Don interfluvium on light chestnut soils. Vegetation period of potato in 2015. According to the conditions of humidification by atmospheric precipitation is characterized as a medium dry with a supply of 83%, and in 2016 with a supply of 51% - as close to an average long-term one. To maintain the soil moisture in the limits set by the experiment in 2015. It took 11-19 irrigations, and in 2016 - 9-16 irrigations with the norm of 140-210 m³ / ha. The irrigation rate of potatoes during drip irrigation has varied from 1990 to 2760 m³ / ha by years of research and trial options, and total water consumption ranges from 3001 to 3642 m³ / ha. Irrigation water in potato water consumption is 66.3 ... 75.8%. Atmospheric precipitation in evapotranspiration occupies 10.2 ... 23.4%, and the share of used soil moisture reserves is 8.3 ... 17.7%. The productivity of summer planting of seed potatoes varied from 30.34 to 46.23 t / ha of tubers. The largest one was formed in the plantings of the Zhuravinka variety in the variant with a predetermined soil humidity threshold of 80% HB in the 0.4 m layer, and the smallest in the variant with a calculated layer of soil moistening equal to 0.6 m. On plantings of the variety Ivan-da-Marya. Most efficiently used irrigation water 54.1 ... 59.1 m³ / t potato varieties Zhuravinka, Roco and Golubichna.

Ключевые слова: картофель, сорта, капельное орошение, водный режим почвы, норма полива, водопотребление, урожайность.

Key words: potato, varieties, drip irrigation, soil water regime, irrigation rates, water consumption, productivity.

Введение. Картофель в Российской Федерации является одним из наиболее востребованных продуктов питания и по праву считается «вторым хлебом». По объемам производства картофеля Россия занимает лидирующие позиции в мире. Однако, продуктивность картофельных посадок, особенно в Нижнем Поволжье, в 2-3 раза ниже, чем в развитых странах ЕС и США [13]. Это связано с тем, что около 90 % всего производимого картофеля приходится здесь на малые формы хозяйствования, а отрасль базируется на привозном посадочном материале, так как регион по метеорологическим условиям относится к неблагоприятной зоне получения оздоровленного семенного картофеля. В связи с этим, сельхозпроизводители картофеля редко обновляют семенной фонд и в качестве посадочного материала используют картофель местных весенних репродукций, который из-за вырождения хозяйственно-ценных признаков приводит к снижению урожая на 30-50 % и более. Проблема обеспечения сельхозпроизводителей картофеля качественным посадочным материалом отечественной селекции очень актуальна и требует скорейшего решения. Важнейшим фактором увеличения объемов и повышения эффективности производства картофеля в регионе является внедрение новых сортов, имеющих преимущество перед ранее созданными по продуктивности, пластичности, комплексной устойчивости к болезням, привлекательности и сохранности клубней. Кроме того, необходимы технологии возделывания и орошения, направленные на получение семенного материала, который в течение длительного времени может оставаться здоровым и сохранять высокий потенциал продуктивности.

Цель исследований состоит в разработке водо- и энергосберегающих режимов капельного орошения летних посадок различных сортов картофеля, обеспечивающих получение оздоровленных клубней, соответствующих семенным стандартам и конкурентоспособных по отношению к завозному посадочному материалу.

Материалы и методы. Объектом исследований служат посадки картофеля различных сортов отечественной и зарубежной селекции на капельном орошении, а предметом исследований – закономерности формирования водного режима почвы, водопотребления, продуктивности и качества семенного материала.

Исследования по разработке основных показателей оптимизации режимов капельного орошения, закономерностей водопотребления и продукционных процессов различных сортов картофеля на фоне внесения минеральных удобрений, рассчитанных на получение 40 т/га клубней, проводятся в двухфакторном полевом опыте по следующей схеме:

Фактор А (водный режим почвы).

Вариант 1. Проведение вегетационных поливов при снижении влажности почвы до 80 % наименьшей влагоёмкости (НВ) в расчётном слое 0,6 метра.

Вариант 2. Проведение вегетационных поливов при снижении влажности почвы до 80 % НВ в расчётном слое 0,4 метра.

Вариант 3. Проведение вегетационных поливов при снижении влажности почвы до 80 % НВ и дифференциации расчётного слоя от посадки до бутонизации 0,4 м, а в остальной период вегетации – 0,6 м.

Вариант 4. Без орошения (контроль).

Фактор В (сортовой состав).

Вариант 1. Сорт Роко

Вариант 2. Сорт Иван-да-Марья

Вариант 3. Сорт Невский

Вариант 4. Сорт Голубизна

Вариант 5. Сорт Журавинка

Опыт проводится методом расщеплённых делянок при одноярусном рендомизированном расположении вариантов режимов капельного орошения и систематическом по сортам. Повторность опыта трехкратная. Площадь делянки по водному режиму почвы составляет 1050 м², а по сортам – 210 м². Площадь учётной делянки 100 м². Полевые опыты сопровождались наблюдениями, учётами и измерениями, выполненными при соблюдении требований «Методики опытного дела» Б.А. Доспехов [2], ФГБНУ Всероссийского НИИ орошаемого земледелия [7], ФГБНУ Всероссийского НИИ картофельного хозяйства [4] и других.

Поливы назначались при снижении влажности почвы в соответствии с вариантами схемы опытов. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом по А.А. Роде [11], а также почвенным влагомером «AQUATERR M-300» на динамических площадках в трёхкратной повторности.

Поливные нормы рассчитывались по формуле А.Н. Костякова [5] в модификации И.П. Кружилина [12], а суммарное водопотребление картофеля – методом водного баланса.

Полевые эксперименты проводятся в южной части Волго-Донского междуречья на орошаемом опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ. Почвы участка светло-каштановые с содержанием гумуса 1,74...1,91 %. Они содержат небольшие запасы легкогидролизуемого азота, которые по слоям изменяются от 23,4 до 2 мг на 1,0 кг почвы. Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) в пахотном слое изменяется в пределах 25...44 мг на 1,0 кг почвы и характеризуется как среднее, а по содержанию подвижных форм калия ($K_2O = 224...330$ мг/кг) – как повышенное. Водородный показатель водной вытяжки расчётного слоя почвы изменяется в пределах 7,1...7,4, что свидетельствует о нейтральной среде.

Вниз по профилю, в соответствии с ухудшением структуры почвы, увеличивается плотность и уменьшается порозность. Для принятых расчётных слоёв увлажнения почвы 0,4 и 0,6 м плотность составляет 1,28 и 1,33 т/м³, а для метрового слоя – 1,40 т/м³. Порозность этих слоёв почвы уменьшается соответственно от 50,6 до 49,2 и 47,1 %. Наименьшая влагоёмкость метрового слоя составляет 20,0, а расчётных – 23,4 и 22,3 % массы сухой почвы.

Выращивание картофеля осуществлялось с использованием гребневой технологии, разработанной во Всероссийском НИИ орошаемого земледелия и других НИУ региона [10,8,14]. При этом основная обработка почвы складывалась из послеуборочного лущения стерни предшественника, внесения фосфорно-калийных удобрений и отвальной вспашки на глубину 0,25...0,27 м. Весной по мере готовности почвы проводили покровное боронование в два следа бороной БЗСС-1. До посадки картофеля (20 июня) в целях уничтожения сорняков дважды проводили культивацию (КПС-4) на глубину 0,05...0,06 м. Перед посадкой вносили азотные удобрения и обрабатывали почву доминатором «Румпстад» с формированием гребней фрезерным культиватором RF-4.

Посадку осуществляли пророщенными клубнями в соответствии со схемой опытов картофелесажалкой СН-4Б с одновременной обработкой их инсектофунгицидом. После посадки для получения дружных всходов картофеля проводили капельный полив нормой 100 м³/га.

Первую междурядную обработку проводили пропашной фрезой по единичным всходам картофеля, при этом формировался гребень высотой 0,25 м, а сорняки засыпались почвой. По всходам до достижения растениями высоты 0,1 м посадки картофеля обрабатывали гербицидом Зенкор. Дважды за вегетацию, при появлении личинок колорадского жука, растения картофеля обрабатывали инсектицидом Регент. Вторая обработка в целях предупреждения появления фитофторы проводилась совместно с фунгицидом Ридомил голд. За семь дней до уборки осуществляли скашивание и измельчение ботвы (КИР-1,5). Уборку клубней картофеля проводили в конце сентября картофелекопателем КТН-2.

Результаты и обсуждение. Распределение атмосферных осадков, показателей среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха в период вегетации летних посадок картофеля по годам исследований характеризовалось по метеорологической станции Волгоградского ГАУ (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика метеорологических условий

Показатель	Месяц						За период	
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX	VI-IX
Температура воздуха, °С:								
-2015 г.	9,9	17,4	24,7	25,2	21,3	20,7	19,9	22,9
-2016 г.	11,9	17,1	22,6	25,3	26,2	15,4	19,8	22,4
-среднегодовья	10,0	17,0	21,0	23,4	22,0	16,2	18,3	20,6
Относительная влажность воздуха, %:								
-2015 г.	53	54	40	38	31	42	45,7	37,8
-2016 г.	60	64	48	47	40	56	52,5	47,8
-среднегодовья	60	53	53	51	51	57	54,2	53,0
Атмосферные осадки, мм:								
-2015 г.	32,9	36,8	15,5	15,0	2,1	21,2	123,5	53,2
-2016 г.	24,8	89,7	51,7	30,6	10,6	41,6	240,0	134,5
-среднегодовья	23,0	33,0	36,0	33,0	32,0	25,0	181,0	125,0

В целом, за период июнь-сентябрь среднесуточная температура воздуха в 2015 г. составила 22,9 °С, а в 2016 г. – 22,4 °С, что на 2,3 и 1,80 С выше среднееголетних значений. Значения относительной влажности воздуха за этот период по годам исследований были на 15,2 и 5,2 % ниже среднееголетних. Атмосферных осадков в 2015 г. выпало 42,6 %, а в 2016 г. – 107,6 % нормы. Наиболее благоприятные условия для роста и развития картофеля сложились в 2015 г., так как в период цветения – формирования клубней среднемесячные значения температур воздуха (20,7-21,3 °С) находились в оптимальных пределах

Территория проведения исследований по условиям влаго- и теплообеспеченности по методике Д.И. Шашко [15] относится к полусухой зоне незначительно увлажнения с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 0,5-0,6 и показателем естественного увлажнения 0,10-0,15. По результатам наших исследований месячные значения ГТК в 2015 г. за период июнь-сентябрь изменялись от 0,03 до 0,34, а в 2016 г. – от 0,13 до 0,90 соответственно (таблица 2, рисунок 1).

Таблица 2 – Гидротермические коэффициенты территории проведения полевого опыта

Период	2015 г.	2016 г.	Средний за 2015-2016 гг.	Среднееголетний
Июнь	0,21	0,76	0,48	0,57
Июль	0,19	0,39	0,29	0,45
Август	0,03	0,13	0,08	0,47
Сентябрь	0,34	0,90	0,62	0,51
Средний	0,19	0,49	0,34	0,50

В среднем гидротермический коэффициент за этот период по годам исследований изменялся от 0,19 до 0,49, а в среднем за 2 года составил 0,34, что на 32 % меньше, чем его среднееголетнее значение. В 2015 году территория проведения полевых экспериментов по гидротермическому коэффициенту характеризуется как сухая зона, а в 2016 году – как крайне-засушливая зона, так как значение ГТК, находится в пределах 0,4-0,7. Полученные в результате исследований значения ГТК в соответствии с И.П. Кружилин [6] относят данную территорию к зоне обязательного орошения.

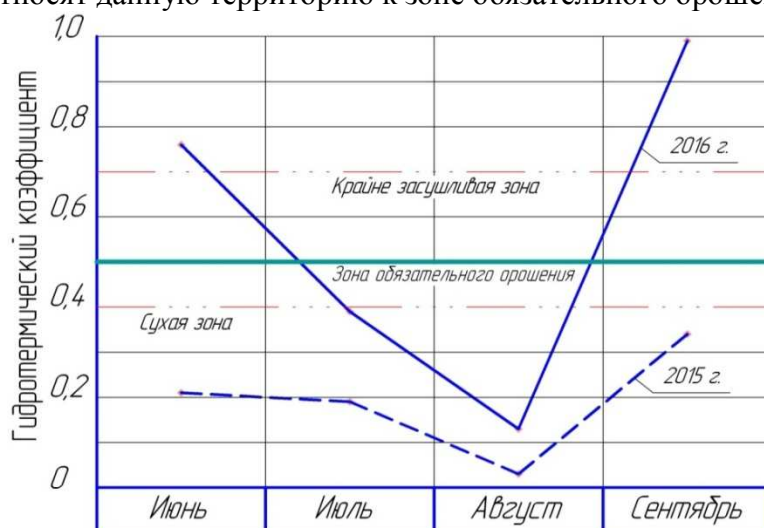


Рисунок 1 – Изменчивость гидротермического коэффициента в течение вегетации картофеля по годам исследований

По условиям увлажнения атмосферными осадками ($\Sigma P=53,2$ мм) вегетационного периода картофеля, расположенного в сухой зоне, 2015 год характеризуется как среднесухой год с обеспеченностью 83 %, а 2016 год ($\Sigma P=97,2$ мм) с обеспеченностью 51 %, как год, близкий к среднееголетнему (рисунок 2).

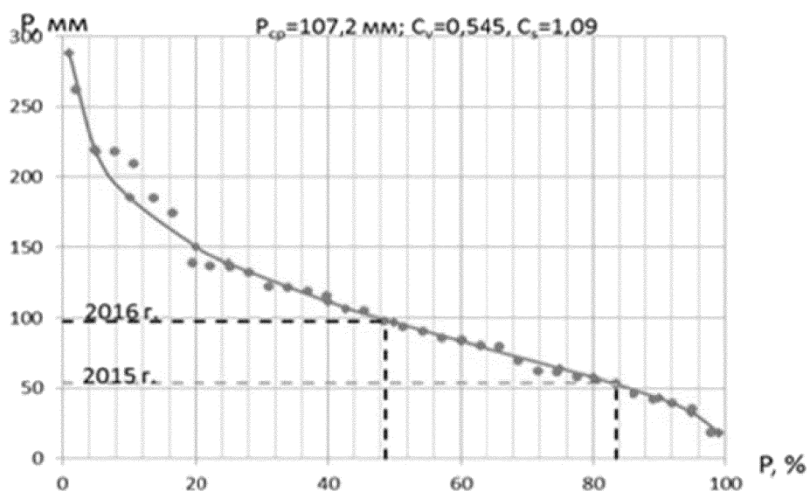


Рисунок 2 – Обеспеченность летних посадок картофеля атмосферными осадками

Формирование водного режима почвы в течение вегетации картофеля осуществлялось в соответствии с водно-физическими свойствами ее, метеорологическими условиями и проведением поливов по вариантам согласно схеме опытов. Для поддержания влажности почвы в заданных пределах по первому варианту (80 % НВ, $h=0,6$ м) потребовалось в 2015 году провести 11 поливов, а в 2016 г. – 9 поливов нормой $210 \text{ м}^3/\text{га}$ каждый. При этом оросительная норма картофеля с учетом полива для получения дружных всходов составила 2410 и $1990 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно. Уменьшение расчетного слоя увлажнения почвы до $0,4$ м (2 вариант: 80 % НВ, $h=0,4$ м) в эти годы сопровождалась увеличением количества поливов соответственно до 19 и 16 поливной нормой $140 \text{ м}^3/\text{га}$ каждый, а оросительная норма при этом изменялась от 2760 до $2340 \text{ м}^3/\text{га}$. В варианте с дифференцированным в течение вегетации расчетным слоем увлажнения почвы $0,4$ и $0,6$ м для поддержания влажности в пределах 80...100 % НВ было осуществлено 14 и 11 поливов с оросительной нормой 2550 и $2060 \text{ м}^3/\text{га}$, а в среднем за годы исследований – $2305 \text{ м}^3/\text{га}$ (таблица 3).

Таблица 3 – Суммарное водопотребление летних посадок картофеля
(среднее за 2015-2016 гг.)

№ п/п	Вариант водного режима почвы	Оросительная норма		Использовано				Водопотребление
				влаги от осадков		почвенной влаги		
		м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%	
1	80 % НВ, h=0,6м	2200	69,0	536	16,8	453	14,2	3189
2	80 % НВ, h=0,4м	2550	73,3	536	15,4	392	11,3	3478
3	80 % НВ, h=0,4-0,6м	2305	70,4	536	16,4	433	13,2	3274

Суммарное водопотребление летних посадок картофеля при капельном орошении по годам исследований в зависимости от водного режима почв изменялась в пределах $3001...3642 \text{ м}^3/\text{га}$. Максимальными его значения ($3315...3642 \text{ м}^3/\text{га}$) по годам исследований были в варианте с предполивной влажностью 80 % НВ в расчетном слое почвы равном $0,4$ м, а в среднем составило $3478 \text{ м}^3/\text{га}$. Увеличение расчетного слоя увлажнения почвы до $0,6$ м сопровождалось снижением водопотребления картофеля в среднем до $3189 \text{ м}^3/\text{га}$, а по годам исследований – до $3001...3378 \text{ м}^3/\text{га}$. В варианте с дифференцированным расчетным слоем увлажнения суммарное водопотребление картофеля по годам исследований изменялось от 3109 до $3440 \text{ м}^3/\text{га}$, а в среднем – $3274 \text{ м}^3/\text{га}$. Оросительная вода в суммарном водопотреблении картофеля летних посадок составляет 69,0...73,3 %. Доля атмосферных осадков в суммарном водопотреблении занимает 15,4...16,8 %, а на долю использованных запасов почвенной влаги приходится 11,3...14,2 %.

Анализ опубликованного в литературе материала, а также результаты наших исследований по режимам орошения картофеля показали, что оптимальный порог влажности и расчетный слой увлажнения почвы в каждом конкретном случае определяется рядом факторов. К важнейшим из них относят гранулометрический состав почвы, погодные условия, биологические особенности культуры, уровень агротехники и др. [1,3,16,9]. В наших исследованиях по водному режиму светло-каштановых почв продуктивность летних посадок картофеля по годам исследований изменялась от 30,34 до 46,23 т/га, а в среднем – от 31,22 до 44,72 т/га. Наибольшая продуктивность изучаемых сортов картофеля (36,90...44,72 т/га) формировалась при поддержании предполивной влажности 80 % НВ в слое 0,4 м, а наименьшая (31,22...36,68 т/га) – в варианте с расчетным слоем увлажнения почвы равным 0,6м. В варианте с дифференциацией увлажняемого слоя (0,4-0,6 м) почвы в течение вегетации продуктивность посадок картофеля изменялась от 33,49 до 40,26 т/га (рисунок 3).

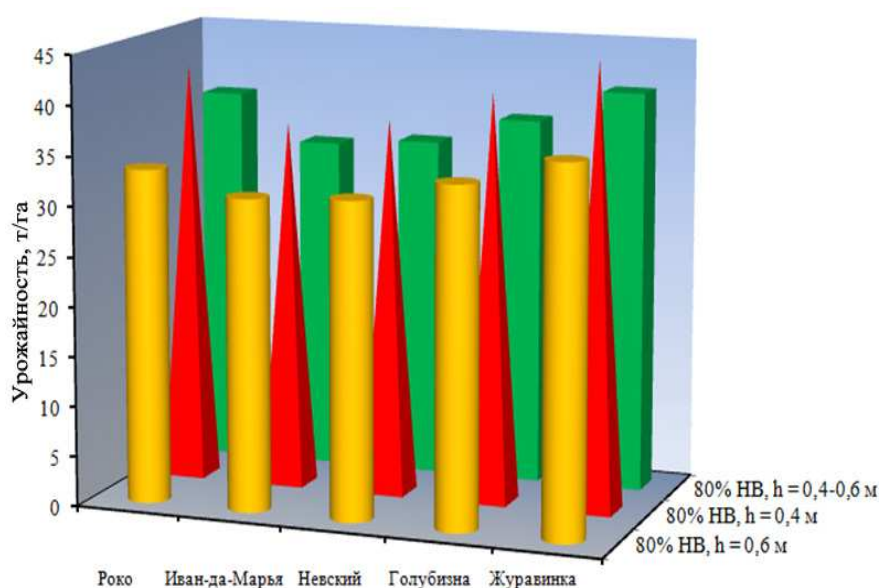


Рисунок 3 – Урожайность клубней различных сортов картофеля

Примечание: НСР₀₅: для 2015г. – 2,37 т/га, 2016г. – 2,71 т/га

Продуктивность посадок картофеля сорта Журавинка белорусской селекции в наших исследованиях была наибольшей и в зависимости от изучаемых вариантов водного режима почвы изменялась от 36,68 до 44,72 т/га. По продуктивности этот сорт отличался достоверной прибавкой по отношению к остальным сортам, так как разница в урожайности клубней выше, чем значения наименьшей существенной разницы при 0,5 % уровне значимости (НСР₀₅). Продуктивность посадок картофеля сорта Голубизна отечественной селекции и сорта Роко голландской селекции изменялась в пределах 33,93...41,03 т/га и 33,46...42,22 т/га соответственно. Прибавка в урожайности клубней картофеля между этими сортами незначительная, так как она меньше значения НСР₀₅, а по отношению к сортам Невский и Иван-да-Марья отечественной и голландской селекции – существенна. Посадки картофеля последних сортов отличались наименьшей продуктивностью и в зависимости от изучаемых вариантов водного режима почвы изменялись от 31,22 до 37,83 т/га. Прибавка урожайности клубней картофеля между этими сортами незначительная, так как она находится в пределах ошибки опыта.

Эффективность режима орошения любой сельскохозяйственной культуры, в том числе и картофеля, определяется не только величиной получаемого урожая, но и затратами воды на формирование единицы товарной продукции. В наших исследованиях ко-

эфициенты водопотребления картофеля в зависимости от изучаемых факторов изменялись от 77,8 до 102,1 м³/т, а затраты оросительной воды на образование одной тонны клубней картофеля – от 54,1 до 65,6 м³/т (таблица 4).

Таблица 4 – Эффективность орошения летних посадок картофеля, м³/т

Сорт картофеля	Варианты водного режима почвы		
	80% НВ, h=0,6м	80% НВ, h=0,4м	80% НВ, h=0,4-0,6м
Коэффициент водопотребления			
Роко	95,2	82,4	84,0
Иван-да-Марья	102,1	94,2	94,8
Невский	100,5	91,9	93,6
Голубизна	94,0	84,8	86,8
Журавинка	86,9	77,8	79,5
Затраты оросительной воды			
Роко	61,8	57,3	57,5
Иван-да-Марья	64,0	64,4	63,9
Невский	65,6	64,0	64,1
Голубизна	60,9	59,1	59,2
Журавинка	56,2	54,1	54,3

Максимальные значения коэффициентов водопотребления изучаемых сортов картофеля (86,9...102,1 м³/т) получены в варианте с предполивной влажностью почвы 80 % НВ в слое 0,6 м, а наименьшие (77,8...94,2 м³/т) – в варианте с расчетным слоем увлажнения почвы равным 0,4 м, которые незначительно отличаются от варианта с дифференцированным в течение вегетации слоем увлажнения. Наиболее эффективно использовали поливную воду картофель сорта Журавинка и Роко, у которых на формирование одной тонны клубней было затрачено 54,1-56,2 и 57,3-61,8 м³ соответственно. Наибольшие затраты оросительной воды 64,0-65,6 м³ на образование 1 тонны продукции сложились по сорту Невский.

Вывод. Территория проведения исследований по ГТК характеризуется как сухая и крайне засушливая зона.

Для поддержания заданных схемой опытов водных режимов почвы в среднесушом 2015 г., потребовалось провести 11-19 поливов, а в 2016 г. – близким к среднесушом – 9-16 поливов нормой 140 и 210 м³/га каждый. При этом оросительная норма картофеля по вариантам водного режима почвы изменялась от 1990 до 2760 м³/га.

Суммарное водопотребление картофеля по годам исследований в зависимости от изучаемых водных режимов почвы изменялось от 3001 до 3642 м³/га. В структуре водопотребления оросительная вода занимает 66,3...75,8 %. На долю атмосферных осадков приходится 10,2...23,4 %, а на использование запасов почвенной влаги – 8,3...17,7 %.

Максимальная продуктивность посадок картофеля в среднем за годы исследований получена по сорту Журавинка (36,68...44,72 т/га). Сорта картофеля Невский и Иван-да-Марья отличались наименьшей урожайностью клубней от 31,22 до 37,83 т/га.

Библиографический список

1. Бородычев, В.В. Обоснование режима увлажнения почвы при капельном орошении картофеля в аридной зоне [Текст] / В.В. Бородычев, А.В. Шуравилин, Ю.И. Сухарев // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия. Агрономия и животноводство. – 2013. – № 3. – С. 45-52.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
3. Дубенок, Н.Н. Водопотребление и продуктивность раннего картофеля при спринклерном орошении [Текст] / Н.Н. Дубенок, Р.А. Чечко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 15-18.

4. Коршунов, А.В. Многофакторные опыты по картофелю (планирование, анализ) [Текст] / А.В. Коршунов. М.: ВНИИКС, 2002. – 100 с.
5. Костяков, А.Н. Основы мелиораций [Текст] / А.Н. Костяков. М.: Сельхозгиз, 1960. – 621 с.
6. Кружилин, И.П. Агромелиоративная оценка влагообеспеченности территории Нижнего Поволжья [Текст] / И.П. Кружилин. Волгоград, 1976. – 65с.
7. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст] / Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. – 149 с.
8. Навитная, А.А. Особенности выращивания картофеля в Волгоградской области [Текст] / А.А. Навитная // Научные основы технологического обеспечения орошаемого земледелия в современных агроэкологических условиях: сборник научных трудов. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2002. – С.184-194.
9. Овчинников, А.С. Режимы капельного орошения и водопотребления картофеля на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья [Текст] / А.С. Овчинников, Р.А. Филимонов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2008. С. 58-63.
10. Перспективное направление возделывания картофеля на юге Российской Федерации [Текст] / И.А. Дергачева, В.М. Гуренко, В.В. Бородычев и др. // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. М.: ФГБНУ ВНИИГиМ, 2014. – С. 49-54.
11. Роде, А.А. Методы изучения водного режима почв [Текст] / А.А. Роде. – М.: АН СССР, 1960. – 244 с.
12. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов [Текст] : патент № 2204241, 20.05.2003. / И.П. Кружилин, Е.А. Ходяков, Ю.И. Кружилин, А.М. Салдаев, А.В. Галда.
13. Тульчев, В.В. Картофелепродуктовый подкомплекс России: проблемы и перспективы экономического развития [Текст] / В.В. Тульчев. М.: ГУП «Агропрогресс», 2001. – 248 с.
14. Тютюма Н.В. Особенности возделывания картофеля в аридных условиях Нижнего Поволжья [Текст] / Н.В. Тютюма, Н.А. Щербакова // Научно-агрономический журнал. – 2012. – №2. – С.38-42.
15. Шашко, Д.М. Агроклиматическое районирование СССР [Текст] / Д.И. Шашко. М.: Колос, 1967. – 334 с.
16. Эффективность возделывания картофеля при орошении в степной зоне Урала [Текст] / И.П. Кружилин, Н.Н. Дубенок, А.А. Мушинский и др. // Доклады РАСХН. – 2015. – № 2. – С. 23-26.

Reference

1. Borodychjov, V. V. Obosnovanie rezhima uvlazhneniya pochvy pri kapel'nom oroshenii kartofelya v aridnoj zone [Tekst] / V. V. Borodychev, A. V. Shuravilin, Yu. I. Suharev // Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya. Agronomiya i zhivotnovodstvo. - 2013. - № 3. - S. 45-52.
2. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] / B. A. Dospehov. - M.: Kolos, 1985. - 351 s.
3. Dubenok, N. N. Vodopotreblenie i produktivnost' rannego kartofelya pri sprinklernom oroshenii [Tekst] / N. N. Dubenok, R. A. Chechko // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2015. - № 1. - S. 15-18.
4. Korshunov, A. V. Mnogofaktornye opyty po kartofelyu (planirovanie, analiz) [Tekst] / A. V. Korshunov. M.: VNIKH, 2002. - 100 s.
5. Kostyakov, A. N. Osnovy melioracij [Tekst] / A. N. Kostyakov. M.: Sel'hozgiz, 1960. - 621 s.
6. Kruzhilin, I. P. Agromeliorativnaya ocenka vlagoobespechennosti territorii Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / I. P. Kruzhilin. Volgograd, 1976. - 65s.
7. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Tekst] / Volgograd: VNIIOZ, 1983. - 149 s.
8. Navitnyaya, A. A. Osobennosti vyrashchivaniya kartofelya v Volgogradskoj oblasti [Tekst] / A. A. Navitnyaya // Nauchnye osnovy tehnologicheskogo obespecheniya oroshaemogo zemledeliya v sovremennyh agrojekologicheskikh usloviyah: sbornik nauchnyh trudov. - Volgograd: VNIIOZ, 2002. - S.184-194.

9. Ovchinnikov, A. S. Rezhimy kapel'nogo orosheniya i vodonotrebleniya kartofelya na svetlo-kashtanovykh pochvah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya [Tekst] / A. S. Ovchinnikov, R. A. Filimonov // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2008. S. 58-63.

10. Perspektivnoe napravlenie vozdel'yvaniya kartofelya na yuge Rossijskoj Federacii [Tekst] / I. A. Dergacheva, V. M. Gurenko, V. V. Borodychev i dr. // Kompleksnye melioracii - sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skohozyajstvennykh zemel'. M.: FGBNU VNIIGiM, 2014. - S. 49-54.

11. Rode, A. A. Metody izucheniya vodnogo rezhima pochv [Tekst] / A. A. Rode. - M.: AN SSSR, 1960. - 244 s.

12. Sposob opredeleniya polivnykh norm pri kapel'nom oroshenii tomatov [Tekst] : patent № 2204241, 20.05.2003. / I. P. Kruzhilin, E. A. Hodyakov, Yu. I. Kruzhilin, A. M. Saldaev, A. V. Galda.

13. Tul'cheev, V. V. Kartofeleproduktovyy podkompleks Rossii: problemy i perspektivy jekonomicheskogo razvitiya [Tekst] / V. V. Tul'cheev. M.: GUP "Agroprogress", 2001. - 248 s.

14. Tyutyuma N. V. Osobennosti vozdel'yvaniya kartofelya v aridnykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / N. V. Tyutyuma, N. A. Scherbakova // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. - 2012. - №2. - S.38-42.

15. Shashko, D. M. Agroklimaticheskoe rajonirovanie SSSR [Tekst] / D. I. Shashko. M.: Kolos, 1967. - 334s.

16. Jefferektivnost' vozdel'yvaniya kartofelya pri oroshenii v stepnoj zone Urala [Tekst] / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, A. A. Mushinskij i dr. // Doklady RASXN. - 2015. - № 2. - S. 23-26.

E-mail: vnioz@yandex.ru

УДК 631.4:631.617

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ГЛОБАЛЬНОГО ПЕРЕНОСА МИНЕРАЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА

METHODS OF RESEARCH GLOBAL TRANSPORT MINERAL SUBSTANCE

К.Н. Кулик, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

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

А.Н. Сажин, доктор географических наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»*

K. N. Kulik, A. S. Rulev, A. N. Sazhin

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

Современная степная зона Евразии является активной ареной выдувания минерального вещества с подстилающей поверхности и включения его в глобальный процесс обмена вещества и энергии. Распаханные и используемые в сельскохозяйственном производстве почвы степной зоны ежегодно теряют десятки тонн мелкозема с каждого гектара, что снижает природное плодородие земель и ускоряет общую деградацию степных экосистем. Особенно интенсивно выдувание происходит при блокирующих процессах, когда над юго-востоком Европы устанавливается мощный антициклон. В данной статье мы рассматриваем методы исследований глобального переноса минерального вещества. Проводились теоретические и прикладные исследования по широкой программе, включающей в себя общенаучные (анализ, синтез), сравнительно-географические, геоморфологические, климатические, математико-статистические методы, физико-химические методы анализа свойств почв, полевые стационарные и полевые натурные маршрутные исследования дефляции почв, методы физического и математического моделирования, аэрокосмические методы. Исследования современных эоловых процессов весьма актуальны, так как связаны с пространственной межгеосферной миграцией вещества и аккумуляцией его на подстилающей поверхности. Знание этих процессов позволит создавать математические модели прогноза таких катастрофических явлений как пыльные бури.

The modern steppe zone of Eurasia is an active arena of mineral substance eolation from the littering surface and its inclusion into the global process of exchange of substance and energy. The loss of fine earth by arable agricultural soils of steppe zone amounts to dozens of tons per hectare yearly that results in decrease in natural soil fertility and acceleration of total degradation of steppe ecosystems. The erosion of soil by wind is the most intensive when blocking processes occur as a result of strong anticyclone activity over south-east of Europe. This paper considers the methods of research on global transport of mineral substance. The theoretical and applied research according to the large program, including general scientific (analysis, synthesis), comparative geographical, geomorphological, climatic, mathematical and statistical methods; physical and chemical methods of analysis of soil properties, field stationary and field observation research on soil deflation, methods of physical and mathematical modeling, methods of remote sensing, was developed. The research on current eolian processes is very urgent due to their connection with the spatial intergeospheric transport of the substance and its accumulation on the littering surface. The knowledge of said processes would allow development of the mathematical models for the prognosis of such catastrophic phenomenon as dust storm events.

Ключевые слова: глобальный перенос, ветровая эрозия, пыльные бури, экзоморфогенез, энергия ветра, межгеосферная миграция в аккумуляция, вещества, эоловые морфодинамические системы.

Key words: global migration, wind erosion, dust storm, exomorphogenesis, wind energy, inter-geospheric migration of substance, accumulation, aeolian morphodynamic systems.

Введение. Степи Евразии расположены в южной половине умеренного пояса, на территории Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин, в пределах внутриконтинентального сектора огромного материка и протянулись от Прикарпатья и Балкан на западе до Алтае-Саянской горной страны на востоке и далее, на отдельных межгорных долинах Забайкалья и Приамурья.

Современная ветровая эрозия на распаханых сельскохозяйственных землях степной зоны Евразии с семиаридным (засушливым) климатом проявляется в различной форме: в виде пыльных бурь, позёмок, пылевых шквалов, в переносе мелкозема со снегом в зимнее время. Пыльные бури являются наиболее активным фактором современного экзоморфогенеза в степной зоне, поэтому по их географическому распространению и повторяемости можно судить об интенсивности этого процесса.

В степях Восточно-Европейской равнины ежегодно отмечается от 2 до 26 дней с пыльной бурей. Чаще всего пыльные бури бывают в Заволжье, на Черных землях Калмыкии, на восточных склонах Ставропольской возвышенности, на старопахотных землях Сальских степей и равнин низовий Дона (10-15 дней).

В Западной Сибири и Северном Казахстане ежегодная повторяемость пыльных бурь примерно такая же, как и в европейских степях (1-34 дня). Возникновение пыльных бурь наиболее вероятно на легких по гранулометрическому составу каштановых почвах Кулундинской степи, на южных карбонатных черноземах равнин Прииртышья и Кокчетавской возвышенности, на обыкновенных черноземах Алейской степи. Здесь ежегодно отмечается 15-20 дней с пыльной бурей. В режиме проявления пыльных бурь в обоих регионах выявлены существенные особенности, обусловленные природно-климатическими различиями. Образование очень сильных пыльных бурь со значительным территориальным распространением на уровне зонального процесса в степях Восточной Европы связано с устойчивыми процессами блокирования: над Средним Поволжьем, Южным Уралом и Западным Казахстаном устанавливался мощный антициклон, нарушающий западный перенос воздушных масс и сокращающий свое положение в течение нескольких синоптических периодов, в иные годы до 1-1,5 месяцев. При таких процессах скорость восточного ветра достигает штормовой и ураганной силы – от 18-23 до 29-34 м/с и более и происходит интенсивное разрушение и выдувание почвенного покрова.

Основным отличием в климатической обусловленности ветровой эрозии в разных регионах степной зоны Евразии является неодинаковая вероятность возникновения длительных периодов с сильным ветром и значительной динамической нагрузкой на подстилающую поверхность. Это положение подтверждает расчет энергии воздушного потока, воздействующего на подстилающую поверхность в дефляционноопасный период (апрель – июнь).

Материалы и методы. Исследования включали следующие направления:

- изучение сравнительно-географическим методом природно-антропогенных условий возникновения дефляции в степях Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин;
- выявление региональных климатических характеристик в режиме пыльных бурь как современном экзодинамическом процессе;
- исследование пространственно-временного распределения разрушающей энергии воздушного потока при блокирующих процессах и ее воздействия на интенсивность эоловых процессов;
- изучение противодефляционной устойчивости зональных почв в зависимости от их физико-химических свойств;
- определение скорости современной дефляции и годовых потерь почвы от выдувания при пыльных бурях;
- выявление в пределах степной зоны Евразии районов наиболее вероятного выноса минерального вещества и включения его в глобальный энергомассообмен.

Для реализации поставленных задач проводились теоретические и прикладные исследования по широкой программе, включающей в себя общенаучные (анализ, синтез), сравнительно-географические, геоморфологические, климатические, математико-статистические методы, физико-химические методы анализа свойств почв, полевые стационарные и полевые натурные маршрутные исследования дефляции почвы, методы физического и математического моделирования, аэрокосмические методы.

Результаты и обсуждение. *Методы обработки метеорологических наблюдений за пыльными бурями.* По разработанной программе был собран и систематизирован материал наблюдений за пыльными бурями по сети метеорологических станций Западной Сибири, Северного Казахстана, Нижнего Поволжья и Северного Кавказа за весь период наблюдений, начиная с 40-х годов прошлого столетия. По каждому метеорологическому элементу, характеризующему пыльную бурю, рассчитывались средние и вероятностные показатели с определенной обеспеченностью. Методами регрессионного и корреляционного анализа изучались зависимости: между числом дней с пыльной бурей и их продолжительностью; между повторяемостью критической скорости ветра и числом дней с пыльной бурей; между числом дней с сильным ветром и числом дней с пыльной бурей и др. [7, 10, 11].

Оценка надежности и точности полученных величин производилась с помощью методов математической статистики: определялось среднее многолетнее число дней с пыльной бурей, а для характеристики изменчивости явления рассчитывались стандартные отклонение и коэффициенты вариации.

Наряду с данными о средних многолетних величинах, необходимо знать вероятность, или обеспеченность, различных метеорологических показателей при пыльной буре, например, скорость ветра обеспеченностью 20 %. Эти данные более полно раскрывают динамику явления и позволяют оценить надежность средних величин исследуемых элементов [13, 14].

Скорость ветра определялась графическим методом на основе расчета вероятности повторения определенной градации скорости во всем диапазоне исследуемой выборки.

Интенсивность современных ветроэрозионных процессов зависит от скорости ветра и продолжительности его воздействия на подстилающую поверхность. Совместное воздействие этих показателей было реализовано методом расчета энергии движущегося тела E по уравнению:

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где m – масса воздуха, кг; v – скорость ветра, м/с.

Разрушающая энергия воздушного потока E_p будет соответствовать разности энергий при заданной скорости E и критической скорости $E_{кр}$. При определении разрушающей энергии важная роль отводится величине t – времени воздействия ветра разной скорости или различных градаций на подстилающую поверхность. При восьмисрочных суточных наблюдениях на метеостанциях эту величину можно определить как произведение $t = 3ч \cdot n$, где $3ч$ – время между сроками наблюдений, n – число случаев данной градации ветра.

Величина t показывает общую продолжительность ветра разных скоростей за определенный период времени, например, за месяц.

По данной методике была определена разрушающая энергия воздушного потока для различных районов Нижнего Поволжья, Северного Кавказа и Западной Сибири за 20-летний период (1966-1985 гг.) для времени наиболее вероятного проявления ветроэрозионных процессов (апрель – июнь), что принималось за климатическую норму и для периода с катастрофическим проявлением пыльных бурь (февраль 1969 г.).

Выборка числа случаев ветра по градациям скоростей была произведена из Метеорологических ежемесячников по следующим градациям: 8-9, 10-11, 12-13, 14-15, 16-17, 18-20, 21-24, 25-26, 29-34, 35-40 м/с (для всего диапазона возможных скоростей). Общая энергия потока E_p определялась как сумма энергий для каждой градации:

$$E_p = E_{8,5} + E_{10,5} + \dots + E_{37,5},$$

где 8,5; 10,5...37,5 – средняя скорость ветра в каждой градации.

Скорость ветра ниже 8-9 м/с не учитывалась, так как критическая скорость для большинства зональных почв лежит выше этой величины.

Наиболее разрушительные пыльные бури, особенно в степной зоне Восточно-Европейской равнины, происходят при блокирующих процессах [8]. Анализ приземных синоптических карт, карт барической топографии позволяет не только выявить районы наиболее вероятного возникновения ветроэрозионного процесса, но и определить направление переноса минеральной взвеси и включение ее в глобальный энергомассообмен.

Методы изучения физико-химических свойств почвы и ее податливости к выдуванию. Для изучения физических и физико-химических свойств почвы использовались принятые методики. Свойство почвы оказывать сопротивление динамическому воздействию ветра обычно определяется двумя количественными показателями: эродированностью, или дефлируемостью, и критической (пороговой) скоростью [2, 6].

Определение критической скорости и эродированности производилось в натурных условиях методом продувки почвенных монолитов в аэродинамической трубе. Всего было отобрано и исследовано около 500 образцов на уровне почвенных разностей. Почва при продувке находилась в воздушно-сухом состоянии. Отбирались монолиты весной на полях зяби, паров, пропашных культур.

Осредненная величина эродированности $\mathcal{E}_p$ рассчитывалась по формуле:

$$\mathcal{E}_p = \frac{K \sum_1^n m_v \cdot 30}{t} \text{ ц/га за 30 мин.},$$

где m_v – количество выдутаго эолового материала при скорости воздушного потока, равного v ; t – суммарное время продувки монолита в диапазоне от критической скорости до максимально возможной; K – коэффициент, учитывающий площадь монолита и равный 0,27.

Эродируемость может быть рассчитана на основе структурного состава почвы по зависимости:

$$\mathcal{E}_p = 0,1(\bar{u}_{zm} - \bar{u}_{zm\text{кр}})^2 K_2 K_3,$$

где $\bar{u}_{zm}$ и $\bar{u}_{zm\text{кр}}$ – исходная и критическая скорости воздушного потока на высоте zm при продувке почвенного образца в трубе; K_2 и K_3 – коэффициенты, зависящие от структуры почвы и свойств и высоты растительного покрова.

Критическая скорость фиксировалась по заметному увеличению (до 0,02-0,03z) количества эолового материала в бункере установки при постепенном увеличении скорости воздушного потока [1].

По данным о величине эродируемости, можно перейти к оценке годовых потерь почвы от выдувания ($\mathcal{E}_s$, т/га · год) по зависимости:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_p \cdot t,$$

где $\mathcal{E}_p$ – эродируемость почвы, т/га за 1 час при скорости ветра 20 % обеспеченности; t – продолжительность пыльных бурь средней и сильной интенсивности (при скорости выше пороговой величины).

Методы изучения дефляции в натурных условиях. Изучение дефляции проводилось в различных почвенно-географических условиях степной зоны Западной Сибири и Северного Казахстана, Поволжья и Предкавказья. Выполнялись как стационарные многолетние исследования на одних и тех же объектах, так и экспедиционные исследования интенсивности выдувания почвы и повреждения сельскохозяйственных культур в районах проявления дефляции.

По материалам крупномасштабных почвенных обследований изучались характеристика почвенного покрова и основные его физико-химические свойства. По материалам внутрихозяйственного землеустройства, а затем и в натуре выявлялись очаги возможной дефляции с учетом состояния полей, степени развития растительного покрова, агротехники возделывания культур и т. д. Затем намечались полевые маршруты, по которым выполнялась серия наблюдений: определялись глубина выдувания почвы, степень повреждения растений и др. [3-5, 9].

Изучение переноса и отложения почвенного мелкозема проводилось с помощью пылеуловителей [1]. Приборы устанавливались в небольшие углубления так, чтобы крышки с приемными отверстиями, общей площадью 350-370 см², находились на одном уровне с поверхностью почвы. Пылеуловители фиксировали основную массу эолового материала, переносимого путем скольжения и скачками. Количество перенесенного мелкозема Q определялось в общем виде по формуле:

$$Q = qt,$$

где q – интенсивность переноса почвы; t – время переноса.

Определение средней интенсивности переноса q производилось по формуле:

$$q = K(v)P \frac{60}{t} \frac{S}{S_0},$$

где $K(v)$ – коэффициент, учитывающий недоучет приборами перенесенной почвы, по сравнению с естественным процессом; P – вес уловленного мелкозема; t – экспозиция (время) работы прибора; S – фронт или площадь переноса; S_0 – площадь приемного отверстия прибора.

При умеренном ветре (6-10 м/с) и отсутствии активного переноса мелкозема интенсивность дефляции определялась методом выдувания песка из лотков.

Одновременно с определением интенсивности переноса мелкозема производилось измерение скорости ветра анемометрами МС-13, цель которых в системе лесных полос могла достигать 1300-3700 м. Одновременно включалось до 60-90 приборов. Определялась также температурная стратификация приземного слоя атмосферы методом градиентных наблюдений.

После сильных зимних пыльных бурь определялось содержание минеральной фракции в эоловых снегомелкоземистых отложениях у лесных полос. Для этой цели отбирались образцы из всей толщи отложения, и определялось содержание почвенной массы в них, что позволяло рассчитать глубину h выдувания почвы в межполосном пространстве по соотношению:

$$h = \frac{1000W}{L}, \text{ мм,}$$

где W – масса, т, или объем наносов пыли, м^3 (объемный вес эоловых наносов равен единице); L – протяженность зоны выдувания, м.

Аэрокосмические методы. Разработкой методов распознавания и проведения космического мониторинга пыльных бурь занимаются с конца 90-х годов XX века. Базовыми ДДЗ для этих работ являются космоснимки NOAA AVHRR и MODIS, которые позволяют проводить регулярный мониторинг. На их базе проводится дешифрирование пыльных бурь и оценка их основных характеристик: направление выноса и длина пылевого шлейфа, площадь распространения бури, число и площадь источников выноса и др. Ранее основным был метод анализа разности двух снимков одной и той же территории: с пылевой бурей и без нее. В настоящее время исследуется возможность использования для этого различных индексов, представляющих собой некоторые сочетания спектральных каналов космического изображения.

В качестве одного из основных индексов, применяемых при проведении автоматической классификации, использовался специальный нормализованный дифференциальный пылевой индекс NDDI (normalized difference dust index), который при исследовании пыльных бурь в Северном Китае и Монголии, по данным MODIS, ввели китайские ученые [12]:

$$NDDI = \frac{\rho_{2,13 \mu\text{m}} - \rho_{0,469 \mu\text{m}}}{\rho_{2,13 \mu\text{m}} + \rho_{0,469 \mu\text{m}}}$$

где $\rho_{2,13 \mu\text{m}}$ и $\rho_{0,469 \mu\text{m}}$ – отражательная способность в $2,13 \mu\text{m}$ и $0,469 \mu\text{m}$ каналах соответственно.

Заключение. Современная ветровая эрозия на распаханых сельскохозяйственных землях степной зоны Евразии с семиаридным (засушливым) климатом проявляется в различной форме: в виде пыльных бурь, позёмок, пылевых шквалов, в переносе мелкозема со снегом в зимнее время. Пыльные бури являются наиболее активным фактором современного экзоморфогенеза в степной зоне, поэтому по их географическому распространению и повторяемости можно судить об интенсивности этого процесса. Исследования современных эоловых процессов весьма актуальны, так как связаны с пространственной межгеосферной миграцией вещества и аккумуляцией его на подстилающей поверхности. Знание этих процессов позволит создавать математические модели прогноза таких катастрофических явлений, как пыльные бури.

Библиографический список

1. Васильев, Ю.И. Эффективность систем лесных полос в борьбе с дефляцией почв [Текст] / Ю.И. Васильев. – Волгоград: Изд-во ВНИАЛМИ, 2003. – 176 с.
2. Глазунов, Г.П. основы теории потерь почвы от ветровой эрозии [Текст] / Г.П. Глазунов // Почвоведение. – 2001. – № 12. – С. 1493-1502.
3. Долгилевич, М.И. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия [Текст] / М.И. Долгилевич. – М.: Колос, 1978. – 159 с.
4. Долгилевич, М.И. Системы лесных полос и ветровая эрозия [Текст] / М.И. Долгилевич, Ю.И. Васильев, А.Н. Сажин. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 160 с.
5. Дюнин, А.К. Механика метелей [Текст] / А.К. Дюнин. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1963. – 378 с.
6. Комонов, С.В. Ветровая эрозия и пылеподавление [Текст] : курс лекций / С.В. Комонов, Е.Н. Комонова. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2008. – 192 с.

7. Мохов, И.И. Диагностика структуры климатической системы [Текст]/ И.И. Мохов. – СПб. : Гидрометеиздат, 1993. – 271 с.
8. Полянская, Е.А. Синоптические процессы и явления погоды в Нижнем Поволжье [Текст]/ Е.А. Полянская. – Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1996. – 209 с.
9. Сажин, А.Н. Влияние лесных полос на перенос и отложение мелкозема на межполосных полях в условиях сильных пыльных бурь в Алтайском крае [Текст] / А.Н. Сажин, В.Е. Синещев // Бюл. ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1976. – Вып. 3(22). – С. 29-31.
10. Тимофеев, Ю.М. Глобальная система мониторинга параметров атмосферы и поверхности [Текст]/ Ю.М. Тимофеев. – СПб., 2009. – 129 с.
11. Хромов, С.П. Метеорология и климатология [Текст]/ С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – М.: Изд-во МГУ. – 2004. – 582 с.
12. John, J. Qu. Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurement / J. Qu. John, Hao Xianjun, Kafatos Menas, Wang Lingli // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, October 2006. – 2006. – V. 3. – no. 4. – PP. 284-486.
13. Mrutu, A. Data mining using multivariate statistical analysis The case of heavy metals in sediments of the Msimbazi Creek mangrove wetland / A. Mrutu, G. B. Luilo // Environmental Skeptics and Critics. – 2013. – V. 2(4). – PP. 153-163.
14. Ryan, P. Boyles, Sethu Raman Analysis of climate trends in North Carolina (1949-1998) / P. Ryan // Environmental International. – 2003. – V. 29. – PP. 263-275.

References

1. Vasil'ev, Yu. I. Jeффективност' sistem lesnyh polos v bor'be s deflyaciej pochv [Текст]/ Yu. I. Vasil'ev. - Volgograd: Izd-vo VNIАLMI, 2003. - 176 s.
2. Glazunov, G. P. osnovy teorii poter' pochvy ot vetrovoj jerozii [Текст]/ G. P. Glazunov // Pochvovedenie. - 2001. - № 12. - S. 1493-1502.
3. Dolgilevich, M. I. Pyl'nye buri i agrolesomeliorativnye meropriyatiya [Текст]/ M. I. Dolgilevich. - М.: Kolos, 1978. - 159 s.
4. Dolgilevich, M. I. Sistemy lesnyh polos i vetrovaya]roziya [Текст]/ M. I. Dolgilevich, Yu. I. Vasil'ev, A. N. Sazhin. - М.: Lesnaya promyshlennost', 1981. - 160 s.
5. Dyunin, A. K. Mehanika metelej [Текст] / A. K. Dyunin. - Novosibirsk: Izd-vo Sib. otd-niya AN SSSR, 1963. - 378 s.
6. Komonov, S. V. Vetrovaya jeroziya i pilepodavlenie [Текст] : kurs lekcij / S. V. Komonov, E. N. Komonova. - Krasnoyarsk: Izd-vo SFU, 2008. - 192 s.
7. Mohov, I. I. Diagnostika struktury klimaticheskoy sistemy [Текст]/ I. I. Mohov. - SPb. : Gidrometeizdat, 1993. - 271 s.
8. Polyanskaya, E. A. Sinopticheskie processy i yavleniya pogody v Nizhnem Povolzh'e [Текст]/ E. A. Polyanskaya. - Saratov: Izd-vo Saratovsk. un-ta, 1996. - 209 s.
9. Sazhin, A. N. Vliyanie lesnyh polos na perenos i otlozhenie melkozema na mezhpolosnyh polyah v usloviyah sil'nyh pyl'nyh bur' v Altajskom krae [Текст] / A. N. Sazhin, V. E. Sineschekov // Byul. VNIАLMI. - Volgograd, 1976. - Vyp. 3(22). - S. 29-31.
10. Timofeev, Yu. M. Global'naya sistema monitoringa parametrov atmosfery i poverhnosti [Текст]/ Yu. M. Timofeev. - SPb., 2009. - 129 s.
11. Hromov, S. P. Meteorologiya i klimatologiya [Текст]/ S. P. Hromov, M. A. Petrosyanc. - М.: Izd-vo MGU. - 2004. - 582 s.
12. John, J. Qu. Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurement / J. Qu. John, Hao Xianjun, Kafatos Menas, Wang Lingli // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, October 2006. - 2006. - V. 3. - no. 4. - PP. 284-486.
13. Mrutu, A. Data mining using multivariate statistical analysis The case of heavy metals in sediments of the Msimbazi Creek mangrove wetland / A. Mrutu, G. B. Luilo // Environmental Skeptics and Critics. - 2013. - V. 2(4). - PP. 153-163.
14. Ryan, P. Boyles, Sethu Raman Analysis of climate trends in North Carolina (1949-1998) / P. Ryan // Environmental International. - 2003. - V. 29. - PP. 263-275.

E-mail: vnialmi_nir@vlpost.ru

УДК 631.547.15.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПО СОЗДАНИЮ
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ АРИДНОЙ ЗОНЫ
СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ****PROCESSING METHODS ON CREATION OF HIGHLY RANGELANDS
IN ARID ZONE NORTHERN CASPIAN**

В.П. Зволинский, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
Г.К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Н.И. Кудряшова, младший научный сотрудник

*ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия»,
Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище*

V.P. Zvolinsky, G.K. Bulahtina, N.I. Kudryashova

*FGBNU «Caspian scientific research institute of arid agriculture»
Astrakhan region, Chernoyarsky District, the village of Salt Zaymische*

В 2015 году в Прикаспийском НИИ аридного земледелия была заложена НИР по разработке эффективных технологических приемов по созданию высокопродуктивных пастбищных угодий аридной зоны Северного Прикаспия. Цель исследования – теоретически обосновать и разработать технологические приемы создания высокопитательных агрофитоценозов, адаптированных к экстремальным условиям аридной зоны. Для проведения исследований использовались следующие методические указания и рекомендации: «Методика полевого опыта» Б.А. Доспехов (1985); Методика ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса (1971); Методические рекомендации «Коренное улучшение пастбищных угодий Астраханской области» М.М. Шагайпов и др. (2009). В результате проведенных исследований (этап 2016 г.) были сделаны следующие выводы: в весенне-летний период наиболее высокие показатели продуктивности оказались на участке разбросного способа посева: среднегодовая урожайность улучшенного пастбища превысила таковую естественного пастбища в 2,7 раза, а пастбищ рядового способа посева в 1,3 раза; среднегодовая урожайность зеленой массы пастбищ с различным направлением рядового посева оказалась примерно одинаковой: север-юг – 5,7 т/га, запад-восток – 5,5 т/га, однако продуктивность этих участков превысила контрольные участки соответственно в 2,6 и 2,5 раза; из четырех различных видов кормовых растений наиболее продуктивным в каждом месяце оказалось пастбище с посевами терескена серого, среднегодовая урожайность которого превысила естественное пастбище в 2,3 раза. Анализ экономической эффективности различных технологических приемов показал: наиболее выгодным признан разбросной способ посева, так как его рентабельность оказалась выше на 70-103 % рядовых способов и на 225 % – контроля; рентабельность посева на пастбище терескена оказалась выше, чем пырея на 93 %, прутняка – на 79 %, житняка – на 234 % и естественного травостоя (контроль) – на 146 %.

In 2015, the Prikaspiisk Scientific Research Institute of Arid Agriculture was engaged in research on the development of effective technological methods for the creation of highly productive grazing lands in the arid zone of the Northern Caspian. The aim of the study is to theoretically substantiate and develop technological methods for creating highly nutritious agrophytocenoses adapted to the extreme conditions of the arid zone. The following methodological instructions and recommendations were used for the research: "Methodology of field experience" by B.A. Dospikhov (1985); "Methodology Institute of Fodder" by V.V. Williams (1971); Methodical recommendations "Root improvement of pasture lands of the Astrakhan region" by Shagaipov et al. (2009). As a result of the studies conducted (phase 2016) the following conclusions were drawn: in the spring-summer period, the highest productivity indicators were found in the area of the scattered seeding method: the average annual yield of the improved pasture exceeded that of the natural pasture by 2.7 times, and the grassland of the ordinary method of sowing in 1.3 times; The average annual yield of green pasture land with different directions of ordinary crop was approximately the same: north-south - 5.7t / ha, west-east - 5.5t / ha, however, the productivity of these sections exceeded the control areas in 2.6 and 2.5, respectively Times; From four different types of food plants the most productive in each month was a pasture with gray tuskene crops, the average annual yield of which exceeded the natural

pasture by 2.3 times. The analysis of economic efficiency of various technological methods has shown: the most widely accepted is the spread method of sowing, as its profitability turned out to be higher by 70-103 % of ordinary methods and by 225 % - control; The profitability of sowing on the teresken pasture was higher than that of wheatgrass by 93 %, the weevil by 79 %, the herb by 234 % and the natural grass stand (control) by 146 %.

Ключевые слова: технологические приемы, агрофитоценозы, деградированные пастбища, экосистемы, ширина междурядья, срок посева, пырей удлиненный, житняк, терескен, прутняк, способ посева.

Key words: technological methods, agrophytocenoses, degraded pasture ecosystems, aisle width, sowing time, Couch elongated, wheatgrass, Teresken, prostrate summer cypress, method of sowing.

Введение. Аридные территории в России занимают более 250 млн га или около 14,8 % общей площади страны. В них входят пять засушливых в разной степени природно-сельскохозяйственных зон: лесостепная – 8,1 % (более 138 млн га), степная – 4,6 % (более 78 млн га), сухостепная – 1,2 % (около 22 млн га), полупустынная – 0,5 % (около 8 млн га), пустынная (более 6 млн га) [2].

Аридные земли расположены на территории 11 субъектов Российской Федерации: Республики Дагестан, Республики Калмыкия, Астраханской, Волгоградской, Самарской, Саратовской, Оренбургской, Ростовской областей, Республики Башкортостан, Краснодарского и Ставропольского краев. Здесь сосредоточены 73 % (50 млн га) природных пастбищ России [3].

Характерной особенностью аридных районов Северного и Западного Прикаспия является то, что значительный удельный вес занимают засоленные почвы и почвы с солонцовыми комплексами [8].

Производительность аридных пастбищ очень сильно зависит от складывающихся погодных условий, а именно – их урожайность возрастает или снижается в 2-3 раза по отношению к среднеурожайному году. Запасы пастбищных кормов значительно изменяются по годам и по сезонам года: к зиме они, как правило, снижаются в 2,5 раза. Изменяется и питательная ценность пастбищных кормов: в 100 кг сухого пастбищного корма весной содержится 81,0 к. ед., летом – 49,5, осенью – 54,0 и зимой – 18,3 к. ед. [7].

Естественные аридные пастбища являются основным источником корма в течение всего календарного года. Их главные качества – способность к ежегодному естественному самовозобновлению и воспроизводству кормовой массы, сохранению и поддержанию почвенного плодородия [10].

В условиях острозасушливого климата и негативного антропогенного влияния (бессистемный выпас скота, высокая его нагрузка, и др.) происходит постепенное объединение природных кормовых угодий, их эрозия, дефляция и деградация, увеличились площади открытых песков. При сохранении на ближайшую перспективу сложившихся тенденций можно ожидать сокращения площадей природных кормовых угодий в Прикаспии на 15-25 %, снижения их продуктивности на 10%, уменьшения природных кормовых ресурсов на 20-30 % [2].

В создавшейся ситуации важнейшей и первоочередной задачей является разработка эффективных технологий улучшения питательной ценности, продуктивности и долголетия аридных пастбищ для обеспечения животноводства полноценными кормами.

В 2015 году на базе ФГБНУ «ПНИИАЗ» были заложены полевые опыты для разработки технологических приемов создания высокопитательных агрофитоценозов, адаптированных к экстремальным условиям аридной зоны и способствующих экологическому восстановлению и повышению продуктивности деградированных пастбищных экосистем.

В задачи первого года исследований входило изучение динамики фитопотенциала агрофитоценозов при различных вариантах технологических приемов, в т.ч.: А) изменение видового состава посевного материала: житняк, пырей, терескен, прутняк; Б) различные сроки посева: весна, осень; В) изменение способа посева: разбросной, рядовой.

Материалы и методы. Опытный участок расположен на землях старопахотного участка, в правобережной степи Астраханской области Черноярского района, участок № 1 – западнее 2,5 км от села Соленое Займище, участок № 2-3 км юго-западнее. Рельеф опытных участков выровненный.

Почвы участков светло-каштановые солонцеватые тяжелосуглинистые в комплексе с солонцами от 5 до 10 %, с содержанием гумуса от 1,0 до 1,5 %. Естественная растительность участка типична для подзоны и представлена белопопынной ассоциацией с эфемерами и эфемероидами. Растительный покров изрежен и сильно сбит. Проектное покрытие не превышает 35-45 %.

Для проведения исследований использовались следующие методические указания и рекомендации: Методические рекомендации «Коренное улучшение пастбищных угодий Астраханской области» М.М. Шагаипов и др. (2009) [9], Методика ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса часть 1 (1971) [3], «Методика полевого опыта» Б.А. Доспехов (1985) [1], Методика ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса часть 2 (1971) [4], Методические указания ВГСХА (2007) [6].

Схема опыта.

Вариант I. Высеваемые травы – смесь житняков: ширококолосый, гребневидный, сорт Перспектива. Общая площадь – 1 га.

Полевой трехфакторный опыт по коренному улучшению пастбищ: фактор А – срок посева: весна, осень; фактор Б – способ посева – рядовой с междурядьем 0,6 м и разбросной; фактор С – направление рядового посева: 1 – север-юг; 2 – запад-восток.

Контроль – естественное пастбище.

Вариант II. Площадь – 2 га. Полевой однофакторный опыт по коренному улучшению пастбищ: срок посева – осень 2015 г.; способ посева – рядовой с междурядьем 0,6 м.

Высеваемые травы: а) житняк ширококолосый; б) пырей удлиненный; в) прутняк простертый; г) терескен серый.

Контроль – естественное пастбище

Результаты. Анализ полученных метеоданных показывает, что сельскохозяйственный год (2015-2016) можно охарактеризовать как благоприятный для формирования хорошего урожая пастбищных трав: наряду с увеличением среднегодовой температуры воздуха на 3,6 градуса, в сравнении со средне многолетними данными, осадков выпало на 90,5 мм больше, чем в последние годы.

Результаты исследования (вариант I) урожайности зеленой массы (рисунок 1) весеннего посева первого года показали: в весенне-летний период наиболее высокие показатели продуктивности оказались на участке разбросного способа посева: среднегодовая урожайность превысила таковую естественного пастбища в 2,7 раза, пастбищ рядового способа (север-юг) в – 1,3 и (запад-восток) в – 1,2 раза.

Среднегодовая урожайность зеленой массы пастбищ с различным направлением рядового посева оказалась примерно одинаковой: север-юг – 5,7 т/га, запад-восток – 5,5 т/га. Однако продуктивность этих участков превысила контрольные участки соответственно в 2,6 и 2,5 раза.

По варианту II – каждый месяц (начиная с мая) проводилось определение урожайности зеленой массы опытных агрофитоценозов (рисунок 2).

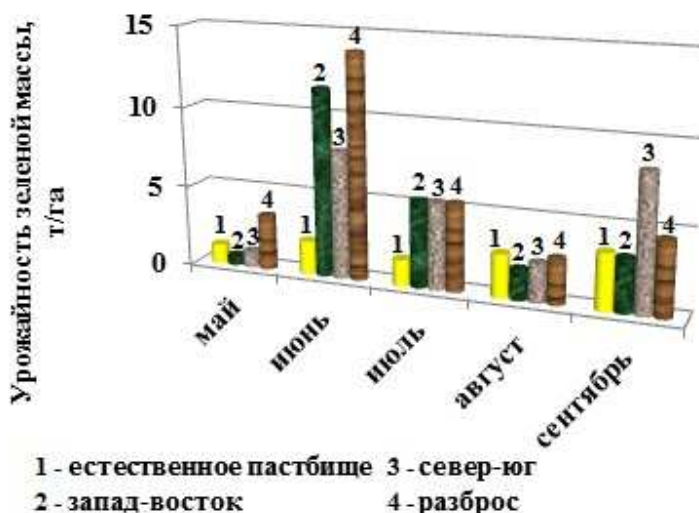


Рисунок 1 – Урожайность зеленой массы пастбищ варианта I: направление рядового посева (север-юг; запад-восток); способ посева (рядовой, разбросной)

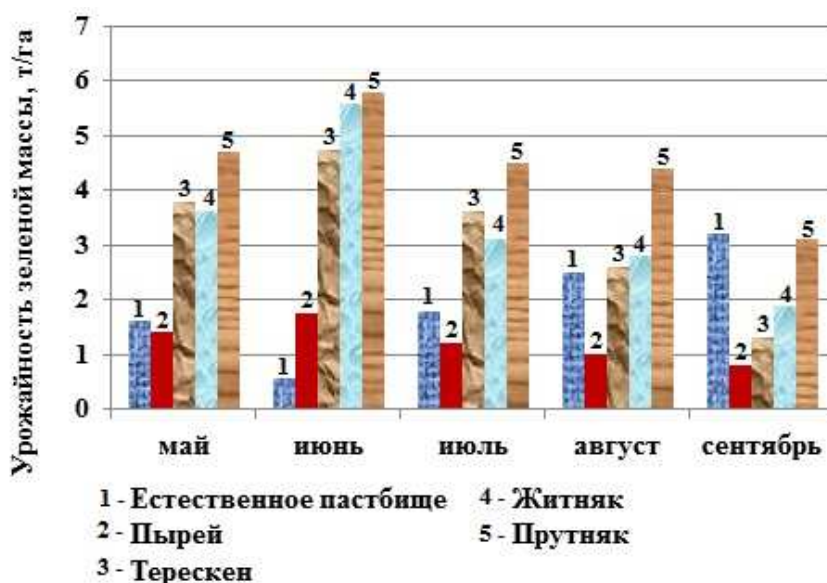


Рисунок 2 – Урожайность зеленой массы сеяных пастбищ, вариант II (данные первого года исследования)

По результатам первого года исследования было отмечено:

- наиболее продуктивными в каждом месяце оказались посевы терескена серого, среднегодовая урожайность которого превысила естественное пастбище в 2,3 раза;
- жаркие и дождливые весна и лето благоприятно отразились не только на опытных посевах, но и на фитоценозах контрольного участка (естественное пастбище), среднегодовая урожайность которого превысила посевы житняка в 1,5 раза, а в сентябре: житняка – в 4, пырея – в 2,5 и прутняка – в 1,7 раза. Такое увеличение урожайности естественного пастбища связано с активной вегетацией поздних трав (полыни и солянок), в то время, когда на участках с посевными травами уже закончили вегетацию однолетники, сопровождающие данные посевы;
- посевы прутняка и пырея также показали среднегодовую урожайность выше соответственно в 1,8 и в 1,7 раза, чем на контроле;

- посевы житняка оказались наименее продуктивными даже в сравнение с естественным пастбищем, однако, в июне, когда количество осадков составило всего 4,2 мм, т.е. месяц был засушливым, урожайность житняка превысила контрольные показатели в 3,1 раза.

Заключение. В результате проведенных исследований (этап 2016 г.) были сделаны следующие выводы:

- в весенне-летний период наиболее высокие показатели продуктивности оказались на участке разбросного способа посева, среднегодовая урожайность которого превысила контроль в 2,7 раза, пастбищ рядового способа посева (север-юг) в 1,3 и (запад-восток) в 1,2 раза;

- среднегодовая урожайность зеленой массы пастбищ с различным направлением рядового посева оказалась примерно одинаковой: север-юг – 5,7 т/га, запад-восток – 5,5 т/га. Однако продуктивность этих участков превысила контрольные участки соответственно в 2,6 и 2,5 раза;

- из четырех различных видов кормовых растений наиболее продуктивным оказались посеы терескена серого, среднегодовая урожайность которого превысила естественное пастбище в 2,3 раза;

- пастбища с посевами прутняка и пырея показали среднегодовую урожайность соответственно в 1,8 и в 1,7 раза выше, чем на контроле;

- пастбища с посевами житняка оказались наименее продуктивными, даже в сравнении с естественным пастбищем, однако, в июне, когда количество осадков составило всего 3,6 мм, т.е. месяц был засушливым, урожайность житнякового пастбища превысила контрольные показатели в 3,1 раза;

- анализ экономической эффективности различных технологических приемов показал: наиболее выгодным признан разбросной способ посева, так как его рентабельность оказалась выше на 70-103 % рядовых способов и на 225 % – контроля; рентабельность посева на пастбище терескена оказалась выше, чем пырея на 93 %, прутняка – на 79 %, житняка – на 234 % и естественного травостоя (контроль) – на 146%.

Данные исследования будут продолжены в последующие годы для достоверной оценки изучаемых факторов.

Библиографический список

1. Доспехов, В.А. Методика полевого опыта [Текст]/ В.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
2. Зволинский, В.П. Земельные и агроклиматические ресурсы аридных территорий России [Текст]/ В.П. Зволинский, И.С. Зонн, И.А. Трофимов [и др.]. – М.: Изд-во ПАИМС, 1998. – 56 с.
3. Игловиков, В.Г. Методика опытов на сенокосах и пастбищах (I Часть) [Текст]/ В.Г. Игловиков, Н.С. Конюшков [и др.]. – Ин-т Кормов им. В.Р. Вильямса, 1971. – 231 с.
4. Игловиков, В.Г. Методика опытов на сенокосах и пастбищах (II Часть) [Текст]/ В.Г. Игловиков, Н.С. Конюшков [и др.]. – Ин-т Кормов им. В.Р. Вильямса, 1971. – 176 с.
5. Кулик, К.Н. Опустынивание в России и агролесомелиорация в борьбе с ним [Текст]/ К.Н. Кулик// Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ВНИАЛМИ. 17-19 октября 2011г. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – С. 438.
6. Методические указания по экономической оценке технологий возделывания сельскохозяйственных культур [Текст]. – Волгоград: ВГСХА, 2007. – С. 35.
7. Морозова, О.И. Пустынные и полупустынные пастбища [Текст]/ О.И. Морозова. – М.: «Колос», 1972. – С. 168.
8. Туманян, А.Ф. Агроэкологические и геоботанические аспекты деградации и повышения продуктивности фитоценозов в аридной зоне Прикаспия: дис. док-ра. с.-х. н: 06.01.09 /Туманян Антонина Федоровна. – Астрахань, 2005. – С. 390.

9. Шагайпов, М.М. Коренное улучшение пастбищных угодий Астраханской области [Текст]: методические рекомендации / М.М. Шагайпов, Г.К. Булахтина, М.Ю. Пучков. – М.: «Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук», 2009. – 40 с.

10. Malcolm C.M. Forage shrub production on salt-affected soils. In: The Biology and utilization of shrubs part 27 ED. Mc Kell C.M., 1989, 656 p., London – Sydney – Tokyo – Toronto. Academic Press, Inc.

References

1. Dospheov, V. A. Metodika polevogo opyta [Tekst]/ V. A. Dospheov. - M.: Agropromizdat, 1985. -336 s.

2. Zvolinskij, V. P. Zemel'nye i agroklimaticheskie resursy aridnyh territorij Rossii [Tekst]/V. P. Zvolinskij, I. S. Zonn, I. A. Trofimov [i dr.]. - M.: Izd-vo PAIMS, 1998. -56 s.

3. Iglovikov, V. G. Metodika opytov na senokosah i pastbischah (I Chast') [Tekst]/ V. G. Iglovikov, N. S. Konyushkov [i dr.]. - In-t Kormov im. V. R. Vil'yamsa, 1971. - 231 s.

4. Iglovikov, V. G. Metodika opytov na senokosah i pastbischah (II Chast') [Tekst]/ V. G. Iglovikov, N. S. Konyushkov [i dr.]. - In-t Kormov im. V. R. Vil'yamsa, 1971. - 176 s.

5. Kulik, K. N. Opustynivanie v Rossii i agrolesomeliyaciya v bor'be s nim [Tekst]/ K. N. Kulik// Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 80-letiyu VNIALMI. 17-19 oktyabrya 2011g. - Volgograd: VNIALMI, 2011. - S. 438.

6. Metodicheskie ukazaniya po jekonomicheskoy ocenke tehnologij vozdeleyvaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]. - Volgograd: VGSXA, 2007. - S. 35.

7. Morozova, O. I. Pustynnye i polupustynnye pastbischa [Tekst]/ O. I. Morozova. - M.: "Kolos", 1972. - S. 168.

8. Tumanyan, A. F. Agroekologicheskie i geobotanicheskie aspekty degradacii i povysheniya produktivnosti fitocenozov v aridnoj zone Prikaspiya: dis. dok-ra. s. -- h. n: 06.01.09 /Tumanyan Antonina Fedorovna. - Astrahan', 2005. - S. 390.

9. Shagaipov, M. M. Korennoe uluchshenie pastbischnyh ugodij Astrahanskoj oblasti [Tekst]: metodicheskie rekomendacii / M. M. Shagaipov, G. K. Bulahtina, M. Yu. Puchkov. - M.: "Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk", 2009. - 40 s.

10. Malcolm C.M. Forage shrub production on salt-affected soils. In: The Biology and utilization of shrubs part 27 ED. Mc Kell C.M., 1989, 656 p., London - Sydney - Tokyo - Toronto. Academic Press, Inc.

E-mail: pniiiaz@mail

УДК 633.18: 631.674.6:631.584.4

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ РИСА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

INFLUENCE OF PREDECESSORS ON WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF LIGHT-CHESTNUT SOIL AND RICE EFFICIENCY IN DROP IRRIGATION

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

М.А. Ганиев², кандидат технических наук

К.А. Родин², кандидат сельскохозяйственных наук

А.Б. Неvejeжина², научный сотрудник

I.P. Kruzhilin^{1,2}, M.A. Ganiev², K.A. Rodin², A.B. Nevezhina²

¹Волгоградский государственный аграрный университет,

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

¹Volgograd State Agrarian University

²All-Russian Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

В статье изложены результаты исследований, проведенные в ФГБНУ ВНИИОЗ в 2014-2016 гг. по оценке предшественников риса при капельном орошении. Определено, что в среднем за годы исследований минимальные значения плотности, 1,22 т/м³ в слое почвы 0,6 м, сложились на пред-

шественнике соя, а максимальное уплотнение почвы, $1,26 \text{ т/м}^3$, наблюдалось в варианте рис по рису. Общая пористость почвы перед посевом риса достигала максимальных значений в пахотном слое (0,00-0,30 м) на посевах риса по сое и составила 53,44 %. На предшественнике картофель этот показатель уменьшился на 1,35 %, однако был выше, по сравнению с посевами риса по рису, на 0,47 %. Максимальная водопроницаемость почвы в среднем за годы исследований отмечалась по предшественнику соя и за шесть часов наблюдений изменялась от 4,45 до 0,64 мм/мин. В варианте по предшественнику картофель эти показатели были ниже на 0,67 и 0,11 мм/мин, но в сопоставимости с рис по рису выше на 0,31 и 0,09 мм/мин. Наибольшая урожайность риса получена в варианте по предшественнику сое на фоне внесения макроудобрений, рассчитанных на получение 5 т/га, и в среднем за 3 года исследований составила 5,05 т/га зерна, наименьшее её значение 4,76 т/га отмечалось по предшественнику рис по рису. Наибольшее суммарное водопотребление сложилось на посевах риса по сое и по годам составило 5753-5803 м³/га. В вариантах, где предшественниками были картофель и рис по рису расход воды растениями уменьшился, по сравнению с предшественником соей соответственно в 2014 году на 157 и 248, в 2015 – 160 и 277, в 2016 – 157 и 253 м³/га.

The article contains the results of research conducted at the VNIIOZ FGBNU in 2014 - 2016. According to the predecessors of rice during drip irrigation. It was determined that, on average, during the years of research, the minimum density values, 1.22 tons / m³ in the soil layer 0.6 m, were formed on the soybean precursor, and the maximum soil compaction, 1.26 t / m³, was observed in the rice variant according to rice. The total soil porosity before sowing of rice reached the maximum values in the arable layer (0.00-0.30 m) in soybean rice soybean crops and amounted to 53.44%. On the potato predecessor, this indicator decreased by 1.35%, but was higher compared to rice by 0.47%. The maximum water permeability of the soil on average during the years of research was noted for the predecessor soybean and for six hours of observations varied from 4.45 to 0.64 mm / min. In the potato predecessor variant, these values were lower by 0.67 and 0.11 mm / min, but in comparison with rice according to rice, higher by 0.31 and 0.09 mm / min. The highest rice yield was obtained in the soybean predecessor against the background of the application of macrofertilizers calculated to produce 5 tons per hectare, and on average 3 years of research amounted to 5.05 tons per hectare of grain, the smallest value of 4.76 tons / ha was noted by its predecessor Rice by rice. The largest total water consumption was in rice soybeans in soybeans and by years was 5753 - 5803 m³ / ha. In variants where the predecessors were potatoes and rice according to rice, the consumption of water by plants decreased by 157 and 248 in 2014, respectively, in 1604 and 277 in 2014, 157 and 253 m³ / ha in 2016.

Ключевые слова: рис, капельное орошение, предшественники, урожайность, суммарное водопотребление.

Key words: rice, drip irrigation, predecessors, yield, total water consumption.

Введение. Среди факторов, лимитирующих рост объемов производства отечественного риса за счёт расширения посевной площади, являются водоёмкие технологии орошения и дефицит водных ресурсов в рисоводческих регионах, отсутствие аэробных сортов, толерантных к возделыванию на ненасыщенной водой почве [8].

В 1999 г. Всероссийским НИИ орошаемого земледелия были начаты исследования по разработке технологии орошения риса, как и других культур семейства мятликовых, не затоплением чеков, а проведением периодических поливов [4]. При разработке инновационной технологии орошения риса возникла возможность размещения его посевов в производственных условиях на оросительных системах общего назначения, связанное с включением этой культуры в полевые севообороты по разным предшественникам. В связи с этим, возникает необходимость изучить пределы насыщения севооборота посевами риса, определить продолжительность возделывания его в монокультуре, обосновать выбор оптимальных предшественников, исключаящих ингибирующее влияние их на растения риса, способствующих очищению поля от сорняков, установить влияние предшественников на водно-физические свойства почвы [1].

Поэтому целью наших исследований стало изучение возможности возделывания риса на системах капельного орошения по разным предшественникам на фоне разных доз удобрений, влияющих на продуктивность аэробного риса, с учетом засорённости, динамики водно-физических свойств орошаемой почвы.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в трёх-факторном полевом опыте на посевах раннеспелого сорта риса Волгоградский в 2014-2016 гг. на опытном поле Волго-Донского стационара ФГБНУ ВНИИОЗ, расположенного в пределах землепользования ФГУП «Орошаемое», г. Волгоград.

В схему опыта по первому фактору (предшественники) входили следующие варианты: 1) соя; 2) картофель; 3) рис по рису.

Во второй фактор опыта входили нормы посева риса: 1) 4 млн всхожих зёрен/га; 2) 5 млн и 3) 6 млн

Третий фактор опыта включал три варианта с дозами макроудобрений: 1) NPK, рассчитанное на получение урожайности 4 т/га; 2) NPK – 5 т/га и 3) NPK – 6 т/га.

Коэффициенты возмещения выноса элементов питания растениями риса с учётом степени обеспеченности и окультуренности почвы опытного участка принимались согласно рекомендаций опытной станции по программированию урожая ВолГАУ [7]. По азоту с учетом хорошей окультуренности почв опытного участка на не бобовых предшественниках принимали коэффициент равный 0,7, бобовому – 0,4.

Водный режим почвы в исследованиях регулировали по предполивному порогу влажности по схеме: 70-80-70 % НВ (предполивной порог 70 % НВ от посева до начала кущения и от конца молочной до полной спелости зерна; 80 % НВ – от кущения до конца молочной спелости). Глубина регулируемого поливами слоя почвы – 0,6 м.

Опыт закладывался методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении вариантов по предшественникам и рендомизированно – по нормам посева и минеральному питанию. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянок по предшественникам: картофель – 864 м², соя и рис по рису – 96 м²; норме посева – 96 м² и минеральному питанию – 32 м². Способ полива – капельное орошение с применением линий израильской компании – «Netafim». Посев проводили сеялкой СН-16 узкорядным способом при устойчивом прогревании почвы на глубине заделки семян до 13⁰С, в 2014 гг. – 28 апреля, 2015 - 8 мая и 2016 – 5 мая.

Почвы опытного участка светло-каштановые тяжелосуглинистые. Характеризуются они небольшой мощностью гумусового горизонта, 0,00-0,28 м, и низким содержанием гумуса, 1,29-1,87 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная, рН водной вытяжки 7,2-7,7 %. По содержанию доступных форм элементов питания почва характеризуется низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и обменным калием. Одним из основных агрофизических показателей при оценке почв на разных предшественниках является плотность в естественном сложении. В среднем для расчётного слоя 0,0-0,6 м она составляет 1,29 т/м³, а наименьшая влагоёмкость – 23,8 % массы сухой почвы. Показатели порозности по слоям изменялись в пределах от 47,06 до 51,59 %, плотность твердой фазы от 2,52 до 2,72 т/м³.

Сумма выпавших осадков за период апрель-сентябрь в 2014 г., 2015 г. и 2016 г. составляла соответственно 104,9, 235,4 и 275,8 мм, а сумма среднесуточных температур воздуха – 3 662,1, 3 722,9 и 3 621,9 ⁰С. По совокупности гидротермических показателей вегетационного периода годы исследований характеризуются следующим образом: 2014 год – среднесухой, 2015 – средневлажный и 2016 год – влажный.

Полевые опыты сопровождалась наблюдениями, учетами и измерениями, выполненными при соблюдении требований методик опытного дела (Доспехов Б.А., 1985; Плешаков В.Н., 1983 и др.) [2, 5].

Суммарное водопотребление определялось методом водного баланса по уравнению А.Н. Костякова. Поливные нормы при капельном орошении рассчитывали по формуле А.Н. Костякова в модификации И.П. Кружилина и др. [3, 6].

Результаты и обсуждение. 1. Оценка предшествующих культур в посевах риса при капельном орошении по водно-физическим свойствам светло-каштановой тяжелосуглинистой почвы

В статье излагаются результаты исследований по 3 вариантам предшественников при норме посева 5 млн всхожих зёрен/га и дозе макроудобрений, рассчитанной на получение урожайности 5 т/га зерна.

Плотность почвы перед посевом риса в слое 0,6 м по разным предшественникам в среднем за 3 года изменялась в пределах 1,13-1,36 т/м³. Минимальное значение её в среднем по слою сложилось на предшественнике соя и составило 1,22 т/м³. В варианте, где рис размещали по картофелю, плотность была несколько выше и составила 1,25 т/м³. Максимальное уплотнение почвы в этом слое наблюдалось при посеве риса по рису и за годы исследований составило 1,26 т/м³ (таблица 1).

Таблица 1 – Плотность светло-каштановой тяжелосуглинистой почвы по разным предшественникам, т/м³ (среднее за 2014-2016 гг.)

Предшественник	Слой почвы, м	Перед посевом риса	После уборки риса
Соя	0,0-0,1	1,13	1,21
	0,1-0,2	1,17	1,24
	0,2-0,3	1,18	1,26
	0,3-0,4	1,21	1,30
	0,4-0,5	1,28	1,32
	0,5-0,6	1,35	1,36
	0,0-0,3	1,16	1,23
	0,0-0,6	1,22	1,28
Картофель	0,0-0,1	1,17	1,23
	0,1-0,2	1,20	1,26
	0,2-0,3	1,22	1,28
	0,3-0,4	1,26	1,32
	0,4-0,5	1,30	1,34
	0,5-0,6	1,35	1,37
	0,0-0,3	1,19	1,25
	0,0-0,6	1,25	1,30
Рис по рису	0,0-0,1	1,18	1,24
	0,1-0,2	1,22	1,27
	0,2-0,3	1,24	1,29
	0,3-0,4	1,28	1,33
	0,4-0,5	1,32	1,34
	0,5-0,6	1,36	1,37
	0,0-0,3	1,21	1,26
	0,0-0,6	1,26	1,31

Из анализа полученных данных видно, что плотность почвы в слое 0,0-0,6 м по предшественникам отличалась незначительно, в среднем для рассматриваемого слоя с отклонениями в пределах 0,01-0,03 т/м³.

Однако плотность сложения почвы в пахотном слое (0,0-0,3 м) по предшественнику сое относительно вариантов размещения риса по картофелю и рису была меньше на 0,05 и 0,06 т/м³ соответственно, а в среднем по слою – 0,03 и 0,05 т/м³.

В варианте по сое плотность почвы в слое 0,0-0,3 м увеличивалась за период вегетации риса с 1,16 до 1,23 т/м³, по картофелю и рису с 1,19 до 1,25 и 1,21 до 1,26 т/м³ соответственно. В слое 0,6 м этот показатель по предшественникам изменялся таким образом: после сои от 1,22 до 1,28 т/м³, картофеля от 1,25 до 1,30 и рису от 1,26 до 1,31. В общем же на всех вариантах опыта послойные значения плотности лежали в пределах равновесной для светло-каштановых почв, не превышая показателя 1,40 т/м³. Варьирование среднего показателя плотности почвы в слое 0,0-0,6 м по разным предшественникам после уборки риса было в пределах 1,28-1,31 т/м³. Следовательно изучаемые нами предшественники не оказали существенного влияния на изменение плотности почвы перед посевом и после уборки основной культуры. Однако они оказали определенное влияние на пористость почвы в естественном сложении (таблица 2).

Таблица 2 – Общая пористость почвы по разным предшественникам, %
(среднее за 2014-2016 гг.)

Предшественник	Слой почвы, м	Перед посевом риса	После уборки риса
Соя	0,0-0,1	54,37	52,18
	0,1-0,2	53,21	50,80
	0,2-0,3	52,74	50,16
	0,3-0,4	52,18	49,22
	0,4-0,5	49,34	47,90
	0,5-0,6	46,77	46,80
	0,0-0,3	53,44	51,05
	0,0-0,6	51,43	49,51
Картофель	0,0-0,1	53,01	51,45
	0,1-0,2	51,93	50,20
	0,2-0,3	51,33	49,34
	0,3-0,4	50,20	48,50
	0,4-0,5	48,68	47,45
	0,5-0,6	46,47	46,55
	0,0-0,3	52,09	50,33
	0,0-0,6	50,27	48,95
Рис по рису	0,0-0,1	52,60	51,11
	0,1-0,2	51,47	49,54
	0,2-0,3	50,80	49,21
	0,3-0,4	49,49	47,99
	0,4-0,5	47,89	47,32
	0,5-0,6	46,65	46,43
	0,0-0,3	51,62	49,95
	0,0-0,6	49,80	48,59

Анализ данных таблицы 2 показывает, что перед посевом риса наибольшая общая пористость почвы была присуща пахотному горизонту (0,0-0,3 м) в варианте, где предшественником была соя. Здесь она достигала максимальных значений и в среднем за 3 года исследований изменялась в интервале от 54,37 до 52,74 %, а в среднем по слою составила 53,44 %. По предшественнику картофель этот показатель перед посевом риса в пахотном слое по отдельным горизонтам был ниже, по сравнению с предшественником соя на 1,36-1,41 %, а по среднему значению на 1,35 %. Однако, по сравнению с предшественником рис по рису, он был выше в среднем за годы исследований по горизонтам на 0,41-0,53 %, а среднему значению на 0,47 %. Общая пористость в слое почвы 0,0-0,6 м вначале вегетации риса по предшественникам изменялась незначительно, в среднем по слою за годы исследований в пределах 51,43-49,80 %.

К уборке риса в связи с уплотнением почвы наблюдается заметное снижение общей пористости в слоях 0,0-0,3 и 0,0-0,6 м по всем предшественникам. Максимальные её значения в рассматриваемых слоях отмечены по сое, которые в среднем за 3 года составили 51,05 и 49,51 % соответственно, а минимальные, 49,95 и 48,59 %, в варианте по предшественнику рис. Сложившиеся на разных предшественниках показатели характеристики пористости почвы оказали влияние на её водопроницаемость (рисунок 1).

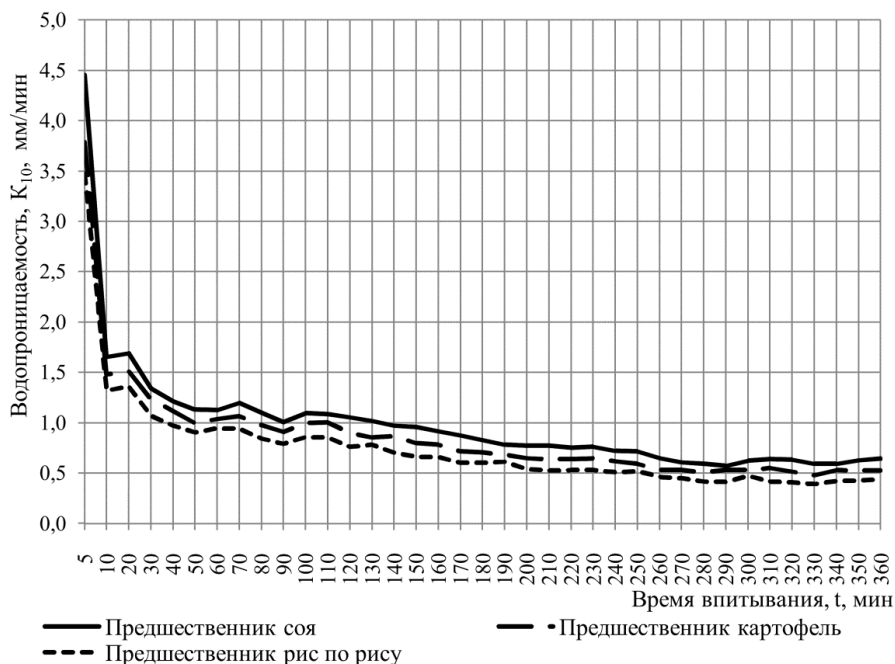


Рисунок 1 – Водопроницаемость почвы на опытном участке по изучаемым предшественникам пред посевом риса (среднее за 2014-2016 гг.)

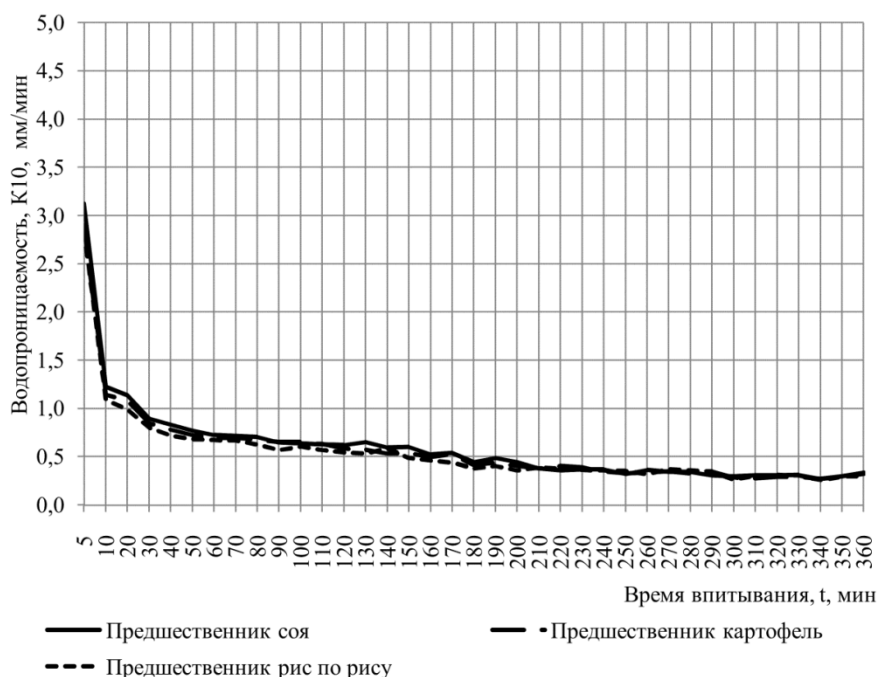


Рисунок 2 – Водопроницаемость почвы на изучаемых предшественниках после уборки риса (среднее за 2014 - 2016 гг.)

Анализ данных рисунка 1 показывает, что перед посевом риса максимальная водопроницаемость почвы в среднем за 3 года отмечалась по предшественнику сое и за шесть часов наблюдений она снижалась с 4,45 до 0,64 мм/мин.

В варианте по предшественнику картофель эти показатели в среднем за 3 года были ниже на 0,67 и 0,11 мм/мин, однако выше, по сравнению с вариантом, где предшественником был рис – на 0,31 и 0,09 мм/мин.

К уборке риса на всех предшественниках произошло уплотнение почвы, вследствие чего фильтрационные свойства её по предшественникам выравнивались и по средним за 3 года данным водопроницаемость почвы по всем предшественникам была практически равновесной со снижением за 6 часов от 3,12 до 0,29 мм/мин (рисунок 2).

Анализ трёхгодичных данных показал, что по скорости впитывания за 1 час почва опытного участка независимо от предшественника изменяется перед посевом риса от 81,6 до 66,0 мм/ч и после уборки от 55,8 до 49,8 мм/ч.

Урожайность и эвапотранспирация риса по предшественникам при капельном орошении. Анализ полученных нами результатов, представленных в таблице 3, показал, что максимальная урожайность риса на фоне внесения макроудобрений, рассчитанных на урожайность 5 т/га, сформировалась на предшественнике соя. В среднем за 3 года она составила 5,05 т/га зерна. По предшественнику картофель урожайность была ниже, чем по сое на 0,15 т/га, но выше на 0,14 т/га зерна, по сравнению с вариантом рис по рису.

Таблица 3 – Урожайность риса по предшественникам, т/га зерна

Предшественник	Год исследований			Средняя
	2014	2015	2016	
Соя	4,96	5,03	5,16	5,05
Картофель	4,78	4,91	5,02	4,90
Рис по рису (St)	4,62	4,77	4,89	4,76
НСР ₀₅ : 2014 г. – 0,118; 2015 г. – 0,139; 2016 г. – 0, 127				

Математическая обработка данных по урожайности показала (таблица 3), что прибавка зерна, по сравнению с контролем (рис по рису) по всем предшественникам, за исключением картофеля в 2016 году, была существенной. По предшественнику сое существенная прибавка урожайности получена и по сравнению с картофелем.

Наибольшее суммарное водопотребление (эвапотранспирация) сложилось на посевах риса по сое и по годам составило 5753-5803 м³/га. В вариантах, где предшественниками были картофель и рис по рису расход воды растениями уменьшился, по сравнению с предшественником соей, соответственно в 2014 году на 157 и 248, в 2015 – 160 и 277, в 2016 – 157 и 253 м³/га (таблица 4).

В структуре водного баланса основной приходной статьёй была, как и при орошении риса по традиционной технологии, оросительная вода. Максимальное её количество, 87,2 и 63,5 % за период опытов, отмечалось по предшественнику рис. В варианте, где рис размещали по картофелю затраты оросительной воды по годам исследований снизились на 1,4 и 1,1 % соответственно, но была выше, чем в варианте по сое на 2,4 и 1,7 %.

Выпадающие в течение вегетационного периода осадки играют более заметную роль в структуре суммарного водопотребления аэробного риса, по сравнению с орошением затоплением. Так, по разным предшественникам на долю осадков в годы исследований приходилось от 8,6 до 31,8 % суммарного водопотребления с числовыми значениями от 497 до 1760 м³/га.

Таблица 4 – Водный баланс эвапотранспирации аэробного риса
по разным предшественникам

Годы иссле- дований	Предше- ственник	Количество поливов Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма		Приход влаги от осадков		Использование почвенной влаги		Суммар- ное водопо- требление, м ³ /га
			м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%	
2014	Соя	$\frac{10}{370} \text{ и } \frac{2}{550}$	4800	83,4	497	8,6	456	7,9	5753
	Картофель	$\frac{10}{370} \text{ и } \frac{2}{550}$	4800	85,8	497	8,9	299	5,3	5596
	Рис по рису	$\frac{10}{370} \text{ и } \frac{2}{550}$	4800	87,2	497	9,0	208	3,8	5505
2015	Соя	$\frac{9}{370} \text{ и } \frac{1}{550}$	3880	66,9	1478	25,4	445	7,7	5803
	Картофель	$\frac{9}{370} \text{ и } \frac{1}{550}$	3880	68,7	1465	26,0	298	5,3	5643
	Рис по рису	$\frac{9}{370} \text{ и } \frac{1}{550}$	3880	70,2	1433	25,9	213	3,8	5526
2016	Соя	$\frac{8}{370} \text{ и } \frac{1}{550}$	3510	60,7	1763	30,5	511	8,8	5784
	Картофель	$\frac{8}{370} \text{ и } \frac{1}{550}$	3510	62,4	1763	31,3	354	6,3	5627
	Рис по рису	$\frac{8}{370} \text{ и } \frac{1}{550}$	3510	63,5	1760	31,8	261	4,7	5531

Важно отметить, что участие почвенной влаги в удовлетворении потребности риса в воде в сопоставимости с оросительной водой было противоположным. Так, наиболее эффективно почвенную влагу растения риса использовали, после сои и по годам исследований она изменялась в пределах от 7,9 до 8,8 %. Немного меньшие значения используемой почвенной влаги, 5,3-6,3 %, были отмечены по предшественнику картофель, менее эффективно – 3,8-4,7 %, по рису.

Заключение. Установлено, что плотность светло-каштановой тяжелосуглинистой почвы в слое 0,0-0,6 м перед посевом риса, орошаемого периодическими поливами, на изучаемых нами предшественниках изменялась в интервале 1,22-1,26 т/м³. Минимальные значения её, 1,22 т/м³, сложились на предшественнике сое. В варианте размещения риса по картофелю она была несколько выше, по сравнению с соей, и составила 1,25 т/м³. Максимальное уплотнение почвы наблюдалось в варианте посева риса по рису и в среднем по рассматриваемому слою составляло 1,26 т/м³. В пахотном слое (0,00-0,30 м) общая пористость максимальных значений достигала на посевах после сои и изменялась по десятисантиметровым горизонтам в интервале от 54,37 до 52,74 % при среднем по слою показателе 53,44 %. По предшественнику картофель этот показатель перед посевом риса в пахотном слое был ниже, по сравнению с соей, по среднему значению на 1,35 %, но выше по сравнению с предшественником рис по рису, по среднему для слоя значению на 0,47 %. В слое почвы 0,0-0,6 м общая пористость на разных предшественниках в начале вегетации имела незначительные различия и в среднем по слою изменялась в пределах 51,43-49,80 %. К концу вегетации риса водно-физические показатели характеристики по всем предшественникам выравнивались.

Максимальная водопроницаемость почвы перед посевом риса отмечалась на предшественнике соя. За шесть часов наблюдений она уменьшилась с 4,45 до 0,64 мм/мин. В варианте на предшественнике картофель эти показатели были ниже, по сравнению с соей на 0,67 и 0,11 мм/мин, но выше, чем на предшественнике рисе на 0,31 и 0,09 мм/мин.

Наибольшая урожайность риса получена в варианте по предшественнику соя на фоне внесения макроудобрений, рассчитанных на получение 5 т/га и составила в среднем за три года 5,05 т/га зерна. Наименьшее её значение, 4,76 т/га, отмечалось на предшественнике рис по рису.

Наибольшее суммарное водопотребление (эвапотранспирация) сложилось на посевах риса по сое и по годам составило 5753-5803 м³/га. В вариантах, где предшественниками были картофель и рис по рису, расход воды растениями уменьшился, по сравнению с предшественником соя соответственно в 2014 году на 157 и 248, в 2015-160 и 277, в 2016-157 и 253 м³/га.

Библиографический список

1. Влияние предшественников, норм посева и доз макроудобрений на продуктивность аэробного риса [Текст]/ И.П. Кружилин, М.А. Ганиев, К.А. Родин, А.Б., Невежина //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №4 (44). – С. 24-31.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. [Текст]/ Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Костяков, А.Н. Основы мелиорации [Текст] /А.Н. Костяков. – М.: Сельхозиздат, 1952. — 750 с.
4. Кружилин, И.П. Водосберегающая технология орошения риса периодическими поливами [Текст] /И.П. Кружилин // Вестник РАСХН. – 2009. – № 5. – С. 39-41.
5. Плешаков, В.Н. Методика полевого опыта в условиях орошения [Текст]/ В.Н. Плешаков. – Волгоград: Рекомендации ВНИИОЗ, 1983. – 149 с.
6. Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов [Текст]/ И.П. Кружилин, Е.А. Ходяков, Ю.И. Кружилин, А.М. Салдаев, А.В. Галда // Патент № 2204241, 20.05.2003.
7. Филин, В.И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая [Текст]/ В.И. Филин. - Волгоград, ВГСХА, 1994. – 274 с.
8. Kharitonov, E. Problems of growing rice in Russia and ways to solve them [Текст]/ E. Kharitonov, K.K. Jena, B. Hardy// Advances in temperate rice research. Los Baños (Philippines).- 2012. - 105 p.

References

1. Vliyanie predshestvennikov, norm poseva i doz makroudobrenij na produktivnost' a]robnogo risa [Tekst]/ I. P. Kruzhilin, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, A. B., Nevezhina //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - №4 (44). - S. 24-31.
2. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). - 5-e izd., dop. i pererab. [Tekst]/ B. A. Dospehov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 s.
3. Kostyakov, A. N. Osnovy melioracii [Tekst] /A. N. Kostyakov. - M.: Sel'hozizdat, 1952. - 750 s.
4. Kruzhilin, I. P. Vodosberegayuschaya tehnologiya orosheniya risa periodicheskimi polivami [Tekst] /I. P. Kruzhilin // Vestnik RASXN. - 2009. - № 5. - S. 39-41.
5. Pleshakov, V. N. Metodika polevogo opyta v usloviyah orosheniya [Tekst]/ V. N. Pleshakov. - Volgograd: Rekomendacii VNIIOZ, 1983. - 149 s.
6. Sposob opredeleniya polivnyh norm pri kapel'nom oroshenii tomatov [Tekst]/ I. P. Kruzhilin, E. A. Hodyakov, Yu. I. Kruzhilin, A. M. Saldaev, A. V. Galda // Patent № 2204241, 20.05.2003.

7. Filin, V. I. Spravochnaya kniga po rastenievodstvu s osnovami programmirovaniya urozhaya [Tekst]/ V. I. Filin. - Volgograd, VGSXA, 1994. - 274 s.

8. Kharitonov, E. Problems of growing rice in Russia and ways to solve them [Tekst]/ E. Kharitonov, K.K. Jena, B. Hardy// Advances in temperate rice research. Los Baos (Philippines). -- 2012. - 105 p.

E-mail: vniiioz@yandex.ru.

УДК 551.583:634.93

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ

THE CHANGING CLIMATE AND AGROFOREST AMELIORATION

К.Н. Кулик, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

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

Н.А. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук

K.N. Kulik, A.S. Rulev, N.A. Tkachenko

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»*

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

В статье представлен аналитический обзор научных работ сотрудников ВНИАЛМИ, связанных с вопросами изменения климата. Обсуждаются возможные причины глобальных его изменений, факторы, влияющие на трансформацию ландшафтов, роль защитного лесоразведения в системе мероприятий по адаптации сельского хозяйства к неблагоприятным климатическим условиям. Важнейшим фактором регулирования загазованности атмосферы, формирования баланса углерода в биосфере является его депонирование в растительном покрове и в почве. Количество углерода, непосредственно фиксируемое деревьями в различных агрохозяйственных системах варьирует в пределах 3-25 т/га, но в отдельных случаях достигает до 60 т/га. Наиболее углеродоёмкими являются молодые, интенсивно растущие насаждения. Трансформация ландшафтов на территории России произошла в результате распашки целинных и залежных земель. Пространство от лесостепи до сухих степей в настоящее время занято агроландшафтами, где черноземы распаханы на 75-90 %. В этой ситуации глобальные изменения климата способствуют дальнейшей деградации экосистем и снижению их разнообразия. Возрастающая засушливость климата, погодные аномалии последних лет осложняют решение задачи получать высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур. В агроландшафтах эффективно противодействовать многим неблагоприятным климатическим условиям помогают лесные полосы. Они занимают важное место в системе мероприятий по повышению урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия земель, защите посевов от засухи и суховеев, а почв от водной и ветровой эрозии. Из всех видов лесных насаждений наибольшее влияние на климат оказывают полезащитные лесные полосы. Взаимодействующая сеть лесонасаждений является основным пространственным организующим элементом агроэкосистемы.

The paper presents the analytical survey of scientific works of the researchers of the VNIALMI dealing with the aspects of changing climate. The possible reasons of climatic global changes, factors influencing the landscapes transformation, the role of protective afforestation within the system of measures for the adaptation of agricultural production to the unfavourable climatic conditions are discussed. Carbon sequestration in vegetation cover and in soil is the most important factor for regulation of gas pollution in the atmosphere. The amount of carbon fixed by trees in different farming systems ranges from 3 to 25 tons per hectare and sometimes reaches 60 tons per hectare. The young intensively growing forestations are the most carbon-absorbing ones. The ploughing of virgin and laylands resulted in the transformation of landscapes on the territory of Russia. The area from forest steppe to dry steppe zone is currently represented by agrolandscapes with tilled chernozem soils amounting up to 75-90 %. Under the circumstances, the global climatic changes promote further degradation of ecosystems and decrease of their variability. The growing

aridity of climate, weather extremes of last years complicate the development of the problem to obtain high and stable productivity of agricultural crops. The forest belts growing in agrolandscapes counteract effectively the unfavourable climatic conditions. They are a component in a system of measures aimed on growth of productivity of agricultural crops and soil fertility, and protection of acreages from droughts and dry winds, and soil conservation from water and wind erosion. The field protective windbreaks affect climate mostly in comparison to other types of forestations. The interaction of forestations within the common network is the main element for spatial arrangement of the agrarian ecosystem.

Ключевые слова: изменение климата, депонирование CO_2 , трансформация ландшафтов, засуха, пыльные бури, опустынивание, адаптация земледелия, защитные лесные насаждения.

Key words: climate change, CO_2 sequestration, landscape transformation, drought, dust storms, desertification, agricultural adaptation, protective forest plantations.

Введение. Последствия изменчивости климатических условий проявляются в росте приземной температуры воздуха, в изменении количества и пространственно-временного распределения осадков, в увеличении частоты повторяемости опасных агрометеорологических явлений (засухи, лесные пожары, пыльные бури, суховеи и т.д.) и неблагоприятных стрессовых изменений погоды, которые отрицательно сказываются на возможностях развития целого ряда отраслей, среди которых большое значение имеют сельское и лесное хозяйство. В результате изменения климата усиливаются процессы аридизации и опустынивания. В настоящее время для сельского и лесного хозяйств необходимо разработать план комплексных мер по адаптации к изменениям климата и достижению нейтрального баланса деградации земель. Научными сотрудниками ВНИ-АЛМИ (сейчас ФНЦ агроэкологии РАН) опубликовано большое количество печатных работ, посвященных этим вопросам.

Результаты и обсуждение. На сегодняшний день изучение современных климатических тенденций имеет важные прикладные следствия, так как хозяйственная деятельность человека во многом определяется климатическими ресурсами.

В научной литературе существует множество толкований причин изменения климата, его проявлений, гипотез и прогнозов.

Многие исследователи [10] считают, что главным фактором современных глобальных изменений является потепление климата вследствие повышения концентрации парниковых газов в атмосфере под влиянием природных и антропогенных условий.

За последние десятилетия концентрация в атмосфере CO_2 выросла на треть, метана – в 2,5 раза, выброшены сотни миллионов тонн хлорфторуглеродов. Одновременно человек уничтожил до 40 % экосистем, выполняющих функцию регуляторов окружающей среды и уже не способных нейтрализовать последствия неадаптированной человеческой деятельности [14]. Важнейшим фактором регулирования загазованности атмосферы, формирования баланса углерода в биосфере является его депонирование в растительном покрове и в почве. В условиях роста концентрации CO_2 в атмосфере более ценными считаются те биогеоценозы и агролесоландшафты, которые способны больше взять углекислого газа из атмосферы и дольше удерживать в себе углерод. Таковыми являются лесные биогеоценозы и лесоаграрные ландшафты [12].

По данным Архангельской Г.П. [2], количество углерода, непосредственно фиксируемое деревьями в различных агрохозяйственных системах, обычно варьирует в пределах 3-25 т/га, но в отдельных случаях достигает до 60 т/га. Подсчитано, что на территории малолесных промышленно развитых районов страны защитными лесными насаждениями секвестровано 426 млн т CO_2 [12].

В ходе исследований по изучению запаса углерода в древостоях Волгоградской области Архангельской Г.П. [2], Абакумовой Л.И. [1], Пугачевой А.М. [22] было установлено, что наиболее углеродоёмкими являются молодые, интенсивно растущие насаждения. Каждый гектар молодого леса изымает из атмосферы 1,5 т углерода в год [1, 2]. Удовлетворительно поглощают углерод средневозрастные насаждения. Спелые и перестойные насаждения углерод практически не накапливают, так как масса поглощенной ими при фотосинтезе углекислоты почти равна массе углекислоты, образующейся при дыхании. По запасам углерода (в перерасчете на гектар) выделяются сосновые насаждения. Уже в молодняках накапливается углерода в среднем 22,6 т/га, а к спелому возрасту до – 82,4 т/га. Из лиственных пород более всего аккумулировано углерода в насаждениях дуба и вяза. По интенсивности годичного депонирования углерода выделяются дуб и сосна. Всего в год лесные насаждения области поглощают из атмосферы 1173,8 тыс. т углекислого газа, что эквивалентно 320,1 тыс. т углерода [2].

Депонирование углекислоты происходит не только надземной фитомассой растительности, но и почвой путем новообразования гумуса. По данным В.М. Кретинина [13], под защитными лесными насаждениями (ЗЛН) на территории от лесной до полупустынной природных зон образуется биогеоценотический слой лесной постилки, депонирующий углерод. В лесомелиорированной почве образуется гумус от разложения надземных и подземных растительных остатков и в значительном количестве за счет задерживания продуктов смыва и дефляции почв. Таким же образом образуется гумус в почве на прилегающих к лесным насаждениям сельскохозяйственных угодьях. И в целом ЗЛН и лесомелиорированные почвы могут рассматриваться как один из углеродных пулов биосферы.

В результате исследований Кретинин В.М. [13, 14] выявил, что под влиянием лесомелиорации в почвах Волгоградской области аккумулировано 9,869 млн т гумуса и депонировано 20,67 млн т CO_2 . В России под ЗЛН в слое 0-100 см накоплено 118,26 млн т гумуса, под лесомелиорированными сельскохозяйственными угодьями 82,39 млн т и, таким образом, на всей площади депонировано 426,47 млн т углекислоты [13].

Аккумулированный гумус (и углерод) прочно и надолго удерживается в почве. Глобальное потепление за период от нескольких десятилетий до столетий слабо отразится на динамике углерода и органического вещества в почве [13].

Проблемами депонирования CO_2 в растительном покрове и почве занимаются следующие ученые ВНИАЛМИ: Кретинин В.М. [12-14], Абакумова Л.И. [1], Архангельская Г.П. [2], Пугачева А.М. [22].

Среди ученых также есть мнение, что современная температурная вариация и тенденция роста температур обусловлена, в первую очередь, естественными причинами, а именно – напрямую связана с изменением солнечной активности, антропогенная деятельность изменяет лишь скорость течения естественных процессов [9, 10]. В своей работе В.П. Воронина [9] по результатам исследований делает вывод о том, что «вклад» человеческой деятельности в увеличении концентрации CO_2 в атмосфере в последние десятилетия, вероятно, существенно преувеличен. Она выявила, что причиной роста глобальных температур воздуха (на 70 %) является рост солнечной активности, а следствием этого является повышение концентрации CO_2 , которая, в свою очередь может играть роль катализатора повышающего скорость изменения температуры. При росте температур начинают меняться гидрологические составляющие в системе атмосфера – литосфера – гидросфера.

Проблемами охраны почв и ландшафтов в условиях глобального изменения климата при возрастающем антропогенном воздействии занимались Б.В. Виноградов [5], К.Н. Кулик, А.С. Рулев [15, 17].

Основным фактором изменения облика ландшафтов, по их мнению, стала беспрецедентная в мировом земледелии распашка целинных и залежных земель. Распашкой земель в степи разрушались многокомпонентные саморегулирующиеся естественные биогеоценозы, в которых природа тысячелетиями подгоняла организмы друг к другу и к неживым структурам. Пространство от лесостепи до сухих степей в настоящее время занято агроландшафтами, где черноземы распаханы на 75-90 %. В этой ситуации глобальные изменения климата способствуют дальнейшей деградации экосистем и снижению их разнообразия. При сохранении современного климатического тренда и экстенсивных форм природопользования следует ожидать дальнейшего сокращения черноземных степей и расширения площади сухих степей. При увеличении средней глобальной температуры на 1,4 °C [11] площадь степей увеличится в 2 раза с 11,2 до 20,3 % от площади территории бывшего СССР [17].

В исследованиях Кулика К.Н. и Рулева А.С. [15, 17], посвященных изучению и картографированию процессов опустынивания и деградации земель, большое внимание уделялось фитоэкологическим условиям, в особенности степени засушливости климата, которая рассчитывалась ими по нормализованному индексу аридности за более чем столетний временной интервал (1891-1997 гг.).

На основе метеоданных Рулевым А.С. [17] при помощи программного пакета Surfer и сравнительного анализа статистических показателей было проведено моделирование и картографирование скорости изменения индекса аридности климата, происходящих на территории Волгоградской области. Им выявлено, что величина приращения индекса за период исследования варьировал от +0,09 до - 0,04. Аридность климата ландшафтов уменьшалась, особенно в северо-западных районах области.

Картографо-статистический анализ индекса аридности подтвердил то, что одним из ключевых свойств ландшафтов является их полихронность [4]. Она заключается в том, что каждый компонент (приземный слой воздуха, подстилающие поверхности, поверхностные воды, растения, почвы, животные) ландшафтного ансамбля обладает своим характерным временем цикла развития и временем реакции на воздействие. Климатические флуктуации наиболее динамичны. Колебания увлажненности весьма быстро сказываются на водном балансе территории.

Трансформация земной поверхности на юго-востоке Европейской России, связанная с распашкой земель, сказалась на глобальном изменении климата, т.к. от свойств подстилающей поверхности зависит альbedo, то есть отношение количества отраженной от поверхности лучистой энергии Солнца к количеству падающей. Для территории России установлена [3] четкая связь уменьшения альbedo подстилающей поверхности в осенний, зимний, весенний сезоны с происходящим повышением температуры воздуха.

Однако при альбедном опустынивании (эффект Отермана-Чарни) наблюдается снижение температуры воздуха при возрастании альbedo опустыненных земель. В своей работе Б.В. Виноградов [5] при исследовании Черных земель (Р. Калмыкия) этот вид климатического опустынивания связал с развитием дефляционной деградации в 1950-1980 годах.

При работе с разновременными аэрокосмофотоснимками (АКФ) Черноземельского региона Калмыкии по тону фотоизображения он установил, что интегральный коэффициент отражения опустыненных пастбищ с 1954 г. по 1984 г. возрос на 45 %. По мнению Б.В. Виноградова, это приводит к неблагоприятным изменениям климата: к уменьшению относительной влажности воздуха, повышению температурных контрастов и континентальности климата, росту средних и в особенности максимальных летних температур поверхности почвы и приземного слоя воздуха, увеличению повторяемости смерчей и пыльных бурь и, как следствие, к уменьшению осадков, что способствует дальнейшему опустыниванию территории.

В дальнейшем Кулик К.Н. и Рулев А.С. [17] изучали как резкое повышение альбедо (появление светлых, по сравнению с целиной, пятен) на значительной площади территории приводит к изменению всех других мезо- и микроклиматических показателей. С этой целью были проведены измерения микроклиматических показателей на крупном очаге дефляции в 35 км юго-восточнее поселка Тавн-Гашун Яшкульского района Калмыкии. Одновременно показатели снимали на контроле (незатронутая дефляцией пастбище) и на закрепленных песках. В результате исследований выяснили, что на очагах дефляции с барханными комплексами альбедо, по сравнению с контролем и заросшими песками, повышается в среднем на 8 %. Температура воздуха на открытых песках меньше на 0,5-1 °С, почвы на 1-6 °С. Поскольку темная поверхность целины нагревается сильнее, то возникают мощные конвективные потоки разогретого воздуха, а его место стремится занять более прохладный воздух с очагов (квазибризовая циркуляция). Таким образом, происходит усиление скорости ветра на очагах порядка на 1-2 м/с. В зимнее время можно ожидать, что открытая светлая поверхность очагов охлаждается сильнее, чем прилегающая целина. В условиях антициклона здесь могут устанавливаться своеобразные зоны температурных инверсий с повышенной скоростью ветра. В таких условиях снег сдувается с очагов, соответственно, уменьшается количество весенней влаги. В результате происходит местная аридизация микроклимата, которая приводит к резкому ухудшению фитоэкологических условий.

Возрастающая засушливость климата, погодные аномалии последних лет осложняют решение задачи получать высокие и стабильные урожаи сельскохозяйственных культур. Большое количество исследований ВНИАЛМИ посвящено изучению влияния на агроферу глобального изменения климата.

Волошенкова Т.В. [8] на основе анализа экспериментальных данных по продуктивности зерновых культур (озимой пшеницы) в южных регионах Европейской части России разработала комплексную модель формирования урожая с учетом вариации влажностно-термического режима по фенологическим фазам развития культур. В ней учтены: возможная урожайность при отсутствии лимитирующих факторов, максимально вероятные запасы влаги, среднееголетние суммы температур в целом за вегетацию и по отдельным фазам развития, фактические запасы влаги и суммы температур, а также уровень запасов влаги, когда урожай культуры получить нельзя. Разработанная математическая модель и её компьютерная реализация – часть общей методологии прогноза продуктивности зерновых культур при нестабильных климатических характеристиках и глобальном изменении климата.

В агроландшафтах эффективно противодействовать многим неблагоприятным климатическим условиям помогают лесные полосы. Они занимают важное место в системе мероприятий по повышению урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия земель, защите посевов от засухи и суховеев, а почв – от водной и ветровой эрозии. Из всех видов лесных насаждений наибольшее влияние на климат оказывают полевые защитные лесные полосы [7, 8, 18, 19, 23 – 26]. Свое воздействие на окружающую территорию они оказывают через главный элемент микроклимата – ветер. По мере углубления в систему лесных полос скорости воздушного потока снижаются в среднем по междоусевым полосам шириной 400-500 м на 33 % весной и 50 % летом. Сокращая силу ветра, лесные полосы предупреждают дефляцию почв, удерживают снег на полях от сноса в овраги и балки, уменьшают испарение, охраняют сельскохозяйственные культуры от суховеев, морозов и пыльных бурь [21]. Учеными ВНИАЛМИ опубликовано большое количество работ, в которых говорится о роли защитного лесоразведения в борьбе с засухой, суховеями, пыльными бурями и эрозией почв [6, 7, 14, 16, 18, 20, 21].

Высокая противодефляционная эффективность систем полезащитных лесных полос особенно проявляется во время пыльных бурь. Их основное положительное влияние состоит в том, что они ослабляют скорость ветра и интенсивность турбулентного перемешивания воздушных масс. Изучение почвозащитной эффективности лесных полос ранней весной, когда они находились в безлистном состоянии, показало, что за лесной полосой скорость ветра резко снижается до минимума в зоне 2-5Н (Н-высота лесной полосы), а затем постепенно увеличивается и достигает уровня открытого поля на расстоянии около 35 Н. В безлистном состоянии молодые лесные полосы защищают область шириной 20-25 Н, на остальной же части межполосного пространства скорость ветра уменьшается не более, чем на 10 % [7, 16].

Наряду со снижением скорости и трансформацией ветрового потока под влиянием лесных полос происходит изменение других показателей климата.

В различных природных зонах полезащитные лесные полосы повышают относительную влажность воздуха. Особенно заметно повышение ее под влиянием полос в сухие, жаркие и суховейные дни. В напряженные дневные часы (12-15 часов) относительная влажность воздуха под защитой полос повышается на 1,5-3 %. В суховейную погоду на полях с сельскохозяйственными культурами влажность воздуха может повышаться на 10-15 %. Температура воздуха и почвы весной в дневные часы повышается среди лесных полос на 1-2 °С. В дальнейшем возрастающее влияние на температурный режим оказывают сами растения. Вблизи лесных полос под более развитой надземной массой растений почва меньше, чем вдали от насаждений, нагревается в дневные часы. Температура воздуха и почвы около лесных полос в летнее время снижется за счет более активного поглощения растениями солнечной энергии на транспирацию. Многочисленные экспериментальные данные Лазарева М.М. [21] свидетельствуют о том, что испарение на межполосных полях в засушливой степи снижается до 30-40 %. В системе полос непродуктивное испарение с полей снижается на 10-15 %. Умеряя температуру и повышая влажность среды, лесные полосы ускоряют рост и развитие растений, устраняют завядание и запал сельскохозяйственных культур, способствуют более экономному расходу воды на транспирацию [21].

Полезащитные лесные полосы оказывают значительное влияние на снегоотложение и снегораспределение, промерзание и оттаивание почвы, ее водно-физические свойства. Полосы сохраняют выпадающие твердые осадки с небольшим перераспределением в пределах защищенных полей, что создает потенциальные возможности дополнительного увлажнения в период весеннего снеготаяния. В лесозащищенных агроландшафтах наблюдается увеличение твердых осадков в 1,3, а в приполосных зонах – в 1,6-4,4 раза больше, чем в открытых [21]. В расчете на 1 га весной в почву среди лесных полос дополнительно впитывается 800-1000 м³ воды, что в сумме равноценно двум-трем вегетационным поливам [21]. В связи с увеличением влажности почвы, возрастает и поступление воды в водоносный горизонт. Подъем грунтовых вод в системе оказывает положительное влияние на произрастание культур с глубокой корневой системой, особенно многолетних трав, плодовых деревьев и самих лесных насаждений. Полезащитные лесные полосы, уменьшая теплообмен и увеличивая снегоотложение, утепляюще действуют на защищаемую ими территорию в холодные периоды. Промерзание почвы зимой на защищенной полосами территории меньше, чем без них. Это положительно сказывается на перезимовке озимых культур [21].

Таким образом, взаимодействующая сеть лесонасаждений является основным пространственным организующим элементом агроэкосистемы. В зависимости от назначения она противостоит засухам и суховеям, метелям, пыльным бурям, развеванию и передвижению песков, смыву и размыву, засолению, заболачиванию, загрязнению и в целом деградации почв и опустыниванию территории.

Заключение. Последствия изменчивости климатических условий проявляются в росте приземной температуры воздуха, в изменении количества и пространственно-временного распределения осадков, в увеличении частоты повторяемости опасных агрометеорологических явлений (засухи, лесные пожары, пыльные бури, суховеи и т.д.) и неблагоприятных стрессовых изменений погоды, которые отрицательно сказываются на возможностях развития целого ряда отраслей. Комплексное применение лесомелиоративных, агротехнических, гидротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий дает возможность с наибольшим успехом противостоять неблагоприятным климатическим явлениям. Работы сотрудников ВНИАЛМИ (сейчас ФНЦ агроэкологии РАН) подтверждают реальную возможность адаптации сельского и лесного хозяйства к изменениям климата и его аномалиям.

Библиографический список:

1. Абакумова, Л.И. Биологическая продуктивность полевых защитных лесных полос сухостепной зоны и запас углерода в них [Текст] / Л.И. Абакумова, В.А. Назаренко // Роль и место агролесомелиорации в современном обществе: сб. матер. междунар. науч.-практич. конф., 10-13 окт. 2006 г., г. Волгоград. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – С. 30-32.
2. Архангельская, Г.П. Роль защитных лесных насаждений в фиксации углекислоты [Текст] / Г.П. Архангельская // Роль и место агролесомелиорации в современном обществе: сб. матер. междунар. науч.-практич. конф., 10-13 окт. 2006 г., г. Волгоград. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – С. 32-37.
3. Будыко, М.И. Климат в прошлом и будущем [Текст] / М.И. Будыко – Л: Гидрометеиздат, 1980. – 216 с.
4. Величко, А.А. Устойчивость ландшафтной оболочки и ее био – и георазнообразие в свете динамики широтной зональности [Текст] / А.А. Величко // Известия АН СССР. Серия «География». – 1985. – №2. – С. 25-35.
5. Виноградов, Б.В. Долговременная динамика отражательной способности экосистем при опустынивании [Текст] / Б.В. Виноградов // Доклады РАН. – 1992. – Т. 324. – №4. – С. 908-911.
6. Виноградов, В.Н. Наука преграждает дорогу засухе и эрозии [Текст] / В.Н. Виноградов, Ю.Н. Коблев [Текст] // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1972. – №10 (202). – С. 1-4.
7. Волошенкова, Т.В. Значение лесных полос и агроприемов в борьбе с дефляцией каштановых почв – Т.В. Волошенкова // Вестник РАСХН. – 2001. – №6. – С. 53-55.
8. Волошенкова, Т.В. Лесные полосы и почвозащитная агротехника – факторы экологической безопасности земледелия / Т.В. Волошенкова // Земледелие. – 2009. – №7. – С. 6-8.
9. Воронина, В.П. Климатические изменения и прогноз агроклиматической ситуации на территории Северо-Западного Прикаспия [Текст] / В.П. Воронина // Экологические и социально-экономические аспекты устойчивого развития региона Нижней Волги. – М.: Издательство «Современные тетради», 2005. – С. 40-55.
10. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России [Текст] / Е.В. Абашина, А.Т. Барабанов, К.Н. Кулик и др; под ред. А. Л. Иванова, В. И. Кирюшина – Москва: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2009. – 518 с.
11. Кобак, К.И. Глобальное потепление и природные зоны [Текст] / К.И. Кобак, Н.Ю. Кондрашева // Метеорология и гидрология. – 1992. – № 8. – С. 91-98.
12. Кретинин, В.М. Влияние агролесомелиорации на секвестрирование CO₂ в России XX в [Текст] / В.М. Кретинин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, 2013. – № 2 (30). – С. 29-35.
13. Кретинин, В.М. Влияние лесомелиорации на аккумуляцию гумуса и биофильных элементов в почвах различных природных зон России [Текст] / В.М. Кретинин // Почвоведение. – 2004. – № 6. – С. 745-751.
14. Кретинин, В.М. Почвоулучшающая роль защитных лесных насаждений в семиаридных и аридных регионах Северного Кавказа и юго-востока ЕТР [Текст] / В.М. Кретинин // Теория и практика лесомелиоративного и лесоаграрного освоения аридных территорий. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – Вып. 1(109). – С. 91-99.

15. Кулик, К.Н. Глобальные изменения климата и проблемы охраны почв и ландшафтов [Текст] / К.Н. Кулик // Современные глобальные изменения природной среды. – Москва: Научный мир. – 2006. – Т. 2 – С. 289-305.
16. Кулик, К.Н. Пыльные бури на Нижней Волге весной 2015 года [Текст] / К.Н. Кулик, Н.Н. Дубенок // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 1. – С. 4-6.
17. Кулик, К.Н. Региональные изменения климата и проблемы сохранения ландшафтного разнообразия [Текст] / К.Н. Кулик, А.С. Рулев // Поволжский экологический вестник. Изд-во: ВолГУ. – 2005. – Вып. 11 – С. 325-332.
18. Кулик, К.Н. Лесомелиорация – основа создания устойчивых агроландшафтов в условиях недостаточного увлажнения [Текст] / К.Н. Кулик, А.М. Пугачева // Лесотехнический журнал. – 2016. – №3. – С. 29-40.
19. Кулик, К.Н. Полезащитные лесонасаждения и их роль в повышении продуктивности агроландшафтов [Текст] / К.Н. Кулик, А.М. Степанов // Вестник РАСХН. – 2008. – №1. – С. 21-23.
20. Кулик, К.Н. Развитие защитного лесоразведения в Российской Федерации в связи с климатическими рисками в земледелии [Текст] / К.Н. Кулик // Ученые записки Таврического национального ун-та им. В.И. Вернадского. Серия «География». – 2014. – Том 27 (66). – №2. – С. 59-64.
21. Лазарев, М.М. Роль защитного лесоразведения в борьбе с засухой и эрозией почв [Текст] / М.М. Лазарев // Проблемы борьбы с засухой и рост производства сельскохозяйственной продукции. – М.: Колос, 1974. – С. 331-335.
22. Пугачева, А.М. Углерододепонирующая активность защитных лесных насаждений степной зоны [Текст] / А.М. Пугачева // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: поиск новой модели: мат.междунар.науч.-практич. конф., 25-28 ноября 2013 г., г. Волгоград. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – С. 197-200.
23. Рулев, А.С. Лесная мелиорация – средство управления агроландшафтами юга РФ [Текст] / А.С. Рулев, А.В. Кошелев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 6 (38). – С. 68-70.
24. Рулева, О.В. Прогноз развития сельскохозяйственных культур в зоне влияния защитных лесных насаждений [Текст] / О.В. Рулева / Кормопроизводство. – 2004. – №3. – С. 14-15.
25. Рулева, О.В. Роль лесной мелиорации в продуктивности орошаемой пашни [Текст] / О.В. Рулева / Земледелие. – 2003. – №2. – С. 5.
26. Рулева, О.В. Теоретическо-методологическая оценка влияния лесных полос на биологическую продуктивность сельскохозяйственных культур в орошаемых агролесоландшафтах [Текст] / О.В. Рулева / Аграрный журнал. – 2006. – №6. – С. 62-67.
27. Степанов, А.М. Система лесных полос в борьбе с пыльными бурями и вымерзанием озимых на орошаемых землях [Текст] / А.М. Степанов, Е.М. Смертин // Бюллетень ВНИАЛМИ. – 1973. – Вып. 13 (67). – С. 26-30.

Reference

1. Abakumova, L.I. Biologicheskaya produktivnost polezashchitnykh lesnykh polos sukhostepnoy zony i zapas ugleroda v nikh [Текст] / L.I. Abakumova, V.A. Nazarenko // Rol i mesto agrolesomeliorsii v sovremennom obshchestve: sb.mater. mezhdunar. nauch.-praktich. konf., 10-13 okt. 2006 g., g. Volgograd. – Volgograd: VNIALMI, 2007. – S. 30-32.
2. Arkhangelskaya, G.P. Rol zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy v fiksatsii uglekisloty [Текст] / G.P. Arkhangelskaya // Rol i mesto agrolesomeliorsii v sovremennom obshchestve: sb.mater. mezhdunar. nauch.-praktich. konf., 10-13 okt. 2006 g., g. Volgograd. – Volgograd: VNIALMI, 2007. – S. 32-37.
3. Budyko, M.I. Klimat v proshlom i budushchem [Текст] / M.I. Budyko – L.: Gidrometeoizdat, 1980. – 216 s.
4. Velichko, A.A. Ustoychivost landshaftnoy obolochki i ee bio – i georaznoobraziye v svete dinamiki shirotnoy zonalnosti [Текст] / A.A. Velichko // Izvestiya AN SSSR. Seriya «Geografiya». – 1985. – №2. – S. 25-35.
5. Vinogradov, V.N. Nauka pregrazhdayet dorogu zasukhe i erozii [Текст] / V.N. Vinogradov, Yu.N. Koblev [Текст] // Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. – 1972. – №10 (202). – S. 1-4.
6. Vinogradov, B.V. Dolgovremennaya dinamika otrazhatelnoy sposobnosti ekosistem pri opustynivanii [Текст] / B.V. Vinogradov // Doklady RAN. – 1992. – T. 324. – №4. – S. 908-911.

7. Voloshenkova, T.V. Znachenije lesnykh polos i agropriyemov v borbe s deflyatsiyey kashtanovykh pochv – T.V. Voloshenkova // Vestnik RASKhN. – 2001. – №6. – S. 53-55.
8. Voloshenkova, T.V. Lesnyye polosy i pochvozashchitnaya agrotehnika – faktory ekologicheskoy bezopasnosti zemledeliya / T.V. Voloshenkova // Zemledeliye. – 2009. – №7. – S. 6-8.
9. Voronina, V.P. Klimaticheskiye izmeneniya i prognoz agroklimaticheskoy situatsii na territorii Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Tekst] / V.P. Voronina // Ekologicheskkiye i sotsialno-ekonomicheskkiye aspekty ustoychivogo razvitiya regiona Nizhney Volgi. – M.: Izdatelstvo «Sovremennyye tetrady». 2005. – S. 40-55.
10. Globalnyye izmeneniya klimata i prognoz riskov v selskom khozyaystve Rossii [Tekst] / E.V. Abashina, A.T. Barabanov, K.N. Kulik i dr; pod red. A.L. Ivanova, V.I. Kiryushina – Moskva: Rossiyskaya akademiya selskokhozyaystvennykh nauk, 2009. – 518 s.
11. Kobak, K.I. Globalnoye potepleniye i prirodnyye zony [Tekst] / K.I. Kobak, N.Yu. Kondrasheva // Meteorologiya i gidrologiya. – 1992. – № 8. – S. 91-98.
12. Kretinin, V.M. Vliyaniye agrolesomeliyatsii na sekvestirovaniye CO₂ v Rossii XX v [Tekst] / V.M. Kretinin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyssheye professionalnoye obrazovaniye. 2013. – № 2 (30). – S. 29-35.
13. Kretinin, V.M. Vliyaniye lesomeliyatsii na akkumulyatsiyu gumusa i biofilnykh elementov v pochvakh razlichnykh prirodnnykh zon Rossii [Tekst] / V.M. Kretinin // Pochvovedeniye. – 2004. – № 6. – S. 745-751.
14. Kretinin, V.M. Pochvouluchshayushchaya rol zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy v semiaridnykh i aridnykh regionakh Severnogo Kavkaza i yugo-vostoka ETR [Tekst] / V.M. Kretinin // Teoriya i praktika lesomeliyativnogo i lesoagrnogo osvoyeniya aridnykh territoriy. – Volgograd: VNIALMI, 2001. – Vyp. 1(109). – S. 91-99.
15. Kulik, K.N. Globalnyye izmeneniya klimata i problemy okhrany pochv i landshaftov [Tekst] / K.N. Kulik // Sovremennyye globalnyye izmeneniya prirodnoy sredy. – Moskva: Nauchnyy mir. – 2006. – T. 2 – S. 289-305.
16. Kulik, K.N. Pylnyye buri na Nizhney Volge vesnoy 2015 goda [Tekst] / K.N. Kulik, N.N. Dubenok // Vestnik rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki. – 2016. – № 1. – S. 4-6.
17. Kulik, K.N. Regionalnyye izmeneniya klimata i problemy sokhraneniya landshaftnogo raznoobraziya [Tekst] / K.N. Kulik, A.S. Rulev // Povolzhskiy ekologicheskyy vestnik. Izd-vo: VolGU. – 2005. – Vyp. 11 – S. 325-332.
18. Kulik, K.N. Lesomeliyatsiya – osnova sozdaniya ustoychivyykh ag-rolandshtafrov v usloviyakh nedostatochnogo uvlazhneniya [Tekst] / K.N. Kulik, A.M. Pugacheva // Lesotekhnicheskyy zhurnal. – 2016. – №3. – S. 29-40.
19. Kulik, K.N. Polezashchitnyye lesonasazhdeniya i ikh rol v povyshenii produktivnosti agrolandshtafrov [Tekst] / K.N. Kulik, A.M. Stepanov // Vestnik RASKhN. – 2008. – №1. – S. 21-23.
20. Kulik, K.N. Razvitiye zashchitnogo lesorazvedeniya v Rossiyskoy Federatsii v svyazi s klimaticheskimi riskami v zemledelii [Tekst] / K.N. Kulik // Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo un-ta im. V.I. Vernadskogo. Seriya «Geografiya». – 2014. – Tom 27 (66). – №2. – S. 59-64.
21. Lazarev, M.M. Rol zashchitnogo lesorazvedeniya v borbe s zasukhoi i eroziyey pochv [Tekst] / M.M. Lazarev // Problemy borby s zasukhoi i rost proizvodstva selskokhozyaystvennoy produktsii. – M.: Kolos, 1974. – S. 331-335.
22. Pugacheva, A.M. Uglerododeponiruyushchaya aktivnost zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy stepnoy zony [Tekst] / A.M. Pugacheva // Agrolesomeliyatsiya v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya: poisk novoy modeli: mat.mezhdunar.nauch.-praktich. konf., 25-28 noyabrya 2013 g., g. Volgograd. – Volgograd: VNIALMI, 2013. – S. 197-200.
23. Rulev, A.S. Lesnaya melioratsiya – sredstvo upravleniya agrolandshtafami yuga RF [Tekst] / A.S. Rulev, A.V. Koshelev // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 6 (38). – S. 68-70.
24. Ruleva, O.V. Prognoz razvitiya selskokhozyaystvennykh kultur v zone vliyaniya zashchitnykh lesnykh nasazhdeniy [Tekst] / O.V. Ruleva / Kormoproizvodstvo. – 2004. – №3. – S. 14-15.
25. Ruleva, O.V. Rol lesnoy melioratsii v produktivnosti oroshayemoy pashni [Tekst] / O.V. Ruleva // Zemledeliye. – 2003. – №2. – S. 5.

26. Ruleva, O.V. Teoreticheskoye-metodologicheskaya otsenka vliyaniya lesnykh polos na biologicheskuyu produktivnost selskokhozyaystvennykh kultur v oroshayemykh agrolesolandshtakh [Tekst] / O.V. Ruleva / Agrarnyy zhurnal. – 2006. – №6. – S. 62-67.

27. Stepanov, A.M. Sistema lesnykh polos v borbe s pylnymi buryami i vymerzaniyem ozimyykh na oroshayemykh zemlyakh [Tekst] / A.M. Stepanov, E.M. Smertin // Byulleten VNIALMI. – 1973. – Vyp. 13 (67). – S. 26-30.

E-mail: natulyat@mail.ru

УДК 634.93:551.4

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА
АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО
ОБУСТРОЙСТВА БАЛОЧНЫХ ВОДОСБОРОВ**
**SCIENTIFIC BASING OF THE INNOVATIVE PROJECT
FOR AGROFOREST MELIORATIVE ADAPTIVE-LANDSCAPE ARRANGMENT
OF RAVINE DRAINAGE AREA**

А.Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

А.В. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук

A.T. Barabanov, A.V. Kulik

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

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

Дано научное обоснование агролесомелиоративного обустройства сельскохозяйственных земель в системе адаптивно-ландшафтного земледелия на балочных водосборах. Оно предусматривает назначение каждому земельному выделу свою программу развития в единой системе функционирования агроландшафта. Целью адаптивно-ландшафтного земледелия является создание условий для такой деятельности, которая обеспечила бы достижение высокой продуктивности сельскохозяйственных земель без нарушения их экологического состояния. Адаптивно-ландшафтное земледелие представляет собой систему управления агроландшафтом, построенную на основе знания закономерностей функционирования природных систем. Выполнен анализ природно-ресурсного потенциала балочных водосборов; дана оценка влияния поверхностного стока и эрозии на формирование современного состояния агроландшафтов; осуществлена типизация земельных массивов в агроландшафте; дано агроландшафтное обоснование соотношения природных и сельскохозяйственных угодий; осуществлена почвозащитная организация территории земельных угодий; дан анализ агроэкологического состояния и характера их использования в сельскохозяйственном производстве; выявлена структура угодий и посевных площадей. Для каждой выделенной группы земель определен характер использования; выделены севооборотные массивы под зернопаропропашные и почвозащитные севообороты в соответствии с дифференциацией агроэкологических условий на склонах с учетом их крутизны, эродированности почв, интенсивности современных процессов эрозии, почвозащитных свойств сельскохозяйственных культур и требовательности их к условиям произрастания. Определены размеры полей и схема размещения их на территории. На основе теоретических и эмпирических моделей, разработанных во ВНИАЛМИ, рассчитаны расстояния между стокорегулирующими лесополосами, определено их место размещения на водосборах. Эти и другие разработки служат основой для создания систем адаптивно-ландшафтного земледелия. Создание такой системы сводится к решению общей задачи оптимального управления ландшафтом и реализуется путем последовательного решения частных задач. В результате введения и освоения этих систем земледелия уменьшится эрозионная нагрузка на пашню и увеличится ее продуктивность.

The scientific basing of agroforest meliorative arrangement of agricultural lands within the adaptive-landscape farming system on ravine drainage area is given. It provides the development of a definite program for each land site within a single system of functioning of the agrolandscape. The purpose of adaptive-landscape farming is the creation of the conditions for such activity which would

provide high efficiency of farmlands and would not allow distraction of their ecological state. Adaptive-landscape farming is the system of agrolandscape management developed with the knowledge of the regularities of natural systems functioning. The analysis of natural-resource potential of ravine drainage area is made; the influence of surface flow and erosion on the formation of the current state of agrolandscapes is estimated; the land areas typification within the agrolandscape is carried out; the agrolandscape basing for the correlation of natural and agricultural lands is given; the soil-protection arrangement of lands is developed, the analysis of their agroecological state and use in agricultural production is given; the structure of lands and crop areas is given. The type of use for each land group is defined; the crop-rotation sites for grain crops-fallowing-ploughing and soil-protective crop rotations are allocated according to the differentiation of agroecological conditions on slopes with consideration of their steepness, of soil erodibility, intensity of current erosion processes, soil-protective properties of crops and their need in growth conditions. The dimensions of fields and their placement on the territory are determined. The distances between runoff-regulation forest belts are calculated, their location on drainage areas are defined on the basis of the theoretical and empirical models developed in the VNIALMI. The said and similar research is a basis for the development of adaptive-landscape farming systems. The development of such a system comes down to the solution of a general problem of a landscape optimum management and is implemented by the serial solution of separate tasks. The development and introduction of said farming systems will result in decrease of erosive load an arable land and increase of its efficiency.

Ключевые слова: эрозия почвы, адаптивно-ландшафтная система земледелия, противоэрозионная организация территории, размещение защитных лесных насаждений, структура угодий и посевных площадей.

Key words: soil erosion, adaptive-landscape farming system, lands arrangement for erosion control, allocation of protective forest belts, structure of farm and crop lands.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Оптимизация регулирования весеннего паводка на основе разработки высокоточного прогноза поверхностного стока талых вод в бассейне Волжско-Камского каскада водохранилищ, способствующего снижению отрицательного экологического влияния на Волго-Ахтубинскую пойму: экологические, социальные аспекты – улучшение условий жизни людей и животных» № 16-16-34001

Введение. Защита почв от эрозии – проблема сложная, и решаться она должна комплексно. В Правобережье Дона до 30 % пашни подвергается водной эрозии. В результате теряется гумус, ухудшаются водно-физические свойства и плодородие почв. Целью настоящей работы является научное обоснование разработки инновационного проекта агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории балочных водосборов. Исследования проводились на примере двух балочных водосборов (б. Крутой Лог и Каменная) Серафимовичского района Волгоградской области. Изучаемая территория относится к засушливому агроклиматическому району с гидро-термическим коэффициентом 0,7-0,65. Основной особенностью климата является резкая его континентальность. Преобладают суховейные ветры юго-восточного и восточного направлений. Среднегодовое количество осадков 402 мм [10]. Территория района входит в состав Донской сухостепной провинции темно-каштановых и каштановых почв. Степная травянистая растительность встречается, главным образом, по склонам балок, древесно-кустарниковая представлена пойменными и балочными лесами.

Из общей площади сельскохозяйственных угодий водосборов под посевы отведено 2473 га, под сенокосы и пастбища – 815 га. В структуре пашни большую часть занимают пар, озимые и пропашные культуры, что способствует интенсивному развитию эрозионных процессов. Ярусное размещение сельскохозяйственных культур на склонах, когда в нижней более крутой его части размещается пар, а в верхней (пологой) озимые культуры при ливнях приводит к катастрофическому смыву на парах. При размещении в нижней части склона яровых культур (особенно при отвальной зяби), а в верхней – ози-

мых (стокообразующих культур) происходит катастрофический смыв на зяби. Применение агротехнических противоэрозионных приемов не позволяет снизить эрозию до допустимых пределов из-за недостаточной их эффективности [1].

Агролесомелиоративное обустройство территории балочных водосборов предусматривает разработку каждому земельному выделу своей программы развития в единой системе функционирования агроландшафта, которая обеспечит высокую продуктивность сельскохозяйственных земель при адаптивно-ландшафтном земледелии без нарушения их экологического состояния. Элементами такого земледелия являются: почвозащитная организация территории, оптимальная структура посевных площадей и севооборотов, система обработки почвы и почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, система лесо-, лугомелиоративных и гидротехнических мероприятий, система удобрений и защиты растений. Почвозащитная организация территории предусматривает выделение севооборотных массивов с учетом крутизны склона, эродированности почв, интенсивности современных процессов эрозии; выбор и разработку схем севооборотов; определение размеров полей и размещение их на территории; рациональное размещение лесных полос и других линейных рубежей, мест гидротехнических сооружений и способов улучшения суходольных лугов.

Материалы и методы. Адаптивно-ландшафтное обустройство территории водосборов должно базироваться на оценке противоэрозионной устойчивости агроландшафтов. Для характеристики подверженности поверхности эрозионным процессам необходимо определить текущий смыв почв в данных условиях сельскохозяйственного использования земель. Расчет осуществляется на основе разработанной Е.А. Гаршинёвым теории и созданных им математических моделей [5, 6], в основе которых лежат знания об эволюции эрозионных форм рельефа и условиях формирования эрозионно-гидрологического процесса. Им установлено, что все формы склонов могут быть описаны функцией [6]:

$$H = (H_{\max} - H_{\min}) / (1 + \exp(-a + bL)) + H_{\min}, \quad (1)$$

где H , $H_{\max}$, $H_{\min}$ – текущая, максимальная (водораздела) и минимальная (подножия) отметки склона; L – длина (горизонтальное проложение) склона от водораздела; a и b – параметры крутизны и формы склона.

После получения характеристик форм склона расчет текущего смыва почвы определяют из выражения [6, 7]:

$$W = \alpha [K] h^s (\varphi_1 P^2)^n L^p, \quad (2)$$

где α – коэффициент, учитывающий размерность и пропорциональность; $[K]$ – произведение коэффициентов, учитывающих почвенные условия и эффективность агротехнических и прочих приемов; h – слой стока; $s = 0,95$; $\varphi_1 = bc\varphi/\Delta P$; $\varphi = \exp(-bL)$; $c = \exp(a)$; $P = \Delta H \cdot P_D = \Delta H[1 - H_{\min}] = \Delta H/(1 + c\varphi)$, $\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$; $P_D = 1/(1 + c\varphi)$; n, p , – параметры ($n \approx 1-2$, $p \approx 0,5-2$).

Использование этого уравнения позволяет также аналитически определять границы ландшафтных поясов (противоэрозионных фондов) и выполнять картографирование и районирование территории.

Параметры поверхностного стока, необходимые для расчета смыва, определяются по уравнению [2]:

$$y = \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot Si) / \sum_{i=1}^n Si - y_{\text{пэм}},$$

где Y – слой стока с сельскохозяйственных угодий, мм; Y_i – слой стока с i -того агрофона, мм; Si – площадь агрофонов, га; $y_{\text{пэм}}$ – стокорегулирующий эффект от применения противоэрозионных мероприятий (лесомелиоративных, агротехнических и гидротехнических), мм.

При планировании комплекса противоэрозионных мероприятий необходимо исходить из того, что в ходе процессов рельефообразования, а также под воздействием природных и антропогенных факторов на водосборных бассейнах разного ранга и их склонах сложились разные почвенно-экологические условия. Учитывая это, была разработана классификация склоновых земель [7], согласно которой выделены в виде ландшафтных поясов приводораздельные и присетевые склоны, а также земли гидрографической сети. Для каждого фонда определяется свой характер использования и набор противоэрозионных мероприятий.

При определении характера использования земель учитывается снижение урожайности на почвах разной степени эродированности. В наибольшей степени реагируют на смывость почвы пропашные культуры, а меньше – многолетние травы. Важное значение в размещении сельскохозяйственных культур на склоне имеет знание их почвозащитной роли. Наиболее опасны в эрозионном отношении черный пар, отвальная зябь и пропашные культуры, поэтому их не следует размещать на смытых почвах, особенно сильно- и среднесмытых. На подверженных эрозии землях целесообразно выращивать культуры с высокой почвозащитной эффективностью (многолетние травы и культуры сплошного сева (зерновые, однолетние травы)) [4].

Результаты и обсуждение. При проектировании агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства балочных водосборов были проведены полевые изыскания с использованием плановой основы внутрихозяйственного землеустройства, почвенной и топографической карт масштаба 1:25000. Выполнены рекогносцировочные обследования сельскохозяйственных угодий, овражно-балочной сети и существующих лесонасаждений, агролесомелиоративное обследование площадей под проектируемые стокорегулирующие лесополосы, проведен сбор данных по природной и хозяйственной характеристике землепользования.

Результаты обследования водосборов показали, что рельеф их сложный. Базис эрозии составляет 40-50 м. К основному руслу балок примыкают ряд отвершков, на которых местами образовались современные размывы (овраги). Водосбор б. Каменная является верхним звеном большой балочной системы, впадающей в р. Чир. Водосбор б. Крутой Лог расположен в правобережье р. Цуцкан, поэтому склоны наиболее густо расчленены овражно-балочной сетью. Общая площадь водосборов балок 3288 га. Преобладающими почвами являются темно-каштановые глинистые и тяжелосуглинистые, местами встречаются южные черноземы [8]. Содержание гумуса в них колеблется от 2,7 % до 3,8 %. Под лесополосы и сплошное облесение отведено 177,3 га. В лесных полосах преобладают вяз обыкновенный и мелколистный, клен ясенелистный, ясень зеленый, груша лесная, клен татарский, лох узколистный, жимолость татарская, смородина золотистая, яблоня.

С целью осуществления противоэрозионной организации территории нами составлена карта крутизны склонов на основе обработки цифровой модели рельефа при помощи пакетов прикладных программ SASPlanet, Global Mapper и Surfer 12 по методике В. Г. Юферева [9]. Крутизна склонов б. Каменная изменяется от 0° на водоразделе до 1,5° (местами 2-3°) в присетевой части (около бровки балки) и до 4-5° на ее берегах. Длина склонов колеблется от 0,5 до 1,45 км. Крутизна склонов б. Крутой Лог изменяется от 0° на водоразделе до 1,5° в присетевой части (около бровки балки) и до 4-5° на ее берегах. Длина склонов местами до 2,3 км, что приводит к интенсивному развитию на них эрозионных процессов.

Анализируя карту крутизны склонов, были выделены эрозионные фонды и рекомендовано следующее использование территории балочных водосборов (рисунок 1): земли на приводораздельных частях склонов должны использоваться в зернопаропропашных севооборотах с максимальным насыщением парами и пропашными культурами

ми, присетевые части склонов отводиться под почвозащитные севообороты с многолетними травами. Такое соотношение культур определяет структуру посевных площадей (таблица 1).

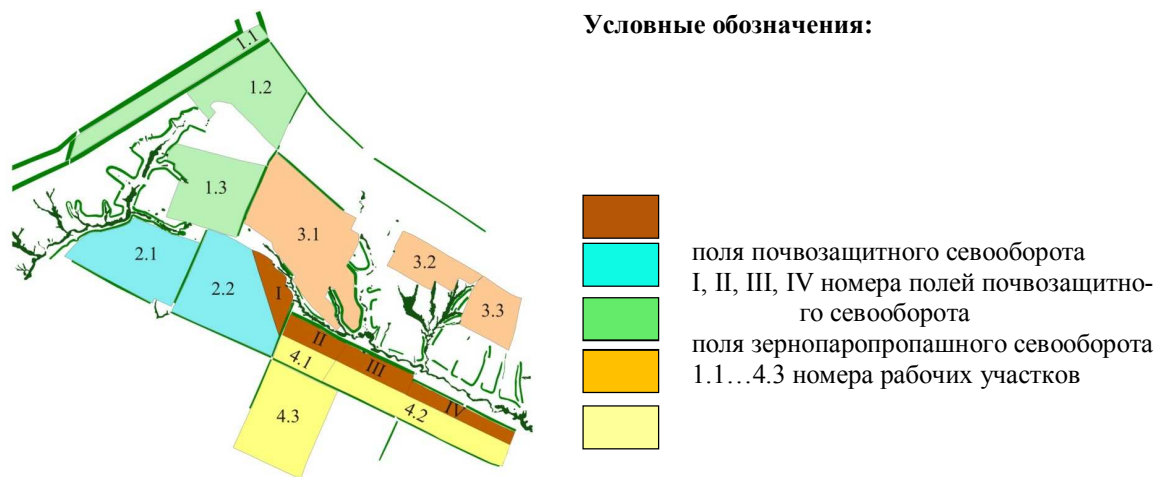


Рисунок 1 – Схема размещения полей
зернопаропропашного и почвозащитного севооборотов

Таблица 1 – Схемы севооборотов и структура использования пашни

Севооборот	Кол-во полей	Структура использования пашни, %			
		чистые пары	зерновые	технические	многолетние травы
Зернопаропропашной: 1. Чистый пар – 2. Озимые – 3. Яровые – 4. Подсолнечник	4	25	50	25	-
Почвозащитный: 1. Яровые с подсевом многолетних трав – 2–5. Многолетние травы	4	-	25	-	75

Определение местоположения стокорегулирующих лесополос на местности и расчет расстояний между ними осуществляли по методике Е.А. Гаршичева [6, 7]. На топокарте по линиям тока был рассчитан смыв почвы и определены рубежи лесополос и расстояния между ними (рисунок 2).

Расчет расстояний между лесополосами проводился по формуле Е.А. Гаршинёва [5]:

$$L_{\text{мпи}} = (L_{\text{ди}} + L_b) \leq L_{\text{ci}} \leq L_p(4),$$

где $L_{\text{ди}}$ – длина отрезков склона, на каждом из которых текущий смыв достигает допустимой величины, i – порядковый номер лесной полосы и межполосного пространства (от водораздела), L_b – суммарная ширина прилегающих к опушкам лесополосы поясов, где темпы почвообразования превышают темпы смыва, L_{ci} – расстояние между лесными полосами с учетом уменьшения дальности их ветроломного влияния на склонах, L_p – расстояние между основными лесными полосами на участке с эрозией ниже допустимой величины.

Наши расчеты позволили определить рекомендованную для данных условий ширину межполосного пространства в пределах 200-350 м. Более редкое размещение рубежей не позволит зарегулировать сток и не обеспечит должного ветроломного эффекта, оптимизацию снегоотложения и получение максимального агрономического эффекта.

Лесополосы проектируются 2-3-рядные (прибалочные до 5 рядов) с шириной междурядий 3 м и расстоянием в ряду между растениями 1-1,5 м, обеспечивающие поглощение около 300-400 мм талых вод (10-15 мм полевого стока). В качестве главных пород использовались дуб черешчатый, робиния лжеакация, гледичия, ясень зеленый, вяз приземистый, отличающиеся быстрым ростом, высокой устойчивостью, относи-

тельной долговечностью, хорошими аэродинамическими свойствами. Для улучшения снегоотложения вводятся низкорослые кустарники: айва японская, миндаль низкий, магония падуболистная.

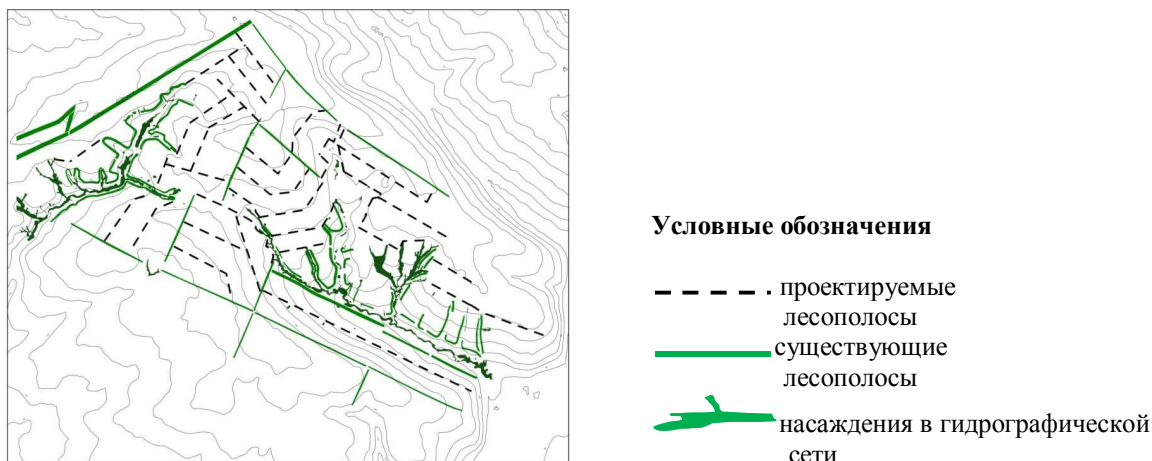


Рисунок 2 – Проект размещения стокорегулирующих лесных полос

Местами лесополосы усиливаются гидротехническими сооружениями, которые представляют собой каналы глубиной не менее 1,5 м, шириной 0,8 м, сооружаемые в нижнем междурядье. Земляные валы высотой 0,5-0,6 м устраиваются в пределах нижней закрайки. На ложбинах высоту валов целесообразно увеличить до 1-1,5 м, каналы желательно делать прерывистыми с перемычками через 100-150 м.

Конструкции лесополос должны быть дифференцированы в зависимости от назначения, места расположения на склоне, крутизны склонов и др. [3].

Заключение. Осуществление научно-обоснованного инновационного проекта агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории, в котором разработана схема размещения стокорегулирующих лесополос, для каждой группы земель назначен характер использования, определены границы полей и севообороты в соответствии с дифференциацией рельефа и с учетом эродированности пашни и почвозащитной роли сельхозкультур, обеспечит полное зарегулирование стока, предотвращение эрозии почв и увеличение продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Библиографический список

1. Барабанов, А.Т. Роль и место агролесомелиорации в адаптивно-ландшафтной системе земледелия [Текст] / А.Т. Барабанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2(38). – С. 22-31.
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. Снегоотложение в системе стокорегулирующих лесополос [Текст] / А.Т. Барабанов, А.И. Узолин, А.В. Кулик // Агролесомелиорация в 21 веке: состояние, проблемы, перспективы, фундаментальные и прикладные исследования: матер. Междунар. науч.-практ. конф. мол. уч. и спец-ов, Волгоград, 26-28 октября 2015 г. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. – С. 28-31.
4. Ванин, Д.Е. Система земледелия Курской области [Текст] / Д.Е. Ванин и [др.]. – Курск: Курская правда, 1982. – 204 с.
5. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: экспериментальная оценка, расчет, проектирование [Текст] / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. – 220 с.
6. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: теория и модели [Текст] / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 196 с.
7. Кочетов, И.С. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов [Текст] / И.С. Кочетов и [др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 83 с.

8. Кошелев, А.В. Среднемасштабное цифровое картографирование агролесомелиорированных темно-каштановых почв в эрозионных агроландшафтах Волгоградской области [Текст] / А.В. Кошелев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6(62). – С. 45-49.

9. Рулев, А.С. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов [Текст] / А.С. Рулев, В.Г. Юферев, М.В. Юферев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. – 149 с.

10. Сажин, А.Н. Погода и климат Волгоградской области [Текст] / А.Н. Сажин, К.Н. Кулик, Ю.И. Васильев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2010. – 306 с.

Reference

1. Sazhin, A.N. Weather and climate of the Volgograd region [Text] / A.N. Sazhin, K.N. Kulik, Yu.I. Vasilyev. – Volgograd: VNIALMI, 2010. – 306 p.

2. Barabanov A.T. Agrosilviculture role and place in adaptive landscape agriculture [Text] / A.T. Barabanov // Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. – № 2(38). – PP. 22-31.

3. Garshinev, E.A. Erosive and hydrological process and forest melioration. Theory and models [Text] / E.A. Garshinev. – Volgograd: VNIALMI. – 1999. – 196 p.

4. Garshinev, E.A. Erosive and hydrological process and forest melioration. Experimental assessment, calculation, arrangement [Text] / E.A. Garshinev. – Volgograd: VNIALMI. – 2002. – 196 p.

5. Kochetov, I.S. Agroforestreclamation adaptive-landscape arrangement of watersheds [Text] / I.S. Kochetov [et. al]. – Volgograd: VNIALMI, 1999. – 83 p.

6. Barabanov A.T. Regularities of surface melting waters runoff, its forecasting and regulation [Text] / A.T. Barabanov // Izvestia Orenburg State Agrarian University. – 2012. – № 1(33). – PP. 65-68.

7. Vanin, D.E. Farming system of the Kursk region [Text] / D.E. Vanin [et. al]. – Kursk: The Kursk Pravda, 1982. – 204 p.

8. Koshelev, A.V. Medium-scale digital mapping of agro-forestmeliorated dark-chestnut soils of eroded agricultural landscapes in Volgograd region / A.V. Koshelev // Izvestia Orenburg State Agrarian University. – 2016. – № 6(62). – PP. 45-49.

9. Rulev, A.S. Geoinformational mapping and model operation of erosive landscapes [Text] / A.S. Rulev, V.G. Yuferev, M.V. Yuferev. – Volgograd: VNIALMI, 2015. – 149 p.

10. Barabanov, A.T. Snow-accumulation in the system the runoff-regulating shelter belts [Text] / A.T. Barabanov, A.I. Uzunov, A.V. Kulik // Agroforest melioration in the 21st century: state, problems, prospects. Fundamental and applied research: proceedings of the Intern. scient.-pract. conf. of young scientists and specialists, Volgograd, October 26-28, 2015. – Volgograd: VNIALMI, 2015. – PP. 28-31.

E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

УДК 632.7:633.1

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ANISOPLIA AUSTRIACA (HERBST, 1783) (SCARABAEIDAE) В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

BIOECOLOGICAL FEATURES ANISOPLIA AUSTRIACA (HERBST, 1783) (SCARABAEIDAE) IN AZERBAIJAN

А.Д. Ахмедов¹, доктор технических наук, профессор

Г.Е. Гахраманова², энтомолог

A.D. Akhmedov¹, G.E. Gakhramanova²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Институт Зоологии НАНА, г. Баку, Республика Азербайджан

¹Volgograd State Agrarian University

²Republic of Azerbaijan, Institute of Zoology of ANAS, Baku

В настоящее время потери сельскохозяйственной продукции от вредителей на некоторых зерновых культурах могут достигать половины урожая. Чтобы эффективно применять на полях средства защиты растений, необходимо точно знать видовой состав вредных насекомых, стадию их

развития (имаго, личинки, яйца), отдельные морфологические отличительные признаки и повреждения растений. В связи с этим, в данной статье приводится подробное описание биоэкологии и биологических особенностей наиболее опасного вредителя пшеницы *Anisoplia austriaca* Herbst в условиях Азербайджана. Определены места распространения данного вида на посевах озимой пшеницы и коэффициент вредоносности. По результатам полученных данных установлено, что в Азербайджане стадия развития личинки продолжается в течение 18-20 месяцев. В процессе развития личинки в третьей декаде апреля погружаются на глубину 10-15 см и окукливаются в заранее подготовленных специальных пещерках. Эта стадия в зависимости от температурных явлений может длиться 2-3 недели. Численность жуков на полях, при переходе пшеницы от стадии восковой зрелости к стадии полной начинает снижаться. Следовательно, это создает предпосылки снижения численности жуков во второй половине июня. Приводятся сведения о ряде приоритетных мер по снижению причиняемого зерновым посевам ущерба, а также об энтомофагах этого вида.

At the present time, the loss of agricultural products from pests on some crops can reach half of the crop. In order to effectively apply plant protection products on the fields, it is necessary to know exactly the species composition of harmful insects, the stage of their development (imago, larvae, eggs), certain morphological features and plant damage. In this regard, this article provides a detailed description of the bioecology and biological characteristics of the most dangerous pest of wheat *Anisoplia austriaca* Herbst in the conditions of Azerbaijan. The places of distribution of this species on winter wheat crops and the severity index are determined. According to the results of the data obtained, it is established that in Azerbaijan the stage of development of the larva continues for 18-20 months. During the development of the larvae in the third decade of April, they sink to a depth of 10-15 cm and pupate in pre-prepared special caves. In this case, this stage, depending on the temperature phenomena, can last 2-3 weeks. The number of beetles in the fields, when the wheat passes from the stage of wax maturity to the full stage, begins to decline. Consequently, this creates the prerequisites for reducing the number of beetles in the second half of June. The article provides information on a number of priority measures to reduce the damage caused to grain crops, as well as entomophages of this species.

Ключевые слова: *Scarabaeidae*, *Anisoplia austriaca*, пшеница, вредитель, фитофаг, хлебный жук, личинка, численность.

Key words: *Scarabaeidae*, *Anisoplia austriaca*, wheat, pest, phytophagus, bug beetle, larva, number.

Введение. По последним данным, семейство *Scarabaeidae* Latreille 1802 включает в себя около 35 000 видов, и каждый год описывается более 200 новых видов, обладающих сходным, с представителями семейств, описанием [9]. В Азербайджане отмечено 132 вида пластинчатоусых, из которых 44 вида считаются вредителями сельскохозяйственных культур и плодовых растений [5]. Виды фитофагов относятся к серьезным вредителям сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Изучение распространения, биоэкологических особенностей, вредоносности, факторов, влияющих на развитие хлебного жука-кузьки, проходило в полевых и лабораторных условиях. В качестве стационарных участков выбраны агроценозы посевов пшеницы, находящиеся в различных районах Азербайджана. Средняя плотность численности жуков определялась путем учета проводимого на выделенных на каждом поле пятирядных участках площадью 1 м². Почвенные представители подсчитывались в пробах почвы, взятых на разной глубине (30 – 40 см) в различные сезоны года. Развитие яиц, личинок и куколок исследовалось путем лабораторного содержания и наблюдений.

Сборы материала и наблюдения проводились по общепринятым энтомологическим методам [1, 6]. Был определен коэффициент вредоносности этих жуков по поврежденным ими зернам, который вычисляли по формуле:

$$K = \frac{a - b}{a} \times 100,$$

где а – вес 1000 шт. неповрежденных зерен пшеницы (г); b – вес 1000 шт. поврежденных зерен пшеницы (г).

Полученное число показывает потери зерен от деятельности жуков в процентах.

Результаты и обсуждение. Сельскому хозяйству, в частности, посевам пшеницы, серьезный ущерб причиняют виды, относящиеся к роду *Anisoplia*. *Anisoplia austriaca* Herbst. Данный вид считается особо опасным представителем пластинчатоусых.

Еще в XIX веке вредители сельского хозяйства, в особенности, зерновых культур заставили серьезно задуматься ученых о их видовой принадлежности. После вспышки их численности в 1880 году в Харькове и Одессе были проведены следующие друг за другом несколько Региональных Энтомологических Конгрессов [10].

По данным А.Б. Лаптиева, в зернопропашном севообороте в 2001-2003 годах личинки хлебных жуков составляли 46,8 % мезофауны. Размещение личинок хлебных жуков по посевам озимых имеет выраженный очаговый характер. Причем очаги чаще располагаются напротив разрывов в лесополосах (до 40-60 жуков/м²) и со стороны прилегающих к балкам участков. В агроландшафтном плане для вредителя более предпочтительными являются севообороты, расположенные на равнинных массивах - плотность жуков и личинок здесь в 2-6 раз выше [2].

Вид: *Anisoplia* (*Autanisoplia*) *austriaca* Herbst, 1783

Подсемейство: *Rutelinae* MacLeay, 1819

Род: *Anisoplia* Dejean, 1821 (Schoenherr, 1817).

Биоэкология. Взрослые жуки *A. austriaca* Herbst в природе появляются в первой декаде мая при повышении температуры (считается теплолюбивым видом). В этот период они питаются не только озимой пшеницей, но и дикими представителями злаковых: *Phleum pratense* L., *Hordeum leporinum* Link, *Elymus repens* L. и др. Хлебные жуки наиболее часто встречаются на открытых пространствах с широко распространенными зерновыми растениями и сухим климатом. Массовый лет жуков отмечается в конце мая и начале июня. Взрослые жуки активно питаются с рассвета до заката солнца. В пасмурную, дождливую погоду они прячутся внутри колосьев, сидят неподвижно, крепко цепляясь коготками за растение. При высоких температурах жуки более активны, издают специфические звуки, совершают массовые перелеты с одного участка на другой. В ночное время суток они спускаются к почве и скрываются под растительностью или в небольших расщелинах. Приблизительно во второй декаде мая после спаривания самки приступают к откладке яиц. Следует отметить, что жук массово размножаясь, наибольший ущерб наносит в годы с жарким и сухим летом. И, наоборот, в годы с прохладным и дождливым летом плотность популяции вида снижается.

Проведенными полевыми наблюдениями было установлено, что самки откладывают яйца небольшими группами в мягкую почву, средней влажности, на глубине 8-15 см. Отметим, что наши наблюдения выявили, что процесс откладки яиц у самок жуков-кузьки, находится в прямой зависимости от влажности почвы. Следовательно, большое число жуков на участках, означает отсутствие яиц в почве, или незначительное число жуков на растениях, свидетельствует о большом числе яиц в почве. Кроме того, самки могут перелетать и скапливаться в периферийной части поля, в поисках более благоприятных условий. Самки жука в период откладки яиц остаются в почве в течение двух дней, после первого дня они поднимаются на поверхность, питаются, а затем вновь погружаются в почву и продолжают откладку яиц.

При проведении лабораторных наблюдений выявлено, что через 15-20 дней из яиц выходят личинки. В природных условиях, в зависимости от температуры и влажности среды, личинки находятся в почве на глубине 5-25 см. Каштановая почва на стационарных участках, где проводились исследования, создает благоприятные условия для распространения здесь личинок. Личинки периодически поднимаются на поверхность почвы и пита-

ются растительными остатками и корнями растений. Они питаются также осыпавшимися зернами, мелкими корешками различных растений, в том числе и сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.). Как и жуки, личинки отмечаются на периферийных участках поля, в местах наибольшего числа отложенных яиц. В Азербайджане стадия личинки продолжается 18-20 месяцев. В третьей декаде апреля личинки погружаются на глубину 10-15 см и окукливаются в заранее приготовленных специальных пещерках. В зависимости от температуры эта стадия длится 2-3 недели. Переход пшеницы от восковой зрелости к полной является причиной снижения численности жуков на полях. Таким образом, во второй половине июня численность жуков начинает снижаться (таблица 1).

Таблица 1 – Фенограмма *A. austriaca* Herbst в Гянджа-Газахской области Азербайджана

Месяц	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-XII
декады	I-II-III	I-II-III	I-II-III	I-II-III	I-II-III	I-II-III	I-II-III	I-II-III	I-II-III
I год	— — —	— — ●	● ● + + +* 0 0	+*+ + 0 0 0 — — —	+ + — — —	— — —	— — —	— — —	(-)(-)(-)
II год	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	(-)(-)(-)

Примечание: + – имаго, +* – массовый лет взрослых жуков; 0 – яйца, - – личинки; (-) – зимняя диапауза личинки, ● – куколки

Наблюдениями выявлено, что степень вредоносности жуков зависит от формы колосьев, жесткости чешуек зерен и колосьев. Так, сорта с жесткими чешуями колосьев, с короткими и острыми остями, в значительной степени меньше посещаются жуками.

Отметим, что на ячменных полях хлебный жук встречался редко. Это можно объяснить тем, что зерна ячменя покрыты очень жесткими шиловидными чешуями и с длинными остями на колосьях. Жуки больше всего поражают зерна на стадиях молочной и восковой зрелости. Вид также питается зернами таких диких злаковых культур, как *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., *Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L., *Triticum repens* L., *Agropyrum cristatum* (L.) Gaertn, *Bromus inermis* Leyss., *Bromus tectorum* L., *Phleum pratense* L., *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. Особенностью вредоносности вида является то, что частично повредив одно зерно, жук переходит на другое.

Таблица 2 – Численность и вредоносность на пшенице вида *A. austriaca* Herbst в Гянджа-Газахской области

№	Время расчетов				
	май		июнь		
	Число жуков на 1 м ²	Количество съеденных жуком зерен (г)	Число жуков на 1 м ²	Количество съеденных жуком зерен (г)	Коэффициент вредоносности (%)
Стационарный участок I	5,2	11,7	2,2	4,95	11,63
Стационарный участок II	5,8	13,05	2,6	5,98	14,40

В таблице 2 представлены данные по вредоносности вида *A. austriaca* Herbst, на озимой пшенице и подсчитанная на участке площадью 1 м² при средней плотности. Расчеты проводились в мае-июне, когда взрослые особи жуков на пике своей численности,

активно питались на колосьях. В это время была определена средняя плотность популяции жуков на участке площадью 1 м^2 . На полях озимой пшеницы молочной зрелости была определена средняя плотность популяции *A. austriaca* Herbst. равная $5-6 \text{ жуков/м}^2$, а на стадии полной зрелости этот показатель составил $2-3 \text{ жука/м}^2$. В лабораторных условиях определено, что один жук за весь период развития потребляет в среднем $2,1-2,4 \text{ г}$ зерен.

Как видно из таблицы 2, на стадии молочной зрелости зерен пшеницы при численности жуков на участке, равной $5,2-5,8 \text{ жуков/м}^2$, вес съеденных зерен составил $11,7-13,05 \text{ г}$. Следует отметить, что коэффициент вредоносности определялся по весу 1000 зерен полной зрелости. На опытном участке вес 1000 зерен сорта, высаженной пшеницы, составил $46-49 \text{ г}$. На стадии полной зрелости зерен, в связи с тем, что зерна для жуков теряют свою привлекательность, их количество на полях снижается, и соответственно снижается показатель вредоносности. Так, на стадии полной зрелости зерен при численности жуков $2,2-2,6 \text{ жуков/м}^2$, вес съеденных зерен равен $4,95-5,98 \text{ г}$, а коэффициент вредоносности составил $11,63-14,40 \%$. Эти данные свидетельствуют о важном хозяйственном значении вида *A. austriaca* Herbst.

В работах, проведенных в РФ, приводятся данные по распространению жука-кузьки на хлебных полях в зависимости от зрелости пшеницы: так, на стадии цветения и созревания семян этот показатель равен $3-5 \text{ жуков/м}^2$, на стадии молочной зрелости – $6-8 \text{ жуков/м}^2$, и на стадии полной зрелости $3-4 \text{ жука/м}^2$ [4]. По литературным данным, каждый жук в течение жизни съедает $7-8 \text{ г}$ зерна, а еще больше зерен он выбивает из колосьев на землю, и в целом уничтожает $9-10$ колосьев. Экономический порог вредоносности вида – 3 жука на кв.м . При численности более 10 жуков и средней густоте посева до 250 колосоносных стеблей на кв.м потери урожая зерна достигают 50% . Фактическая численность вредителя в особо благоприятные годы по краям отдельных полей достигает $60-100 \text{ жуков/м}^2$ [8].

Лаптиевым приводятся данные, что жук способен уничтожить $27-34$ зерновок пшеницы. Наибольшие потери выбитых зерен в посевах пшеницы – 11 кг/га – происходит при плотности жуков 1 экз./м^2 . Доля поврежденных зерен в выборках соответствовала $58,6 \%$ при средней степени их повреждения – 38% . Общий вред от 1 жука/м^2 в период восковой спелости зерна достигает $13,4 \text{ кг/га}$ [2].

Заключение. С целью защиты хлебных полей от вредителя необходимо проведение некоторых профилактических, упреждающих мероприятий: исследование системы последующих посевов; глубокая перепашка паровых земель; проведение поэтапного сбора урожая озимой пшеницы; лабораторное разведение энтомофагов (*Scolia* (*Scolia*) *quadripunctata* Fabricius, 1775 (*Scoliidae*), *Satanas gigas* Eversmann, 1855 (*Asilidae*), *Machimus annulipes* (Brullé, 1832) (*Asilidae*), *Harpalus* (*Pseudoophonus*) *calceatus* (Duftschmid, 1812) (*Carabidae*)), способных снижать численность вредителя, с последующим их выпуском на посевы в определенные сроки; допосевная обработка полей химическими препаратами и др. Следует отметить, что проведенные нами наблюдения показали, что наиболее эффективными являются агротехнические меры по защите от вредителя. Наблюдениями установлено, что плотность популяции жука *A. austriaca* Herbst наиболее высокая на полях пшеницы, расположенных вблизи придорожных лесополос, садов, посевах люцерны и ячменя.

Библиографический список

1. Дунаев, Е.А. Методы эколого-энтомологических исследований [Текст] / Е.А. Дунаев. – М.: МосгорСЮН, 1997. – 44 с.
2. Лаптиев, А.Б. Биозэкологическое обоснование фитосанитарной оптимизации агроэкосистем юго-востока Центрального Черноземья [Текст] : автореф. дис. ... докт. биол. наук / А.Б. Лаптиев. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 11-12.

3. Орлов, В.Н. Вредители зерновых колосовых культур [Текст]/ В.Н. Орлов. – М.: Печатный город, 2006. – 104 с.
4. Павлов, И.Ф. Хлебный жуки способы борьбы с ними [Текст]/ И.Ф. Павлов // Научн. исслед. институт сельского х-ва Центральной Черноземной полосы: сб. научн. работ. – Т. 3. – 1965. – С. 136-150.
5. Самедов, Н.Г. Фауна и биология жуков, вредящих сельскохозяйственным культурам в Азербайджане [Текст]/Н.Г. Самедов. – Баку: АН Азерб. ССР, 1963. – 385 с.
6. Фасулати, К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных [Текст] / К.К. Фасулати – М: Высшая школа, 1971. – 424 с.
7. Фасулати, С.Р. Вредители сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] / С.Р. Фасулати // *Anisoplia austriaca* Hrbst. - Хлебный жук кузька (рус.). – Сайт «Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения» (2003-2009). Проверено 13 июля 2011. Архивировано из первоисточника 15 августа 2012. – Режим доступа: agroAtlas.ru
8. Afonin, A.N. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries [Текст] / A.N. Afonin, S.L. Greene, N.I. Dzyubenko, A.N. Frolov (eds.) // *Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds*[Online]. – 2008. – Available at: <http://www.agroAtlas.ru>
9. Brett C. Ratcliffe. A checklist of the Scarabaeoidea (Coleoptera) of Panama [Текст] /Brett C. Ratcliffe. – 2002. – 48 p. – Режим доступа: www.mapress.com/zootaxa/.
10. Fedotova, A.A. Zemstvo and the grain beetle: Regional entomological congresses in 1880 s, Voprosy Istorii Estestvo znaniia i Technical [Текст] /A.A. Fedotova //Studies in History of Science and Technology. – 2015. – vol. 36. – no. 3. – P. 474 – 507.

Reference

1. Dunaev, E. A. Metody jekologo-jentomologicheskikh issledovanij [Tekst] / E. A. Dunaev. - M.: MosgorSYuN, 1997. - 44 s.
2. Laptiev, A. B. Biojekologicheskoe obosnovanie fitosanitarnoj optimizacii agrojekosistem yugo-vostoka Central'nogo Chernozem'ya [Tekst] : avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk /A. B. Laptiev. - Sankt-Peterburg, 2008. - S. 11-12.
3. Orlov, V. N. Vrediteli zernovyh kolosovyh kul'tur [Tekst]/ V. N. Orlov. - M.: Pechatnyj gorod, 2006. - 104 s.
4. Pavlov, I. F. Hlebnyj zhuki sposoby bor'by s nimi [Tekst]/ I. F. Pavlov // Nauchn. issled. institut sel'skogo h-va Central'noj Chernozemnoj polosity: sb. nauchn. rabot. - T. 3. - 1965. - S. 136-150.
5. Camedov, N. G. Fauna i biologiya zhukov, vredyaschih sel'skohozyajstvennym kul'turam v Azerbajdzhanе [Tekst]/N. G. Camedov. - Baku: AN Azerb. SSR, 1963. - 385 s.
6. Fasulati, K. K. Polevoe izuchenie nazemnyh bespozvonochnyh [Tekst] / K. K. Fasulati - M: Vysshaya shkola, 1971. - 424 s.
7. Fasulati, S. R. Vrediteli sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst] / S. R. Fasulati // *Anisoplia austriaca* Hrbst. - Hlebnyj zhuk kuz'ka (rus.). - Sajt "Agrojekologicheskij atlas Rossii i sopredel'nyh stran: jekonomicheski znachimye rasteniya, ih bolezni, vrediteli i sornye rasteniya" (2003-2009). Provereno 13 iyulya 2011. Arhivirovano iz первоисточника 15 avgusta 2012. - Rezhim dostupa: agroAtlas.ru
8. Afonin, A.N. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries [Tekst] / A.N. Afonin, S.L. Greene, N.I. Dzyubenko, A.N. Frolov (eds.) // *Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds*[Online]. - 2008. - Available at: <http://www.agroAtlas.ru>
9. Brett C. Ratcliffe. A checklist of the Scarabaeoidea (Coleoptera) of Panama [Tekst] /Brett C. Ratcliffe. - 2002. - 48 p. - Rezhim dostupa: www.mapress.com/zootaxa/.
10. Fedotova, A. A. Zemstvo and the grain beetle: Regional entomological congresses in 1880 s, Voprosy Istorii Estestvo znaniia i Technical [Tekst] /A. A. Fedotova //Studies in History of Science and Technology. - 2015. - vol. 36. - no. 3. - P. 474 - 507.

E-mail: askar-5@mail.ru

УДК 633.17 (470.44/47)

**ДОСТИЖЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ ПРОСА В СУХОСТЕПНОЙ
ЗОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****ACHIEVEMENTS SELECTION MILLET IN THE DRY STEPPE ZONE
OF THE LOWER VOLGA REGION****А.В. Зеленов¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А.Н. Неймышева²**, старший научный сотрудник**П.А. Смутнев²**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции**A.V. Zelenev¹, A.N. Neymysheva², P.A. Smutnev²**¹Волгоградский государственный аграрный университет²Нижне-Волжский НИИ сельского хозяйства – филиал ФНЦагроэкологии РАН, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Областной
сельскохозяйственной опытной станции (Камышинский отдел селекции)¹Volgograd State Agrarian University²Lower Volga research institute of agriculture – a branch FNTS agroecology Russian Academy
of Sciences, Volgograd region, Gorodishche district, pos. Regional Agricultural
Experimental Station

В сухостепной зоне каштановых почв Нижнего Поволжья все сортообразцы конкурсного сортоиспытания превосходят стандарт Саратовское 6 по урожайности. Образцы Саратовское 10 х [(К-6990 х Сангвинеум 7) х (Камышинское 67 х К-7669)], Золотистое х Саратовское 10 и [(Саратовское 8 х К-2947) х Камышинское 98] выше контроля соответственно на 0,27; 0,26 и 0,22 т/га или 48,2; 46,4 и 39,3 %. Из сортов коллекции ВИР также все превышают стандарт по урожайности: Оренбургское 21 (К-9516) на 0,31; Яркое 3 (К-10304) – 0,18; Скороспелое 66 (К-2917) – 0,27 и Горлинка (К-9994) – 0,29 т/га или соответственно на 53,4; 32,1; 48,2 и 51,8 %. Самая высокая урожайность проса в конкурсном испытании обеспечивается у сортов Камышинское 98 и Нижне-Волжское – 0,68 и 0,78 т/га соответственно, что превышает контрольный вариант на 0,12 и 0,22 т/га или 21,4 и 39,3 %. Остальные сорта уступали контролю: Волгоградское 4 на 0,05 и Камышинское 95 на 0,03 т/га или 9,8 и 5,7 % соответственно. В демонстрационном опыте все сорта уступают по урожайности стандарту: Саратовское 10 на 0,12; Саратовское 12 и Золотистое – 0,08; Саратовское желтое – 0,04 т/га или соответственно на 27,3; 16,7 и 7,7 %.

In the dry steppe zone chestnut soils of the Lower Volga region the all accessions competitive variety trials of superior standard Saratov 6 to yield. Samples Saratov 10 x [(K-6990 x Sangvineum 7) x (Kamyshin 67 x K-7669)], Golden x Saratov 10 and [(Saratov 8 x K-2947) x Kamyshin 98] higher than the control respectively of 0,27; 0,26 and 0,22 t/ha or 48,2; 46,4 and 39,3 %. Of the varieties of the collection of All-Russian Institute of Plant Industry and all exceed the standard for productivity: Orenburg 21 (K-9516) of 0,31; Bright 3 (K-10304) – 0,18; Precocity 66 (K-2917) – 0,27 and Gorlinka (K-9994) – 0.29 t/ha or respectively of 53,4; 32,1; 48,2 and 51,8 %. The highest yield of millet in the competitive test is provided in grades Kamyshin 98 and Lower Volga – 0,68 and 0,78 t/ha respectively, which is higher than the control version of 0,12 and 0,22 t/ha or 21,4 and 39,3 %. The remaining varieties yielded control: Volgograd 4 of 0,05 and Kamyshin 95 of 0,03 t/ha or 9,8 and 5,7 % respectively. The demonstration experiment all grades inferior to the yield of the standard: Saratov 10 of 0,12; Saratov 12 and Golden – 0,08; Saratov yellow – 0,04 t/ha or respectively of 27,3; 16,7 and 7,7 %.

Ключевые слова: селекция, просо, сорт, урожайность, конкурсное сортоиспытание, коллекция ВИР, демонстрационный опыт, сухостепная зона, Нижнее Поволжье.

Key words: selection, millet, variety, productivity, competitive strain testing, collection of All-Russian Institute of Plant Industry, demo experience, dry steppe zone, Lower Volga region.

Введение. При решении проблемы обеспечения населения продовольствием особую роль отводят увеличению производства крупяных культур, в том числе проса. Приоритетное значение отдается селекции новых сортов, которая способна обеспечить сельских товаропроизводителей отечественными семенами в необходимом объеме и требуемыми хозяйственно-биологическими показателями качества. Повышение адаптивности сортов проса является основным путем решения задач современного сельскохозяйственного производства, которые способствуют в конкретных природно-климатических условиях получению стабильно высокой урожайности, лучшего качества продукции и максимальной эффективности растениеводства [1, 5].

Основной задачей селекции проса является создание и систематическое улучшение сортов, обеспечивающих в зоне недостаточного увлажнения эффективность современных агротехнологий, снижающих затраты энергии и труда, окупаемость технологических факторов регулирования урожайности за счет конкурентных преимуществ по продуктивности, качеству и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды [10, 13, 14].

В настоящее время основой селекции проса посевного является внутривидовая гибридизация с индивидуальным отбором из гибридных популяций в ранних поколениях и тестированием по урожайности и комплексу показателей селекционных линий. В гибридизации активно используется оригинальный селекционный материал, приспособленный к местным почвенно-климатическим условиям, лучшие образцы из других регионов, что позволяет получать новые рекомбинантные формы проса. Разрабатываются методики по созданию и использованию новых мутантных и регенерантных форм. Изучение генетических механизмов наследования отдельных признаков, донорских свойств компонентов гибридизации проводится с использованием изогенных линий, мутантов, ингибирующих продуктивность, с измененным аминокислотным составом белка в зерне, влияющих на распределение хлорофилла в растении и морфологические признаки, а также полиплоидных и реверсивных форм [8, 9].

Новые сорта проса являются централизованным, экономически и экологически эффективным средством повышения величины и качества урожая, обеспечения ресурсоэнергоэкономичности, экологической устойчивости, природоохранности и рентабельности сельскохозяйственного производства. Для адаптивности, отражающей многообразие отношений организмов с окружающей средой, характерно единство таких противоположностей, как изменчивость и стабильность, гибкость и устойчивость, дифференцированность и функциональная целостность. Раскрытие экологогенетических закономерностей и особенностей онтогенетической и филогенетической адаптации растений занимает центральное место в поиске эффективных путей управления продукционными и средообразующими процессами [12].

При разработке моделей сортов проса для возделывания на зерно особое внимание уделяется скороспелости и способности формировать высокие урожаи при повышенных температурах. Урожайные позднеспелые сорта проявляют преимущества при благоприятных погодных условиях на фоне высокой агротехники и хорошей влагообеспеченности, но по мере повышения урожайности растет уровень экологической зависимости. Поэтому величина урожая является результатом компромисса между продуктивностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам среды. Продуктивность основана на высокой интенсивности синтетических процессов, а высокая стрессовая устойчивость отрицательно связана с их интенсивностью. Эти две стороны вопроса не поддаются сочетанию в одном генотипе. Чем больше энергетических ресурсов растение тратит на формирование урожая, тем меньше их остается на поддержание экологической устойчивости. Не случайно растения и их органы наиболее устойчивы к

стрессовым воздействиям в состоянии покоя, когда обмен веществ протекает медленно. Добиться сочетания в одном генотипе желаемых признаков методом селекции практически невозможно из-за отрицательных генетических корреляций. Поэтому в решении проблемы экологической устойчивости агроценозов, наряду с селекцией, важная роль принадлежит сортовым технологиям, задача которых состоит в максимальном удовлетворении специфических потребностей сорта. В то же время создание скороспелых сортов, обеспечивающих среднюю, но стабильную по годам урожайность качественной продукции является не менее важной задачей [4, 11].

В Нижнем Поволжье просо является засухоустойчивой и высокоурожайной культурой, что обеспечивается созданием и внедрением в производство новых, продуктивных, устойчивых к болезням сортов, обладающих комплексом ценных биологических свойств. В результате селекции проведена оценка материала на экологическую пластичность в ранних поколениях, адаптацию растений к изменившимся условиям среды возделывания, спектру видов и рас возбудителей болезней, технологиям производства, требованиям потребителей. Применение различных методов селекции и их сочетаний позволяет создать экологически дифференцированные сорта, способные реализовать потенциал культуры. Накопленный материал позволяет вести селекционное улучшение с учетом лимитирующих факторов и требований сельскохозяйственного производства [2, 3, 7].

Материалы и методы. Исследования выполнялись на опытном поле Камышинского отдела селекции Нижне-Волжского НИИСХ в сухостепной зоне каштановых почв Нижнего Поволжья. В течение трех лет 2013-2015 гг. изучались сорта проса. Селекционные посевы размещались в девятипольном севообороте, предусматривающем повторный посев культуры через четыре года. Питомники сортоиспытания располагались по зерновым предшественникам, селекционные питомники – по чистому пару. Стандартом в питомниках служит сорт Саратовское 6 (НИИСХ Юго-Востока). Почва опытного участка каштановая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса в пахотном слое 2,0 %, pH почвенного раствора 7,8. Содержание легкогидролизуемого азота 8-9 мг, подвижного фосфора – 3-7 мг и обменного калия – 32-45 мг/100 г почвы. Агротехника возделывания проса общепринятая для зоны. Сумма среднегодовых осадков составляла 325 мм.

Основным методом в создании исходного материала новых сортов проса служат гибридизация с последующим индивидуальным отбором. Исходные родительские формы подбираются после всесторонней оценки их по комплексу хозяйственно-полезных признаков. Источником их служат образцы мировой коллекции, сорта и гибриды других НИУ, местный селекционный материал.

Селекционный процесс ведется по следующей схеме:

1. Коллекционный питомник: просо высевает ширококрядным способом с междурядьями 0,45 м при длине деланки 4,5 м и площадью 2 м².

2. Питомник гибридизации: высевает коллекционные сортообразцы, сорта и гибриды местной и инорайонной селекции. Подбирают родительские пары и ежегодно составляют план скрещиваний с учетом хозяйственно-полезных признаков.

3. Питомник испытания и размножения гибридного материала составлен из форм 1-4 поколений. Гибриды F₀ и F₁ высевает ручным способом с целью размножения семян и предварительного изучения. В гибридных популяциях F₂ и F₃, высеянных сеялкой СКС-6-10, производят отбор селекционной элиты в объеме 4 тыс. метелок ежегодно. После индивидуального ручного обмолота и взвешивания проводят анализ зерна каждой метелки и отбор с продуктивностью 5 г и выше, массой 1000 семян более 8 г, округлым зерном, имеющим ярко-желтое ядро без признаков пленочного поражения.

4. Селекционный питомник первого года закладывают однорядковыми деланками длиной 4,5 м, междурядьем 0,45 м и учетной площадью 2 м². Стандарты располагают через каждые 9 номеров. По совокупности полевых наблюдений проводится полевая браковка, лучшие образцы вместе с ближним контролем убирают серпом в снопы. После обмолота и оценки урожайности, качества, вегетационного периода, устойчивости к головне и меланозу, выделяют перспективные по комплексу признаков формы для дальнейшего изучения.

5. Селекционный питомник второго года: просо высевает сплошным рядовым способом на деланках площадью 9 м² нормой 3,0 млн шт./га. Стандарты располагают через 9 номеров. Оценка и браковка сортообразцов проводится после учета урожая и полного объема анализов всех признаков. Здесь же располагают демонстрационный опыт.

6. Контрольный питомник: просо высевает сплошным рядовым способом нормой 3,0 млн шт./га на деланках площадью 9 м². Повторность двукратная. Стандарт располагают через 4 номера. В этом питомнике изучается выделенный в селекционных питомниках материал для определения образцов с хозяйственно-полезными признаками.

7. Предварительное сортоиспытание: просо высевает сплошным рядовым способом нормой 3,0 млн шт./га на деланках площадью 24 м². Повторность двукратная. Растения убирают селекционным комбайном «Сампо-130» после учета урожайности с каждой деланки, зерно используют для проведения анализов.

8. Конкурсное испытание: просо высевает сплошным рядовым способом нормой 3,0 млн шт./га на деланках площадью 24 м². Повторность четырехкратная. После учета урожайности с каждой деланки зерно используют для анализов.

Результаты и обсуждение. Основным критерием, определяющим адаптивную способность сорта в конкретных условиях выращивания, является урожайность. Низкий уровень реализации генетического потенциала возделываемых сортов проса обусловлен не только несовершенством технологий возделывания и издержками организационно-экономического характера, но и отсутствием сортов, сочетающих высокую продуктивность с устойчивостью к действию абиотических факторов, лимитирующих в конкретной зоне возделывания величину и качество урожая [6].

Урожайность лучших сортообразцов проса конкурсного испытания и сортов коллекции ВИР, а также стандарта Саратовское 6 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность сортообразцов проса конкурсного испытания
и сортов коллекции ВИР, т/га

Наименование	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее
Конкурсное сортоиспытание				
Саратовское 6 (St)	0,55	0,50	0,63	0,56
Саратовское 10 x [(К-6990 x Сангвинеум 7) x (Камышинское 67 x К-7669)]	0,92	0,58	1,00	0,83
Золотистое x Саратовское 10	0,96	0,67	0,83	0,82
[(Саратовское 8 x К-2947) x Камышинское 98]	0,80	0,54	1,00	0,78
Коллекция ВИР				
Оренбургское 21 (К-9516)	0,88	0,80	0,93	0,87
Яркое 3 (К-10304)	0,75	0,80	0,68	0,74
Скороспелое 66 (К-2917)	0,80	0,80	0,88	0,83
Горлинка (К-9994)	0,90	0,90	0,75	0,85
НСР ₀₅	0,04	0,06	0,05	-

Из таблицы 1 видно, что в среднем за три года все сортообразцы конкурсного сортоиспытания превосходят стандарт Саратовское 6 по урожайности. Образцы Саратовское 10 х [(К-6990 х Сангвинеум 7) х (Камышинское 67 х К-7669)], Золотистое х Саратовское 10 и [(Саратовское 8 х К-2947) х Камышинское 98] выше контроля соответственно на 0,27; 0,26 и 0,22 т/га или 48,2; 46,4 и 39,3 %.

Из сортов коллекции ВИР также все превышают стандарт по урожайности: Оренбургское 21 (К-9516) на 0,31; Яркое 3 (К-10304) – 0,18; Скороспелое 66 (К-2917) – 0,27 и Горлинка (К-9994) – 0,29 т/га или соответственно на 53,4; 32,1; 48,2 и 51,8 %.

Сравнительная характеристика урожайности сортов конкурсного испытания проса Нижне-Волжского НИИСХ, НИИСХ Юго-Востока, стандарта Саратовское 6 и демонстрационного опыта представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность сортов проса конкурсного испытания и демонстрационного опыта, т/га

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее
Конкурсное сортоиспытание				
Саратовское 6 (St)	0,55	0,50	0,63	0,56
Волгоградское 4	0,46	0,50	0,58	0,51
Камышинское 95	0,46	0,46	0,67	0,53
Камышинское 98	0,68	0,54	0,83	0,68
Нижне-Волжское	0,85	0,68	0,83	0,78
Демонстрационный опыт				
Саратовское 10	0,37	0,37	0,58	0,44
Саратовское 12	0,53	0,37	0,54	0,48
Золотистое	0,49	0,26	0,69	0,48
Саратовское желтое	0,49	0,49	0,57	0,52
НСР ₀₅	0,03	0,05	0,04	-

Из таблицы 2 видно, что в среднем за три года исследований самая высокая урожайность проса в конкурсном испытании обеспечивается у сортов Камышинское 98 и Нижне-Волжское – 0,68 и 0,78 т/га соответственно, что превышает контрольный вариант на 0,12 и 0,22 т/га или 21,4 и 39,3 %. Остальные сорта уступали контролю: Волгоградское 4 на 0,05 и Камышинское 95 на 0,03 т/га или 9,8 и 5,7 % соответственно.

В демонстрационном опыте все сорта уступают по урожайности стандарту в среднем Саратовское 10 на 0,12; Саратовское 12 и Золотистое – 0,08; Саратовское желтое – 0,04 т/га или соответственно на 27,3; 16,7 и 7,7 %.

Заключение. В условиях сухостепной зоны каштановых почв Нижнего Поволжья в конкурсном испытании самыми высокими по урожайности были новые сортообразцы Саратовское 10 х [(К-6990 х Сангвинеум 7) х (Камышинское 67 х К-7669)] и Золотистое х Саратовское 10 соответственно 0,83 и 0,82 т/га, в коллекции ВИР сорта Оренбургское 21, Скороспелое 66 и Горлинка – 0,87; 0,83 и 0,85 т/га соответственно. Самая высокая урожайность проса в конкурсном испытании обеспечивается у сортов Камышинское 98 и Нижне-Волжское – 0,68 и 0,78 т/га соответственно. Все сорта проса в демонстрационном опыте уступали контролю.

Библиографический список

1. Березкин, А.Н. Международный опыт развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур [Текст] : учебное пособие / А.Н. Березкин, А.М. Малько, М.Ю. Чередниченко. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2012. – 447 с.
2. Доценко, П.В. Итоги селекции проса в Нижне-Волжском НИИСХ [Текст] / П.В. Доценко, В.П. Любарев, А.Н. Неймышева // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 7. – С. 8-10.
3. Жужукин, В.И. Африканское просо в условиях Нижнего Поволжья [Текст] / В.И. Жужукин, М.Ф. Шор // Земледелие. – 2011. – №5. – С. 33-34.

4. Кравцова, В.Н. Элементы модели сорта проса зернового использования [Текст] / В.Н. Кравцова // Вестник Полесского государственного университета. – 2009. – №2. – С. 55-59.
5. Минина, Е.Л. Краткий обзор системы семеноводства и селекции растений, их правового регулирования в Российской Федерации [Текст] / Е.Л. Минина, А.Н. Березкин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2014. – 64 с.
6. Никифорова И.Ю. Оценка генофонда проса посевного применительно к задачам селекции в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Никифорова Ирина Юрьевна. – Казань, 2011. – 163 с.
7. Сайфуллин, Р.Г. Достижения и задачи селекции и семеноводства в Нижнем Поволжье [Текст] / Р.Г. Сайфуллин, А.И. Прянишников // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2. – С. 69-75.
8. Сидоренко, В.С. Ареал проса посевного в России [Текст] / В.С. Сидоренко, С.В. Бобков, А.И. Котляр, С.О. Гуринович, Ж.В. Старикова // Земледелие. – 2012. – №5. – С. 9-12.
9. Сидоренко, В.С. Новые методы создания и использования признаковов коллекций проса [Текст] / В.С. Сидоренко, С.Д. Вилунов, Ж.В. Старикова // Роль новых направлений селекции в повышении эффективности растениеводства: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции / ОрелГАУ. – Орел, 2009. – С. 49-54.
10. Сокурова, Л.Х. Просо как промежуточная культура [Текст] / Л.Х. Сокурова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №3. – С. 47.
11. Сокурова, Л.Х. Селекция проса посевного на скороспелость [Текст] / Л.Х. Сокурова // Аграрный вестник Урала. – 2014. – №10. – С. 34-36.
12. Сурков, А.Ю. Адаптивная способность и стабильность сортов проса в условиях Воронежской области [Текст] / А.Ю. Сурков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №1. – С. 63-67.
13. Шмаль, В.В. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию [Текст] / В.В. Шмаль. – М.: Изд-во «Хлебопродинформ», 2013. – 392 с.
14. Nelson, L.A. Technique for proso millet [Text] / L.A. Nelson // Crop. Sci. 1984. – V. 24. – №1. – P. 205-206.

Reference

1. Berezkin, A.N. International experience of breeding and seed crops: Textbook [Text] / A.N. Berezkin, A.M. Malko, M.Y. Cherednichenko. – M.: Publisher RGAU-ICCA named after K.A. Timiryazev, 2012. – 447 p.
2. Dotsenko, P.V. Results millet breeding in the Lower Volga Agricultural Research Institute [Text] / P.V. Dotsenko, V.P. Lyubarets, A.N. Neymysheva // Scientific and technological agribusiness. – 2005. – №7. – P. 8-10.
3. Zhuzhukin, V.I. African millet in the conditions of the Lower Volga region [Text] / V.I. Zhuzhukin, M.F. Shore // Agriculture. – 2011. – №5. – P. 33-34.
4. Kravtsova, V.N. Millet varieties model elements grain use [Text] / V.N. Kravtsova // Messenger of the Polesie State University. – 2009. – №2. – P. 55-59.
5. Minina, E.L. Overview of seed systems and plant breeding, their legal regulation in the Russian Federation [Text] / E.L. Minina, A.N. Berezkin. – M.: Publisher RGAU-ICCA named after K.A. Timiryazev, 2014. – 64 p.
6. Nikiforova I.Y. Evaluation of the gene pool of millet seed in relation to the selection of tasks in the forest-steppe zone of the Average Volga region: dis. ... cand. agricultural sciences: 06.01.05 / Irina Yuryevna Nikiforova. – City of Kazan, 2011. – 163 p.
7. Saifullin, R.G. Achievements and challenges of breeding and seed production in the Lower Volga region [Text] / R.G. Saifullin, A.I. Prianishnikov // Scientific and industrial magazine «Legumes and cereals culture». – 2013. – №2. – P. 69-75.
8. Sidorenko, V.S. The area of millet seed in Russia [Text] / V.S. Sidorenko, S.V. Bobkov, A.I. Kotlyar, S.O. Gurinovich, J.V. Starikova // Agriculture. – 2012. – №5. – P. 9-12.
9. Sidorenko, V.S. New methods for the creation and use of feature collections millet [Text] / V.S. Sidorenko, S.D. Vilyunov, J.V. Starikov // The role of new breeding lines to improve the efficiency of plant: materials of All-Russian scientific-practical conference / Eagle SAU. – City of Eagle, 2009. – P. 49-54.

10. Sokurova, L.H. Millet as an intermediate culture [Text] / L.H. Sokurova // Legumes and cereals culture. – 2012. – №3. – P. 47.
11. Sokurova, L.H. Selection of millet seed for earliness [Text] / L.H. Sokurova // Agricultural messenger Urals. – 2014. – №10. – P. 34-36.
12. Surkov, A.Y. Adaptive capacity and stability of the varieties of millet in the conditions of the Voronezh region [Text] / A.Y. Surkov // Legumes and cereals culture. – 2014. – №1. – P. 63-67.
13. Schmal, V.V. State register of breeding achievements admitted to using [Text] / V.V. Schmal. – M.: Publisher «Hlebprouinform», 2013. – 392 p.
14. Nelson, L.A. Technique for proso millet [Text] / L.A. Nelson // Crop. Sci. 1984. – V. 24. – №1. – P. 205-206.

E-mail: zelenev.a@bk.ru

УДК 634.958:551.4

**РОЛЬ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЛЕСОПОЛОС В РЕГУЛИРОВАНИИ
СНЕГООТЛОЖЕНИЯ И ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВ
В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ**

**EFFECT OF THE RUNOFF-REGULATION FOREST BELTS IN REGULATION
OF SNOW-DEPOSIT AND FROST PENETRATION IN SOILS IN EUROPEAN PART
OF RUSSIAN FEDERATION**

А.Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

А.В. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук

A.T. Barabanov, A.V. Kulik

*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*

Важнейшими природными факторами, влияющими на формирование поверхностного стока талых вод, являются: снеготалы, глубина промерзания и влажность почвы. Наиболее мощное воздействие на сток оказывает глубина промерзания. Согласно закону лимитирующих факторов стока, если почва талая или промерзла на глубину меньше 50 см, то он не формируется. Предотвращение или уменьшение глубины промерзания почв обеспечивается путем регулирования снеготалы на водосборах. Снег предохраняет почву от замерзания. Регулируя снеготалы с помощью стокорегулирующих лесополос, можно управлять этим процессом. Снег, обладая хорошими теплоизоляционными свойствами, предохраняет почву от промерзания. Лесные полосы, являясь мощным фактором снеготалы, в значительной степени воздействуют на характер промерзания почвы. В лесополосах и под снежными шлейфами почва предохраняется от замерзания или глубина промерзания её бывает небольшой. В межшлейфовых частях междолевой полосы и в открытом поле она промерзает глубоко. Зная роль природных факторов в формировании стока и влияние на них лесных полос, можно управлять ими. В связи с тем, что наиболее мощно воздействуют на природные факторы эрозионно-гидрологического процесса стокорегулирующие лесные полосы через снеготалы, то его и необходимо регулировать.

Depth to which frost penetrates the soil effects mostly the formation of a surface runoff of thawed snow. If soil thawed or was frozen to the depth less than 50 cm, then the runoff isn't formed. It is possible to influence frost penetration in the soil by regulation of a snow-deposit on slopes. Snow protects the soil from freezing. It is possible to operate this process by regulating a snow-deposit with the help of runoff-regulation forest belts. Snow, having good heat-insulating properties, protects the soil from frost penetration. To protect of the soil from freezing it is enough that height of snow was 20-30 cm by the beginning of establishment of frosts and further increased to 50 cm by their strengthening. Such amount of snow often accumulates in forest belts and near them at the first blizzards. Forest belts, being an important factor of a snow-deposit, influence considerably the character of frost

penetration in the soil. In forest belts and under snow trails the soil is protected from freezing or the depth of soil freezing happens small. It freezes through deeply in the inter-trail spacings of afforested area and in the open field. It is possible to operate natural factors when knowing of their effect on the formation of a runoff and their subjection to influence of forest belts. As the runoff-regulation forest belts exert dramatic influence on natural factors of erosive and hydrological process via snow-deposit, so that is it to be regulated.

Ключевые слова: *стокорегулирующие лесополосы, снегоотложение, снеготопление, промерзание почв, влажность почвы, природные факторы стока.*

Key words: *runoff-regulation forest belts, snow-deposit, snow cover water equivalent, frost penetration in soils, soil humidity, natural factors of runoff, forest melioration measures, design of forest belts.*

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Оптимизация регулирования весеннего паводка на основе разработки высокоточного прогноза поверхностного стока талых вод в бассейне Волжско-Камского каскада водохранилищ, способствующего снижению отрицательного экологического влияния на Волго-Ахтубинскую пойму: экологические, социальные аспекты – улучшение условий жизни людей и животных» №16-16-34001

Введение. Интенсивное земледелие без учета законов развития природы привело к нарушению экологического равновесия на больших территориях страны, разрушению природных ландшафтов, усилению эрозионных процессов, ухудшению водного режима, загрязнению окружающей среды, деградации почв, снижению продуктивности и устойчивости агроландшафтов. Предотвращение этих негативных процессов возможно при рациональном ведении сельского хозяйства на основе учета особенностей природных условий и ресурсного потенциала. Для этого необходимо знание роли природных факторов в формировании поверхностного стока талых вод.

Материалы и методы. Исследования проводились в лесостепной, степной и полупустынной зонах европейской части РФ. Объектами исследований были процессы формирования поверхностного стока талых вод, природные и антропогенные факторы, влияющие на него. Целью этого исследования было выявление влияния стокорегулирующих лесных полос на характер снегоотложения, снеготопления и глубину промерзания почвы для разработки мер по регулированию поверхностного стока талых вод. Теоретические исследования базировались на обобщении многолетних материалов исследований ВНИАЛМИ и данных различных научно-исследовательских учреждений по оценке влияния природных и антропогенных факторов на формирование стока. Анализировались данные, полученные при применении самых совершенных, апробированных многими учеными и получивших широкое распространение воднобалансовых методов: стоковых площадок и репрезентативных водосборов. При анализе использовались статистический и генетический подходы. В экспериментальных исследованиях применялся метод стоковых площадок, который широко используется как у нас в стране, так и за рубежом. Он позволяет выявить закономерности формирования поверхностного стока талых вод, влияние на него природных (снеготопление, глубина промерзания и влажность почвы) и антропогенных (обработка почвы, лесополосы севооборота и др.) факторов дифференцированно на различных разновидностях почв, видах угодий и пашни.

Результаты и обсуждение. В результате многолетних исследований во ВНИАЛМИ (ныне ФНЦ агроэкологии РАН) закономерностей формирования стока талых вод в лесостепной, степной и полупустынной зонах и обобщения многочисленных литературных данных по влиянию природных факторов на поверхностный сток получен очень большой экспериментальный материал. Анализ его позволяет сделать важные

теоретические и практические выводы. На его основе А.Т. Барабановым был открыт закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод [3,4]. Он формулируется так: при некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток талых вод не формируется независимо от уровня двух других. Определены максимальные значения лимитирующих факторов, при которых сток не формируется. При уровнях факторов выше лимитирующих сток формируется всегда и зависит он только от запасов воды в снеге и в почве. Наибольшее воздействие на формирование стока оказывает глубина промерзания почвы. На процесс замерзания почвы можно воздействовать путем регулирования снегоотложения антропогенными приемами.

На снегоотложение, наряду с антропогенными факторами, сильное воздействие оказывает характер ветрового режима территории. Е.А. Гаршиным (1988) на основе анализа данных почти по 2000 метеостанций СССР составлена карта районов по ориентации осей преобладающих направлений ветра [6]. Им сделан вывод о том, что на подавляющей части этой территории слабо выражено преобладающее направление ветров, а степень выраженности их нарастает по мере приближения к горным странам, причем субпараллельно горам. Это важно учитывать при анализе влияния снегозапасов и снегоотложения на эрозионно-гидрологические процессы, а в связи с этим и влияния на них лесных полос.

Лесомелиоративные мероприятия, являясь важнейшим антропогенным фактором адаптивно-ландшафтной системы земледелия, играют многофункциональную роль [10, 1]. По своему назначению и мелиоративному воздействию лесные полосы подразделяются на полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные и приовражные [2]. Лесные полосы, как постоянно действующий фактор оказывают мощное влияние на накопление снега и характер снегоотложения. Причем влияние это зависит от ветрового режима, способа их размещения, конструкции, параметров (количество рядов, ширина и др.), расстояния между ними. Как в зональном плане, так и на разных элементах рельефа и при различной ориентации к странам света это воздействие бывает разное. Лесополосы плотной конструкции, собирая в себе и в коротких шлейфах много снега, могут полностью предохранять почву от промерзания или резко уменьшать его глубину, что часто обуславливает полное или почти полное водопоглощение на этих участках и обеспечение деревьев влагой. На снегонакопление в поле они мало воздействуют. Необходимо решение задачи борьбы с эрозией почв в межполосном пространстве. Полосы продуваемой конструкции, несмотря на общее увеличение снегозапасов, мало влияют на глубину промерзания почвы, что снижает их стокорегулирующие возможности, а повышенные снегозапасы в поле могут приводить к увеличению стока и эрозии. Лесополосы ажурной конструкции занимают промежуточное положение по воздействию на указанные показатели. Это общая схема влияния лесополос на снегонакопление и снегоотложение. В зональном плане в зависимости от рельефа, ветрового режима, конструктивных особенностей лесополос и других факторов она может меняться.

Знание закономерностей снегоотложения и влияния на него стокорегулирующих лесополос позволило определить пути управления им и разработать новые способы. Специфический характер снегоотложения под воздействием лесных полос обуславливает и соответствующий характер увлажнения и промерзания почвы как в самих лесополосах, так и на полях, то есть эти природные факторы влияют на эрозионно-гидрологические процессы во взаимодействии как между собой, так и с антропогенными (лесные полосы). Анализ литературных данных и наши наблюдения показывают, что в абсолютном большинстве случаев лесные полосы способствуют увеличению влажности почв весной [7]. Неравномерное снегоотложение приводит к неоднородному

увлажнению ее. В лесополосах и шлейфовых частях межполосных пространств почва увлажняется сильнее, чем в межшлейфовых частях и в открытом поле. Это общая схема. По зонам имеются некоторые особенности.

Снег, обладая хорошими теплоизоляционными свойствами, предохраняет почву от промерзания. Лесные полосы, являясь мощным фактором снегоотложения, в значительной степени воздействуют на характер промерзания почвы. Особенности снегоотложения по природным зонам откладывают отпечаток и на характер влияния лесных полос на глубину промерзания почвы [8, 9]. Причем она в значительной степени зависит от сроков установления устойчивого снежного покрова и морозов. Для предохранения почвы от замерзания достаточно того, чтобы мощность снега была не больше 20-30 см к началу установления морозов и в дальнейшем увеличивалась до 50 см по мере усиления их. Такое количество снега часто накапливается в лесных полосах и вблизи от них при первых же метелях. С полей без лесных полос он уносится, и почва остается незащищенной.

В таблице приведены показатели глубины промерзания почвы средние и разной вероятности превышения в лесных полосах и в открытом поле. В лесополосах почва предохраняется от замерзания или глубина её бывает небольшой. В открытом поле она промерзает глубоко.

Таблица – Показатели средней и разной вероятности превышения глубины промерзания почвы в лесополосах и открытом поле, см

Зона, область, почва	Место определения	Средняя глубина промерзания, см	Вероятность превышения, %					
			1	10	30	50	90	99
Лесостепь, Орловская, серая лесная	Лесополоса	33	105	70	45	30	0	0
	Открытое поле	72	195	135	95	70	0	0
Степь, Волгоградская, каштановая	Лесополоса	26	85	45	20	10	0	0
	Открытое поле	59	190	120	80	55	0	0
Полупустыня, Волгоградская, светло-каштановая	Лесополоса	20	70	35	15	5	0	0
	Открытое поле	70	190	120	80	55	5	0

В лесостепи европейской части РФ средняя глубина промерзания почв в лесополосах составляет 33 см, а в открытом поле – 72 см. Почва талая бывает в лесополосах и открытом поле один раз в 10 лет. Глубина промерзания меньше 50 см бывает в открытом поле в годы 25 %-ной вероятности превышения (4 года в десятилетие), а в лесополосах 65 %-ной (6-7 лет в десятилетие). В степи на каштановых почвах Волгоградской области (в районе г. Камышина) средняя глубина промерзания почвы в открытом поле 59, в лесополосах – 26 см; на светло-каштановых почвах (в районе г. Волгограда) эти показатели составляют 70 и 29 см, соответственно. Почва в лесополосах совсем не замерзает в степи 3 года, в полупустыне 4 года в десятилетие, а в открытом поле – в степи один раз в 10 лет, а в полупустыне один раз в 20 лет. В лесополосах промерзание почвы до 50 см бывает в годы с 90-97 %-ной вероятностью превышения, т. е. почти ежегодно она талая или промерзает на небольшую глубину, а в открытом поле в годы с 40-50 %-ной вероятностью превышения, т. е. 4-5 лет в десятилетие.

Заключение. Таким образом, стокорегулирующие лесные полосы во всех зонах способствуют уменьшению глубины промерзания почвы. В лесостепи европейской части РФ роль их больше, чем в степи и полупустыне и увеличивается она при движении на юг и юго-восток. Лесополосы, оказывая мощное воздействие на снегоотложение, способствуют накоплению большего количества снега, предохраняют почву от глубокого промерзания, сохранению водопоглощения на высоком уровне и значительному сокращению стока.

Зная роль снегоотложения и глубины промерзания почвы в формировании поверхностного стока талых и влияние на них стокорегулирующих лесных полос, можно разрабатывать новые высокоэффективные противозрозионные приемы, с помощью которых управлять эрозионно-гидрологическим процессом. В связи с тем, что наиболее мощно воздействуют на природные факторы эрозионно-гидрологического процесса стокорегулирующие лесные полосы через снегораспределительные функции, их и необходимо регулировать.

Библиографический список

1. Агролесомелиоративная наука в XX веке [Текст] / А.Н. Каштанов и [др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2001. – 366 с.
2. Агролесомелиорация [Текст] / под ред. академиков РАСХН А.Л. Иванова и К.Н. Кулика. – Волгоград, 2006. – 746 с.
3. Барабанов, А.Т. Закон лимитирующих факторов стока талых вод [Текст] / А.Т. Барабанов. – Доклады РАСХН. – 1994. – № 6. – С. 36-38.
4. Барабанов, А.Т. Научные основы управления эрозионно-гидрологическим процессом [Текст] / А. Т. Барабанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 1(33). – С. 33-38.
5. Барабанов, А.Т. Система контурных лесных полос в лесостепи Западной Сибири [Текст] / А.Т. Барабанов, В.М. Уваров, С.Г. Кириченко // Бюллетень ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1990. – Вып.2(60). – С.30-32.
6. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс. Теория и модели [Текст] /Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 1999. – 196 с.
7. Гаршинев, Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация. Экспериментальная оценка, расчет, проектирование [Текст] / Е.А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ. – 2002. – 196 с.
8. Жданов, Ю.М. Создание конструкции лесополос, обеспечивающих оптимальное снегоотложение в них и на полях [Текст] / Ю.М. Жданов, А.Т. Барабанов, Р.Д. Балычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1(37). – С. 29-34.
9. Панов, В.И. Потери снега на ветро-метельную сублимацию и снос в открытых и лесомелиорированных агроландшафтах степной зоны [Текст] / В.И. Панов // Научно-агрономический журнал. – 2016. – №2(99). – С. 10-12.
10. Энциклопедия агролесомелиорации [Текст] / под ред. Е.С. Павловского. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 679 с.

References

1. Barabanov, A.T. Law of limiting factors of thawed snow runoff [Text] / A.T. Barabanov. – Reports of Russian Academy of Agrarian Sciences. – 1994. – № 6. – P.36-38.
2. Barabanov, A.T. Scientific bases of erosion hydrological process management [Text] / A.T. Barabanov // Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. – 2014. – № 1(33). – P. 33-38.
3. Garshinev, E.A. Erosive and hydrological process. Theory and models [Text] /E.A. Garshinev. – Volgograd: VNIALMI. – 1999. – 196 p.
4. The encyclopedia of an agroforest melioration [Text] / Edited by E.S. Pavlovsky. – Volgograd: VNIALMI, 2004. – 679 p.
5. Science of agroforest melioration in the 20th century [Text] / A.N. Kashtanov [et. al]. – Volgograd: VNIALMI, 2001. – 366 p.
6. Agroforest melioration [Text] / Edited by academicians of Russian Academy of Agrarian Sciences A.L. Ivanov and K.N. Kulik. – Volgograd, 2006. – 746 p.
7. Garshinev, E.A. Erosive and hydrological process and forest melioration. Experimental assessment, calculation, arrangement [Text] / E.A. Garshinev. – Volgograd: VNIALMI. – 2002. – 196 p.
8. Panov, V.I. Losses of snow by blow-blizzard sublimation and drift in the uncovered and forest meliorated agrolandscapes of steppe zone [Text] / V.I. Panov // Scientific and agronomical journal. – 2016. – № 2(99). – P. 10-12.

9. Zdanov, Yu. M. Forest belts ensuring optimum snow deposition in them and fields design creating [Text] / Yu.M. Zdanov, A.T. Barabanov, Balychev // Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education. – 2015. – № 1(37). – P. 29-34.

10. Barabanov, A.T. System of contour forest belts in the forest-steppe zone of Western Siberia [Text] / A.T. Barabanov, V.M. Uvarov, S.G. Kirichenko // Bulletin of VNIALMI. – Volgograd, 1990. – Iss. 2(60). – P. 30-32.

E-mail: a.barabanov2011@yandex.ru

УДК 502.4

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE SYSTEM OF PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF RUSSIA

В.М. Ивонин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

V.M. Ivonin

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова
Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск*

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University,
Novocherkassk*

Цель работы теоретически обосновать единую систему охраняемых природных территорий России. Списки федеральных, региональных и местных особо охраняемых природных территорий, включая их буферные зоны, а также других охраняемых природных территорий, представляют собой компоненты единой системы. Взаимосвязь между этими компонентами осуществляется через транзит экологических коридоров, который проходит через любой охраняемый природный комплекс или созданный объект (лес, луг, лесная полоса и т.д.). При создании и дополнении такой системы следует уяснить основные приоритеты: морально-этические, научные и утилитарные. Возникающие морально-этические проблемы будут связаны с необходимостью сохранения обширных территорий дикой природы. При этом учитывают этику дикой природы, этнокультурные ценности охраняемых природных территорий и их духовно-нравственное воздействие на общество. Есть научные проблемы, когда создают, наполняют и сопровождают единую географическую информационную систему (ГИС ОПТ РФ). Кроме этого, проводят исследования для сохранения средоохранительных функций и устойчивости экосистем различных биомов, внедрения единой системы мониторинга и разработки технологий воспроизводства биологических природных ресурсов. Приоритетные практические задачи требуют решений для оптимизации структуры единой системы охраняемых природных территорий и её управления, а также – гармонизации отношений между конфликтующей экологической и экономической деятельности на охраняемых природных территориях.

Objective: theoretical substantiation of a unified system of protected natural territories of Russia. Lists of federal, regional and local specially protected natural areas, including their buffer zones, as well as other protected natural areas, are components of a unified system. Interconnection between these components is realized through transit of ecological corridors, which passes through any guarded natural complex or created object (forest, meadow, forest belt, etc.). When creating and supplementing such a system, one should understand the main priorities: moral, ethical, scientific and utilitarian. Emerging moral and ethical problems will be associated with the need to conserve vast areas of wildlife. At the same time, ethics of wild nature, ethno-cultural values of protected natural territories and their spiritual and moral impact on society are taken into account. There are scientific problems when creating, filling and accompanying a single geographic information system (GIS OPT RF). In addition, research is conducted to preserve environmental protection functions and the sustainability of ecosystems of different biomes, the implementation of a unified system for monitoring and developing technologies for the reproduction of biological natural resources. Priority practical tasks will require solutions to optimize the structure of a unified system of protected natural areas and its management, as well as harmonize relations between conflicting environmental and economic activities in protected natural areas.

Ключевые слова: теоретическая концепция, охраняемая природная территория, система, дикая природа, ГИС, наука.

Key words: theoretical concept, protected natural area, system, wildlife, GIS, science.

Введение. Основой Общеввропейской экологической сети – ОЭС (в которой участвует и Российская Федерация) – служит взаимосвязь ключевых (центральных) территорий, которые обеспечивают оптимальное количество и качество экологического пространства; транзитных и буферных территории [1, 4]. Аналогом ОЭС является экологический каркас территории, который представляет собой пространственно взаимосвязанную, объективно существующую сеть охраняемых природных территорий, обеспечивающую сохранение естественных ландшафтов, местообитаний аборигенных видов, их генетического разнообразия [2]. На необходимость создания единой системы ООПТ в России, с целью обоснования стратегии управления этих территорий, указывалось рядом исследователей [7, 8 и др.]. Недостатком такой системы ООПТ в Чили является отсутствие в числе её элементов частных охраняемых природных территорий [9]. Принятие общей стратегии сохранения природного наследия на международном уровне затруднено в связи с отсутствием системной организации ОПТ в различных странах [10], в том числе и в России.

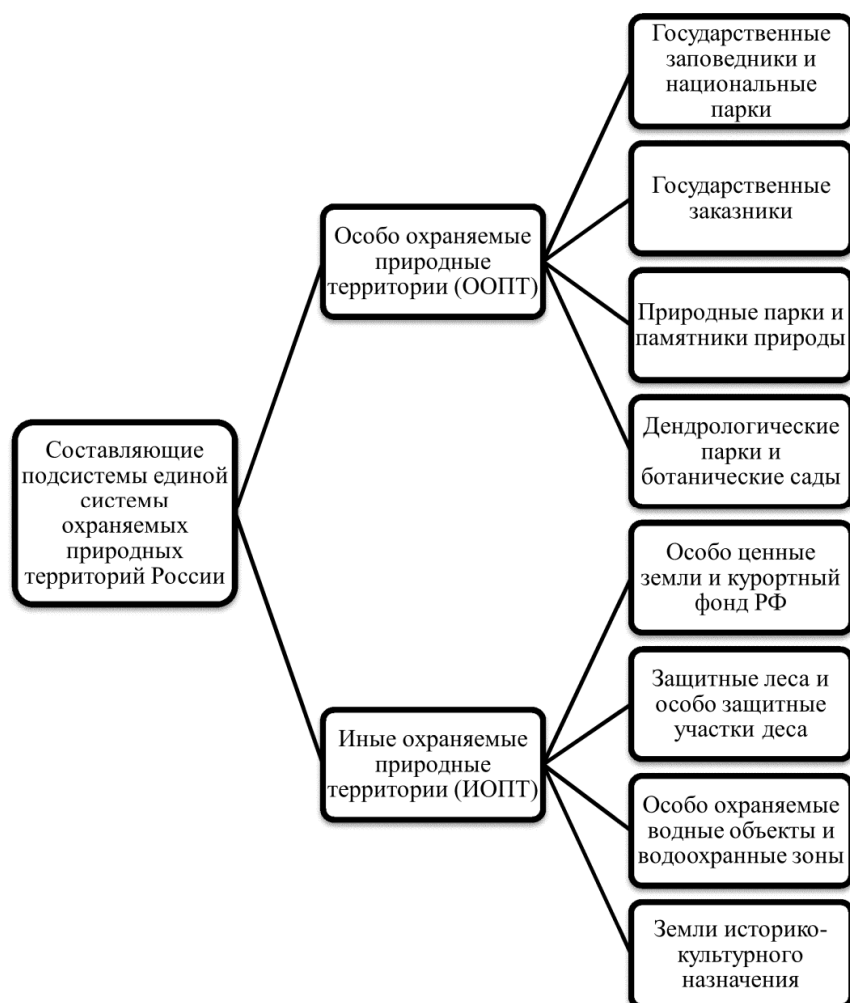


Рисунок 1 – Составляющие подсистемы (элементы) единой системы охраняемых природных территорий России

Материалы и методы. Основываясь на принципах общей теории систем, мы предлагаем теоретическое обоснование единой системы охраняемых природных территорий РФ. В основе этого обоснования лежит положение о том, что все федеральные, региональные и местные, особо охраняемые природные территории (вместе с их охранными зонами), а также иные охраняемые природные территории, являются составляющими подсистемами (элементами) единой системы (рисунок 1).

Взаимосвязи между составляющими подсистемами этой системы осуществляются посредством экологических (транзитных) коридоров, которыми могут служить любые малонарушенные природные или созданные лесомелиоративные комплексы, содержащиеся под охраной.

Результаты. Иерархическую систему охраняемых природных территорий России (СОПТ РФ) рекомендуется создавать на основе биомов (биом – совокупность экосистем одной природно-климатической зоны) для сохранения в естественном состоянии ключевых природных комплексов ООПТ, биологического и ландшафтного разнообразия, а также – сохранения ИОПТ. Система ОПТ РФ является высшей среди внутренних составляющих подсистем ООПТ и ИОПТ, а с другой стороны, может быть подсистемой Общеввропейской экологической сети (внешняя система). Она должна иметь не только связи между составляющими подсистемами и элементами внутри себя, но и связи с внешней системой.

При этом, необходимо уяснить основные приоритеты, которых следует придерживаться при создании единой системы ОПТ РФ и развитии географии ООПТ и ИОПТ (с охватом всех биомов РФ).

Прежде всего, следует решить определённые морально-этические, научные и утилитарные (практические) проблемы охраны природного наследия (рисунок 2).

Морально-этические проблемы возникают при осознании необходимости сохранения обширных естественных природных территорий, с принятием постулатов этики дикой природы, при учёте этнокультурных ценностей охраняемых природных территорий и их духовно-нравственных воздействий на общество.

Научные проблемы потребуют проведения исследований при создании, наполнении и сопровождении единой географической информационной системы (ГИС ОПТ РФ), а также сохранении средозащитных функций и устойчивости экосистем различных биомов, осуществлении единой системы мониторинга и разработки региональных технологий содействия воспроизводству биологических природных ресурсов.

Решение первоочередных практических задач заключается в оптимизации структуры СОПТ РФ и её управления, а также гармонизации отношений между природоохранительной и экономической деятельностью на охраняемых природных территориях.

Осуждение. Как следует из данных рисунка 2, морально-этические проблемы разрешимы при принятии этики дикой природы, с учётом этнокультурных ценностей и духовно-нравственного воздействия охраняемых природных территорий на общество.

Под дикой природой понимают обширные, удаленные от современного человека и не нарушенные его деятельностью территории, где сохранилось разнообразие местных видов, полноценные экологические, почвенно-геологические и эволюционные процессы.

На этих территориях живая и неживая природа воспроизводится естественным путем, сохраняя саморегуляцию за счет внутренних связей. На дикую природу человек влияет только опосредованно через глобальные изменения окружающей среды.

Этика дикой природы основывается на следующих постулатах: не нарушай свободное развитие, автономию, достоинство, естественные права особей и видов живых существ; заповедай как можно больше участков дикой природы; не причиняй ей вреда, не управляй и не контролируй её; не мешай дикой природе осуществлять свое предназначение [5].

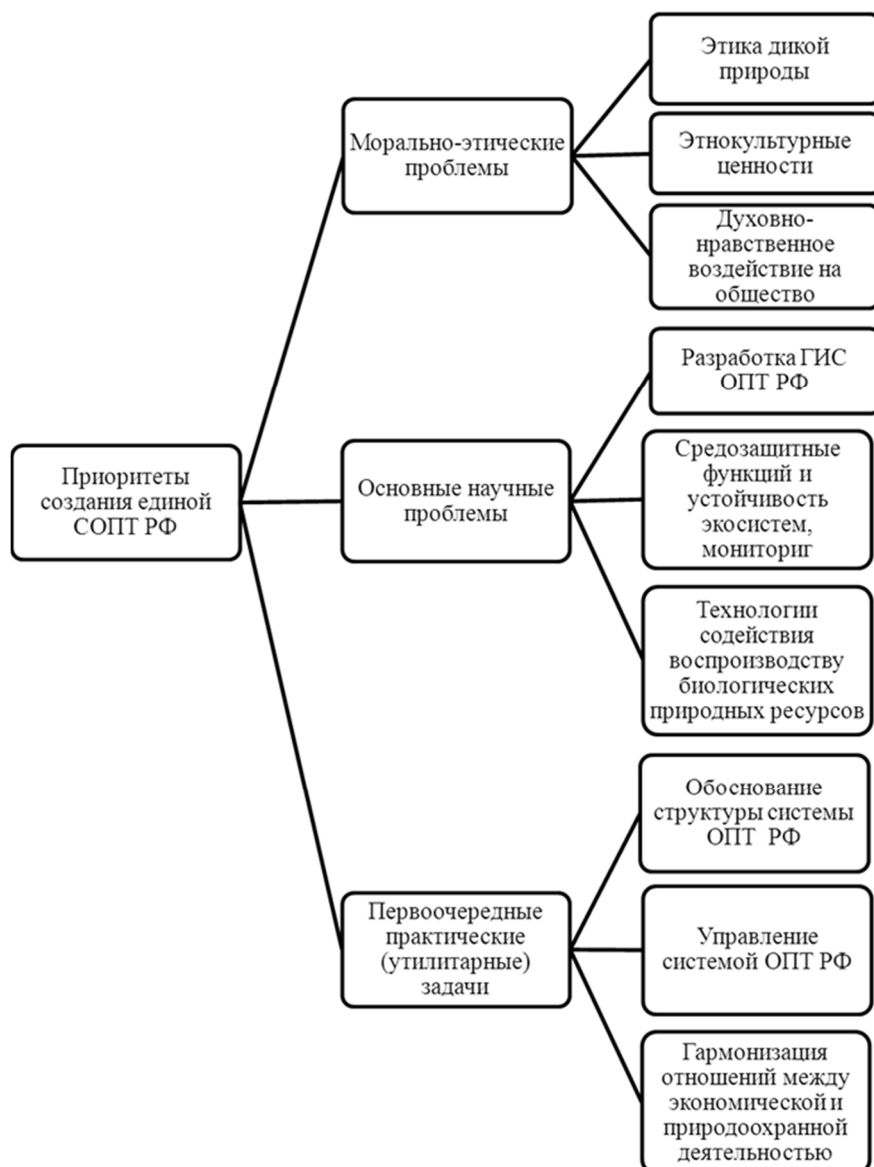


Рисунок 2 – Основные приоритеты создания СОПТ РФ

Этнокультурные ценности заключаются в наследии предков, способствующего сохранению самобытного мировоззрения того этноса, в среде которого это наследие существует и выступает гарантом духовного и нравственного развития этноса.

Эти ценности могут быть совместными творениями человека и природы; памятными местами, культурными и природными ландшафтами, связанными с историей формирования народов и иных этнических общностей, историческими (в том числе военными) событиями, жизнью выдающихся исторических личностей; объектами археологического наследия; местами совершения религиозных обрядов; местами захоронений жертв массовых репрессий и др. [6].

Духовно-нравственное воздействие ОПТ заключается в содействии формирования у человека:

- нравственных чувств по отношению к природе (совестливости к нашим «младшим братьям», ответственного отношения к наследию предков, смирению и благоговению перед природой как перед Божественным творением);

- нравственной позиции (ответственность за сохранение природы, оценка внутренней красоты природных объектов и явлений, готовность отстаивать свои природоохранные убеждения, преемственность наследия предков);

- нравственного поведения (готовность сохранять и восстанавливать природные и историко-культурные комплексы и объекты, послушание природоохранному законодательству, участие в реализации эколого-просветительских программ).

Разработка ГИС ОПТ РФ, ее наполнение и вывод в открытый доступ, а также – сопровождение (актуализация данных, добавление информации, техническая поддержка) может происходить по весьма продолжительным этапам. При этом предусматривается: ввод и/или обработка пространственных данных о каждой территории, полученных из различных источников; хранение и поиск данных для анализа, актуализации и корректировки; обработка и анализ данных для оценки составляющих элементов единой системы, решения расчетно-аналитических задач. Визуализация карт сопровождается трехмерными изображениями, графиками, таблицами, диаграммами и др.

Исследование средозащитных функций и устойчивости экосистем проводят в пределах биомов как структурных единиц биологического разнообразия. На основании проведенных научных исследований по охраняемым природным территориям потребуется принятие нормативных или инструктивно-методических документов по следующим направлениям:

- зонирование территории с учетом необходимости сохранения участков дикой природы, особо ценных природных объектов, создания буферных зон и особо охраняемых участков;

- определение сети экологических коридоров в пределах каждого из биомов;

- экологические, технологические, хозяйственные или иные способы сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, природного наследия;

- осуществление рекреационной деятельности и допустимые рекреационные нагрузки;

- создание и утверждение списка редких и исчезающих видов растений и животных, требующих особой охраны;

- предотвращение антропогенных и природно-антропогенных рисков, а также проникновения инвазивных видов в природные сообщества;

- восстановления природной среды и ресурсосбережение в буферных (охранных) зонах.

Обобщение нормативных или инструктивно-методических документов по всем направлениям в общероссийском контексте будет являться научной основой сохранения биологического и ландшафтного разнообразия России.

Экологический мониторинг проводят на основе программ наблюдений, в которых по каждому параметру указываются периодичность, сроки и методики измерений, требуемый репрезентативный объем выборки. Программа может включать наблюдения за количественным и качественным составом биоты (флоры и фауны), состоянием популяций и экосистем, являющихся эталонами данного региона; особо редкими и уникальными видами, в том числе реликтовыми; загрязнением окружающей среды и др.

Разработка технологий содействия воспроизводству биологических природных ресурсов, способных к самовосстановлению необходима в составе каждого биома, так как эти ресурсы непрерывно производят биологическую продукцию, необходимую для экологического благополучия региона. Эти технологии реализуют в соответствии существующих нормативных документов по лесоустройству, допустимым рекреационным нагрузкам, проведению хозяйственных мероприятий в лесах, другим нормативам, учитывающим приоритеты сохранения и восстановления биологического и ландшафтного разнообразия.

При этом используют данные инвентаризация видов, включающие выявление мест их обитания (произрастания), биологии и экологии обитания, численность вида или площадь, занятая редким растительным сообществом или видом растений на данной территории.

Используется также ресурсный подход, заключающийся в установлении и обеспечении соблюдения допустимых норм изъятия природных ресурсов без ущерба биологического разнообразия и природной целостности территории, с проведением компенсационных мероприятий.

Следует разрабатывать и реализовывать программы и проекты биотехнических мероприятий, обеспечивающих сохранение редких и исчезающих видов животных, поддержание в естественном состоянии типичных и уникальных экосистем, восстановление нарушенных природных комплексов, демонстрацию посетителям диких животных в природных условиях и др.

Обоснование структуры системы ОПТ РФ необходимо проводить на основании рассмотрения совокупности взаимосвязанных подсистем (охраняемых природных территорий), образующих единую целостность. При этом соблюдаются следующие принципы системного подхода: репрезентативность, ландшафтно-видовая представительность, территориальная взаимосвязанность и согласованность между элементами и подсистемами. Для каждого биома принцип репрезентативности реализуется на ландшафтном и видовом уровне, а принцип представительности – обоснованным размером площадей различных категорий ООПТ (суммарная доля их площади может колебаться от 5 до 10 % от общей площади биома). Принцип территориальной взаимосвязанности характеризуется достаточным количеством и качеством экологических (транзитных) коридоров, связывающих между собой ООПТ и ИОПТ внутри каждого биома, а согласованность обеспечивает реализацию взаимодействия в пределах биомов всех иерархических вертикальных подсистем и относительно автономных горизонтальных элементов системы ОПТ РФ.

Управление существующей системой ООПТ РФ пока не отлажено, т. к. она формировалась в России в течение более 100 лет и сейчас насчитывает десятки тысяч объектов федерального, регионального и муниципального значения. Тем более, не существует общих методологических подходов к созданию и управлению единой системой ОПТ РФ, как нет и общего подхода к разработке территориальных схем развития такой системы. Ощущается недостаток и в высшем органе управления (внутри МПР РФ), с передачей ему функций управления не только всеми объектами федерального значения, но и (на автономных правах) региональными и муниципальными ОПТ.

Гармонизация отношений между экономической и природоохранной деятельностью необходима при взаимоисключающих целях, стоящих перед охраняемыми природными территориями всех категорий (за исключением заповедников): охрана природы и получение экономических выгод. Так, при осуществлении туристско-рекреационной деятельности может возникнуть угроза сохранению не только дикой природы, но и объектов, представляющих культурно-историческую ценность. При этом пытаются регулировать рекреационные нагрузки, при соблюдении соответствующих нормативов, с развитием рекреационной инфраструктуры. Это требует решения противоречивых задач: повышение ёмкости рекреационной территории и сохранение её природоохранного потенциала.

Кроме этого, строительство туристской инфраструктуры на территории национальных парков и других ООПТ требует проведения реабилитационных и компенсационных мероприятий [10].

Заключение. Федеральные, региональные и местные, особо охраняемые природные территории, а также иные охраняемые природные территории, могут служить составляющими элементами (подсистемами) единой иерархической системы охраняе-

мых природных территорий России, созданной на основе её биомов. Взаимосвязи между этими составляющими элементами осуществляются посредством экологических (транзитных) коридоров, которыми могут служить любые малонарушенные природные или созданные лесомелиоративные объекты, содержащиеся под охраной.

При создании и дополнении такой системы (с охватом всех биомов РФ) следует уяснить основные приоритеты: морально-этические, научные, утилитарные (практические). Морально-этические проблемы возникают при осознании необходимости сохранения обширных участков дикой природы, с принятием постулатов её этики, при учёте этнокультурных ценностей охраняемых природных территорий и их духовно-нравственных воздействий на общество.

Научные проблемы обязательно возникнут при создании, наполнении и сопровождении единой географической информационной системы (ГИС ОПТ РФ), а также сохранении средозащитных функций и устойчивости экосистем различных биомов, осуществлении единой системы мониторинга и разработки региональных технологий содействия воспроизводству биологических природных ресурсов.

Практические проблемы потребуют принятия решений при оптимизации структуры единой системы охраняемых природных территорий и её управлении, а также гармонизации отношений между противоречащей друг другу природоохранительной и экономической деятельностью на охраняемых природных территориях.

Библиографический список

- 1 Беннет, Г. Пан-Европейская экологическая сеть [Текст]/ Г. Беннет // Сила тяготения. – 1999. – №4. – С. 11-15.
- 2 Воропаева, Т. В. Экологический каркас речного бассейна как перспективная стратегия сохранения биоразнообразия [Текст]/ Т. В. Воропаева // Естественные и технические науки. – 2010. – №6 (50). – С. 376-381.
- 3 Реабилитация лесных экосистем, нарушенных в ходе строительства объектов Олимпиады-2014 [Текст] : монография / В.М. Ивонин, М.Д. Пиньковский, А.В. Егошин, Д.М. Рыльцев, А.В. Ромашин / Под редакцией доктора сельскохозяйственных наук, профессора В. М. Ивонина. – Сочи, 2012. – 249 с.
- 4 Руководящие принципы формирования общеевропейской экологической сети [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.biodiversity.ru/programs/esonet/docs/princeuro/main.html>
- 5 Тернер, Д. Дикость и дикая природа [Текст]/ Д. Тернер. — Киев: КЭКЦ, 2003. — 136 с.
- 6 Федеральный закон от 25 июня 2002 г. N 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» (ред. от 5 апреля 2016 г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://base.garant.ru/12127232/1/#block_100
- 7 Штильмарк, Ф. Р. Заповедное дело России: теория, практика, история. Избранные труды [Текст]/ Ф. Р. Штильмарк. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 511 с.
- 8 Яковлева, И.А. Актуальные вопросы развития системы особо охраняемых природных территорий [Текст]/ И. А. Яковлева // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12 (часть 2). – С. 438-443.
- 9 Pauchard, Aníbal. Áreas Protegidas en Chile: Historia , Estado Actual, y Desafíos / Aníbal Pauchard, Pablo Villarroel // Natural Areas Journal. - Volume 22 (4). - 2002. - P. - 318–330
- 10 Pellizzaro, Patrícia Costa. Stewardship and management of protected natural areas: the international context 1 / Patrícia Costa Pellizzaro, Letícia Peret Antunes Hardt, Carlos Hardt, Marlos Hardt, Dyala Assef Sehli // Ambient. soc. vol.18 no.1 São Paulo Jan./Mar. - 2015 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC509V1812015en>

Reference

1. Bennet, G. Pan-Evropetskaya jekologicheskaya set' [Tekst]/ G. Bennet // Sila tyagoteniya. - 1999. - №4. - S. 11-15.
- 2 Voropaeva, T. V. Jekologicheskij karkas rechnogo bassejna kak perspektivnaya strategiya sohraneniya bioraznoobraziya [Tekst]/ T. V. Voropaeva // Estestvennye i tehnicheckie nauki. - 2010. - №6 (50). - S. 376-381.

3 Reabilitaciya lesnyh jekosistem, narushennyh v hode stroitel'stva ob'ektov Olimpiady-2014 [Tekst] : monografiya / V. M. Ivonin, M. D. Pin'kovskij, A. V. Egoshin, D. M. Ryl'cev, A. V. Romashin / Pod redakciej doktora sel'skohozyajstvennyh nauk, professora V. M. Ivonina. - Sochi, 2012. - 249 c.

4 Rukovodyaschie principy formirovaniya obscheevropejskoj jekologicheskoj seti [Elektronnyj resurs] - Rezhim dostupa: <http://www.biodiversity.ru/programs/econet/docs/princeuro/main.html>

5 Ternер, D. Dikost' i dikaya priroda [Tekst]/ D. Ternер. - Kiev: KJeKC, 2003. - 136 s.

6 Federal'nyj zakon ot 25 iyunya 2002 g. N 73-FZ "Ob ob'ektah kul'turnogo naslediya (pamyatnikah istorii i kul'tury) narodov Rossijskoj Federacii" (red. ot 5 aprelya 2016 g.) [Elektronnyj resurs] - Rezhim dostupa: http://base.garant.ru/12127232/1/#block_100

7 Shtil'mark, F. R. Zapovednoe delo Rossii: teoriya, praktika, istoriya. Izbrannye trudy [Tekst]/ F. R. Shtil'mark. - M.: Tovarischestvo nauchnyh izdanij KMK, 2014. - 511 s.

8 Yakovleva, I. A. Aktual'nye voprosy razvitiya sistemy osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij [Tekst]/ I. A. Yakovleva // Fundamental'nye issledovaniya. - 2015. - № 12 (chast' 2). - S. 438-443.

9 Pauchard, Anbal. ?reas Protegidas en Chile: Historia , Estado Actual, y Desaf?os / Anbal Pauchard, Pablo Villarroel // Natural Areas Journal. - Volume 22 (4). - 2002. - P. - 318-330

10 Pellizzaro, Patricia Costa. Stewardship and management of protected natural areas: the international context 1 / Patricia Costa Pellizzaro, Let?cia Peret Antunes Hardt, Carlos Hardt, Marlos Hardt, Dyala Assef Sehli // Ambient. soc. vol.18 no.1 So Paulo Jan./Mar. - 2015 [Elektronnyj resurs] - Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC509V1812015en>

E-mail: ivoninforest@ya.ru

УДК: 631.411.6:634.0.232

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ЛЕСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ В ТЕРСКО-КУМСКОМ МЕЖДУРЕЧЬЕ

ACTUAL PROBLEMS OF FOREST RECLAMATION IN THE TEREK-KUMA INTERFLUVE

А.С. Манаенков, доктор сельскохозяйственных наук

Г.А. Сурхаетев, кандидат сельскохозяйственных наук

И.Г. Сурхаетев, кандидат сельскохозяйственных наук

A.S. Manayenkov, I.G. Surkhayev, G.A. Surkhayev

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

Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for agro-ecology, integrated land reclamation and protective forestation, Russian Academy of Sciences», Volgograd

Рассмотрены перспективные методы и приемы борьбы с деградацией, улучшения состояния и повышения эколого-хозяйственной ценности агроландшафтов региона. Предложена дифференцированная технология комплексной фитомелиорации современных очагов опустынивания на пастбищных землях. Она предусматривает последовательное освоение обнажений неперевеянных отложений в деструктивной и барханной эколого-морфологической области, выполнение лесопосадочных и посевных работ на 20-50 % площади очагов, включение процесса их самозарастания. Мелиоративно-кормовые насаждения на бугристых песках полупустыни с деградированным растительным покровом предлагается создавать путем весенней посадки терескена машинами типа МПП-1, а пастбищезащитные полосы и кулисы в переходной и сухостепной подзоне – с использованием хвойных пород деревьев. На примере Терских песков обоснована возможность трансформации низкопродуктивных пастбищ в лесохозяйственно-рекреационные угодья. Признается целесообразным разведение в регионе плантаций интродуцированных субтропических культур.

Perspective methods and methods of combating degradation, improving the state and improving the ecological and economic value of the agro-landscapes of the region are considered. Differentiated technology of complex phytomelioration of modern foci of desertification in pasture lands is proposed. It provides for the consistent development of outcrops of unraveled sediments in the destructive

and barkhan ecologo-morphological area, the performance of planting and sowing operations for 20-50% of the focal area, the inclusion of the process of their self-growth. Meliorative and fodder plantations on the hilly sands of the semi-desert with a degraded vegetation cover are proposed to be created by spring planting of teresken machines such as MPP-1, and pasture protection strips and wings in the transition and dry steppe subzone - using coniferous trees. On the example of the Terski Sands, the possibility of transforming low-productive pastures into forest-hunting and recreational lands is justified. It is considered expedient to breed in the region plantations of introduced subtropical crops.

Ключевые слова: засушливая зона, песчаные земли, опустынивание, восстановление, улучшение пастбищ, облесение, повышение экологического, рекреационного и экономического потенциала земель.

Key words: droughty zone, sandy lands, desertification, restoration, improvement of pastures, afforestation, increase in ecological, recreational and economic potential of lands.

Введение. Терско-Кумское междуречье (Ногайская степь), благодаря климатическим (территория высоко обеспечена теплом), геоморфологическим (пологогрядово-холмистая равнина, сложенная легкими аллювиальными и дельтово-морскими полиминеральными наносами) условиям и географическому положению (на большом протяжении примыкает к горному району) представляет собой наиболее ценный массив отгонных (зимних) пастбищ Северного Кавказа. Вследствие перевыпаса, нарушения сезонности использования, развития тонкорунного овцеводства и ряда других причин, почвенно-растительный покров песчаных массивов (около 800 тыс. га) и приаренного пояса легких зональных почв неоднократно подвергались вспышке дефляционного опустынивания. На большей части территории междуречья поверхностные отложения претерпели глубокую эоловую трансформацию. Улучшились их водно-солевой режим и лесорастительные свойства, а регион стал одним из самых ранних в стране очагов практического применения и научного осмысления лесной мелиорации песчаных земель [8, 12].

Последняя из вспышек разрушения пастбищных экосистем пришлось на 70-80-е годы минувшего столетия и была подавлена благодаря энергичным мерам по осуществлению широкомасштабного комплекса фитомелиоративных и других работ, предусмотренных Генеральной схемой борьбы с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ (1986), резкому сокращению поголовья скота, кратковременному смягчению аридности климата.

События первых десятилетий нового тысячелетия – скачкообразный рост поголовья скота, развитие личного, частного скотоводства и повышение нагрузки на пастбища – быстро формируют основу для новой вспышки опустынивания природных кормовых угодий, делают необходимым расширение и повышение эффективности лесомелиоративных работ [9]. Так, в Республике Дагестан численность крупного рогатого скота в 2010-2012 гг. была уже почти в 1,5 раза, а овец и коз в 2,1 раза больше, чем в среднем за период 1996-2000 гг. [7], а нагрузка на выпасы достигла одной усл. гол./га. Примерно то же произошло и в соседних административных образованиях. В результате, уже в конце нулевых годов кормовые угодья (1,5 млн га) восточных районов Ставропольского края, северных – республик Чечня и Дагестан снова приблизились к катастрофической степени деградации.

Цель работы – обоснование мероприятий, обеспечивающих повышение эффективности лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования деградированных песчаных земель.

Материалы и методы. Полевые наблюдения и экспериментальные исследования, выполненные ВНИАЛМИ в Северо-Западном Прикаспии в 80-90 гг. минувшего и в текущем столетии методами прокладки почвенно-экологических профилей, создания опытных пастбищных культурценозов и лесонасаждений на большой площади [3, 4], а также

многолетний опыт комплексной фитомелиорации песчаных земель аридной зоны свидетельствуют о наличии возможности быстрого восстановления опустыненных кормовых угодий, повышения эффективности и устойчивости природопользования, улучшения экологической обстановки в районах с «хрупкими» экосистемами.

Результаты и обсуждение. Наиболее сложным объектом лесной мелиорации являются разрушенные пастбища на легких зональных почвах полупустынной части Терско-Кумской низменности и Прикумской равнины с годовой нормой атмосферных осадков 200-250 мм. В процессе их развеивания образуются обширные очаги мелкобарханных песков с повышенной энергией ветропесчаного потока и подвижностью эоловых отложений [4]. Кроме этого, из-за близкого залегания соленосных горизонтов и высокой минерализации грунтовой воды питание растений обеспечивается здесь почти исключительно за счет влаги атмосферных осадков, аккумулированной в маломощном (1,0-1,5 м) выщелоченном пермаcidном (увлажняемом осадками) слое зоны аэрации.

При восстановлении растительного покрова в очагах дефляции на полупустынных пастбищах мелиоративные работы должны базироваться на широком использовании псаммофильных трав, полукустарников и солеустойчивых кустарников. Большую перспективу имеет освоение дифференцированной технологии и метода ускорения работ, обоснованных и зарекомендовавших себя на Черных землях Калмыкии. Они заключаются в следующем.

Фитомелиоративные работы выполняются отдельно в деструктивной (восточной – такырообразной) и деструктивно-аккумулятивной (барханной) эколого-морфологической области (ДО и ДАО) дефляционной котловины (ДК). Их начинают с освоения ДО, где в ранневесенний период в неглубокие одновременно нарезаемые борозды комбинированными типа МПП-1 или традиционными машинами (СЛН-1) перпендикулярно основному направлению переноса песка производят рядовую (через 5-6 x 1,0 м) посадку однолетних семян терескена (*Eurotia ceratoides*), двигаясь от восточной границы области к западной. Через 10-15 рядов терескена целесообразно высаживать ряды семян тамарикса ветвистого (*Tamarix ramosissima*), в расчете на формирование пастбищезащитных лесных полос. Для выращивания растений-семенников и улучшения качества восстанавливаемого растительного покрова целесообразно чередование группы рядов терескена с отдельными рядами посадки семян прутняка распростертого (*Kochia prostrata*). С целью предупреждения засекания саженцев песком (методом повышения шероховатости поверхности), после завершения посадки в междурядьях, прижимаясь к западному ряду, плантажным плугом (ППН-50, ППУ-50А) нарезают защитные борозды-валы. В свободной зоне отдельных междурядий производят кулисные смешанные посевы ценных кормовых трав и полукустарников (житняк (*Agropyrum*), пырей (*Elytrigia*) прутняка распростертого, полынь (*Artemisia*) с заделкой семян в почву легкими орудиями (БИГ-3,0, секция ККШ-6 и др.). Актуальность посева кормовых трав увеличивается в очагах дефляции, расположенных на пастбищных массивах, покрытых сорнооднолетниковой и рудеральной растительностью.

Устойчивый растительный покров в ДО формируется к концу второго – третьего года. В первые годы жизни его продуктивность достигает 3-5 т/га, в последующие – сохраняется на уровне 1-2 т/га надземной массы в воздушно-сухом состоянии. Восстановленные пастбища имеют повышенную микроклиматическую комфортность.

Работы в ДАО начинают осенью того же или следующего года после их завершения в ДО с создания противодефляционных травяных кулис (за это время происходит возврат части песчаного материала и физическая мелиорация ДО, а также обсеменение пограничной с ней зоны ДАО). Для чего в средне – позднесенний период через весь поперечник ДК нарезают ленты из 3-4 (через 2,5-3,0 м) плужных борозд глубиной 15-20 см на обнажениях непереветренных отложений между цепями барханов – вдоль их основного направления. Ленты борозд размещают в наиболее широких из них через 20-100 м. И, не

дожидаясь заполнения борозд, пустот в отвалах почвы песком, засевают семенами кияка (*Leymus racemosus*). Высев семян производят по свежим лентам борозд вразброс наземными средствами или аэросевом нормой 3-4 кг/га. В зависимости от развития кулис кияка и освобождения от песка межкулисных пространств – в конце первой, начале или после окончания второй вегетации кияка – на освободившихся от песка участках закладывают регенеративно-кормовые фитоценозы из ценных пастбищных растений (терескен, прутняк, полынь, злаки). Этими фитоценозами занимают 20-50 % межкулисной площади («коридоров»). Остальную часть – оставляют под самозарастание.

Регенеративно-кормовые фитоценозы между сформировавшимися кулисами кияка создают с использованием тех же приемов и агрегатов, что и в ДО, но без нарезки защитных борозд-валов. В обширных замкнутых понижениях «коридоров», где концентрируется поверхностный сток, возможно создание древесных зонтов из наиболее ксерофитных пород деревьев.

Устойчивый и богатый растительный покров на всей площади барханной области формируется через 4-5 лет после начала работ как за счет ее обсеменения локальными фитоценозами, так и за счет приноса семян из мелиорированной деструктивной области и прилегающих функционирующих пастбищ.

Киячные кулисы, аккумулируя песок в виде невысоких (1-2 м) валов и прорастая сквозь него, образуют надежные противодефляционные модули (непроницаемые защиты) общей высотой до 3-4 м и производительностью 5-10 т/га сухой надземной массы, быстро подавляющие развитие очагов опустынивания. Через 5-10 лет кияк постепенно уступает место ксерофитным злакам. Однако без осуществления второго этапа фитомелиорации очагов дефляции, окруженных сильно сбитыми пастбищами, межкулисные пространства зарастают щирицей (*Amaranthus blitoides* S. Wats.), верблюдкой (*Corispermum* B. JUSS. ex L.), солянкой (*Salsola ruthenica* Iljin.), с участием кияка и эфемеров, а песчаные валы покрываются коротко вегетирующими злаками (мятликом (*Poa bulbosa* L.), кострами (*Bromus* L.). Малоценный растительный покров, в этом случае, не замещается кормовыми многолетниками десятки лет.

Сильно деградированные пастбища на бугристых песках полупустыни можно улучшать путем сплошного (рядами по схеме 5-10 x 1 м) или кулисного (на наиболее проблемных участках) создания мелиоративно-кормовых насаждений из терескена серого, а на язвах, в мелких очагах дефляции – и джужгуна безлистного (*Calligonum aphyllum* (PALL.) GÜRKE). Исследованиями на Черных землях установлено [2], что лучшие результаты дает ранневесенняя посадка однолетних сеянцев этих пород лесопосадочными машинами типа МПП-1 в одновременно нарезаемые широкие борозды. На 2-3-й год ряды терескена образуют ветроломные рубежи высотой и диаметром 0,6-0,8 м с запасом веточно-листового корма около 0,3-0,15 т/га в воздушно-сухом состоянии. Во влажные годы и позднее размеры кустов увеличивается в 2-3 раза, а их масса – в 3-4 раза. Джужгун достигает высоты 1,0-1,5 м, накапливает до 0,5 т/га сухой надземной фитомассы, подавляет развитие ДК.

На протяжении уже многих десятилетий известно, что в подзоне сухой степи и переходном поясе к полупустыне с нормой осадков 320-390 мм/год хорошие результаты дает трансформация деградированных пастбищ на бугристых песках в лесопастбищные и лесоаграрные угодья путем их кулисного облесения робинией (*Robinia pseudoacacia*), вязом мелколистным (*Ulmus parvifolia*), тополем (*Populus alba*) и другими породами [8]. При этом не только резко повышается противодефляционная устойчивость кормовых и полевых угодий, но и радикально расширяются функциональные, зооэкологические и природоохранные возможности ландшафта, возрастает его социальная значимость. В последние годы проведены исследования, позволяющие существенно увеличивать долговечность, хозяйственную и ландшафтопреобразующую ценность

лесонасаждений путем использования при их создании усовершенствованной агротехники и хвойных пород [6, 11]. Открывается перспектива преобразования кормовых угодий региона на площади в сотни тысяч гектаров.

В связи с этим, важной задачей лесомелиоративной инфраструктуры региона является освоение новых подходов к оценке лесопригодности песчаных земель, дифференцированной технологии создания и выращивания культур сосны крымской (*Pinus pallasiana* LAMB.) и обыкновенной (*P. silvestris* L.) [1, 5, 6, 11], а также испытание в защитных лесонасаждениях на Терских песках местного высоко декоративного вида – можжевельника Облонга (*Juniperus communis Pendula*).

Развитие производственной, транспортной и социальной инфраструктуры на территории практически безлесного (естественная лесистость менее 1 %) региона ставит и задачу расширения спектра защитного лесоразведения в направлении оздоровления, повышения экологического, рекреационного, продовольственного потенциала агроландшафтов, формирования угодий и объектов нетрадиционного природопользования.

В западной части междуречья (других местах) имеются обширные участки глубокорасчлененных песков, пригодные для формирования лесохозяйственных и рекреационных угодий и организации нетрадиционных форм природопользования. В качестве примера можно привести Иргаклинский (более 60 тыс. га) и Червлёно-Бурунский (около 10 тыс. га) участки Терского песчаного массива [3].

Первый расположен южнее п. Иргаклы Нефтекумского района Ставропольского края. Он занимает северо-западную сухостепную оконечность Терских песков, вытянут в субдолготном направлении, и расширяется к юго-востоку с 3-4 до 15-17 км. В его северо-западной части преобладает средне- и высокобугристый рельеф с амплитудой отметок до 10 м, в юго-восточной – средне-пологобугристый с межбугровыми понижениями от воронкообразной (площадью 100-200 м²), до долинообразной формы (площадью до 1,0-1,5 га).

В начале 90-х годов XX в. массив использовался как круглогодичное низкопродуктивное пастбище с бессистемным выпасом овец. Растительный покров повсеместно был истощен, представлен несъедобными и мало поедаемыми видами: молочай (*Euphorbia*), тырса (*Stipa capillata*), полынок (*Artemisia austriaca* Jacq.), эфемеры. Основной фон создавали костры кровельный (*Bromus tectorum* L.) и растопыренный (*Bromus squarrosus* L.). Урожайность трав в пересчете на сено составляла 0,7-1,1 т/га. Наиболее глубокие понижения были заняты озерами, зарослями тростника (*Phragmites communis* Trin.), рогоза (*Typha* L.), ситника (*Juncus* L.), императы (*Imperata cylindrica* L.). Здесь же встречались колки тополя белого с примесью лоха узколистого (*Elaeagnus angustifolia* L.) и отдельные кусты ивы каспийской (*Salix caspica* Pall.).

Зона аэрации массива сложена полиминеральным среднезернистым песком. Лишь на периферии массива и в глубоких понижениях в нижней части профиля вскрываются маломощные слои и тонкие прослои супеси и легкого суглинка. Но в целом высокое плодородие отложений делает их пригодными для произрастания многих олиго- и мезотрофных деревьев и кустарников, выращивания кормовых культур.

Отток грунтовой влаги из-под массива в сторону приаренных равнин был затруднен подпором потока Терско-Кумским водоканалом. В результате этого отмечался прогрессирующий (около 8 см в год) подъем уровня грунтовой воды с образованием многочисленных озер, поверхность которых, согласно данным водно-балансовых расчетов, могла достичь 23 % площади массива. Расчеты представлены в таблице 1.

В среднем массив ежегодно аккумулирует около 90 млн м³ атмосферной влаги. Около 40 млн м³ воды высокого качества (минерализация около 0,2 г/л, содержание органического вещества – 1,3 %) в период исследований мигрировало в приаренный пояс. Почти 50 млн м³ оставалось в песках и частично расходовалось на эвапотранспирацию озерно-болотными экосистемами.

Таблица 1 – Водный баланс зоны аэрации северо-западной части Терского песчаного массива (мм водного слоя) по состоянию на 1991 г.

Элемент водного баланса	Год
Осадки	350
Физическое испарение	-110
Транспирация	-90
Отток в грунтовые воды	-150
Баланс грунтовых вод	
Приход	150
Эвапотранспирация озер и влажных депрессий	-3.5
Подъем уровня ГВ	-82.0
Дренажный расход	-64.5

В целом, тепловые и водно-минеральные ресурсы массива позволяли создать 8-10 тыс. га насаждений сосны, ремизов из можжевельника, 1,5-2 тыс. га лесоплодовых пород; занять 1-2 тыс. га кормовыми и техническими культурами с орошением их грунтовой водой; интродуцировать и размножить многие виды промысловых животных; организовать платное питьевое водоснабжение, подсобное производство меда, винограда, столовых бахчей.

Массив «Червленые Буруны» занимает компактную юго-западную часть Терских песков (в 7 км к югу от п. Червленые Буруны Р. Дагестан) с пустынно-степным климатом и нормой осадков около 300 мм/год. Примерно половину его площади занимают весьма экзотичные грядово-высокобугристые пески с амплитудой отметок до 40 м. Вторую – межгрядовые понижения со средне-пологобугристым рельефом.

По состоянию на 1991 г., массив использовался как круглогодичное пастбище для овец (в меньшей мере – лошадей и КРС) урожайностью 0,4-0,5 т/га корма. Травянистый покров на склонах бугров и гряд (костер кровельный, молочай (*Euphorbia*), житняк, ковыль (*Stipa*), донник (*Melilótus*), астрагалы (*Astragalus*), чабрец Палласа (*Thymus pallasianus*) деградирован. Сбой его носил густотропинчатый характер и сопровождался закустариванием территории. По дну котловин росли вейник (*Calamagrostis*), качим (*Gypsophila*), смолевка (*Silene*), желтушник (*Erysimum*), ленок (*Lenum*), донник, солодка (*Glycyrrhiza*), тростник, хвощ (*Equisetum*) и др. На слабозаросших вершинах высоких бугров-гряд – высокая форма полыни песчаной (*Artemisia arenaria*), кияк. Древесная и кустарниковая растительность в основном была сосредоточена на межгрядовом комплексе мезорельефа. Здесь по наиболее глубоким понижениям встречались колки разновозрастного тополя белого (высота деревьев до 15-18 м, диаметр 40-75 см) с примесью ивы каспийской, крушины Палласа (*Rhamnus pallasii*), подроста можжевельника Облонга. Неглубокие понижения и склоны бугров до высоты 4-5 м заняты густыми куртинами можжевельника Облонга высотой 3-4 м, лоха узколистного, ивы каспийской, боярышника (*Crataegus*).

Средне-пологобугристые пески межгрядья на 50-70 % были заняты кустами скумпии (*Cotinus*) (высота 2,5-3,5, диаметр кроны 4-6 м), крушины Палласа. На вершинах высоких гряд встречались культуры шелюги (*Salix acutifolia*), ниже – заросли ивы каспийской, на зарастающих склонах – джужгуна безлистного. Прогрессирующее закустаривание захватывало гипсометрический пояс, расположенный на 5-15 м выше материнских насаждений.

Охотничья фауна была представлена зайцем, лисицей, стрепетом. В небольшом количестве обитала косуля.

Зона аэрации массива сложена преимущественно однородным среднезернистым полиминеральным песком. Водный режим промывного типа. Пресная (солей 0,18-0,75 г/л, органики 1,3 %) грунтовая вода в котловинах бугристо-грядового рельефа залегает на глубине 4-5 м, в понижениях межгрядового комплекса – 1,3-2,5 м.

Песчаный массив обладает повышенным фитоэкологическим и эстетическим потенциалами. Здесь дополнительно может быть создано 1,5-2 тыс. га насаждений сосны, лесоплодовых и декоративных пород; интродуцированы олень европейский, лань, кабан, фазан и другие животные. Увеличено поголовье косули, зайца, лисицы, стрепета. Организованы продажа ценной питьевой воды, использование артезианских термальных вод, проложены увлекательные пешие и конные маршруты, созданы обзорные пункты, солярии.

Кроме перечисленного, использование разработок Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН и ФНЦ агроэкологии РАН позволяет существенно расширить площадь зеленых зон и озеленительных насаждений в населенных пунктах, создать плантации и мини-сады ценных субтропических культур (унаби (*Ziziphus jujuba*), хурмы (*Diospyros*), граната (*Punica granatum*) и др.), интродуцированных в местных условиях [10], елочных плантаций и т.п.

Заключение. Таким образом, природно-хозяйственные условия Ногайской степи позволяют средствами лесной и комплексной фитомелиорации в относительно короткий срок и при небольших затратах вернуть в хозяйственный оборот и повысить функциональное долголетие природных кормовые угодья, существенно увеличить лесистость ее территории, снизить запыленность, загазованность воздуха. Произойдет оздоровление окружающей среды, значительно увеличится производственный, рекреационный и, в целом, экономический потенциал низкопродуктивных земель, ослабнет напряженность и неблагоприятное воздействие климатических факторов на социальную и производственную инфраструктуру региона.

Библиографический список

1. Зюзь, Н.С. Способ создания лесных культур [Текст]: патент №2289909 РФ Зюзь Н.С., Манаенков А.С. // Открытия. Изобретения, 2006. – Бюл. №36.
2. Манаенков, А.С. Лесомелиорация пастбищ на бугристых песках Северо-Западного Прикаспия [Текст] / А.С. Манаенков // Лесомелиорация аридных пастбищ. – Волгоград, 1987. – Вып. 2 (91). – С. 90-104.
3. Манаенков, А.С. Лесомелиорация арен Юго-Востока [Текст]: дисс...доктора с.-х. наук / А.С. Манаенков. – Волгоград, 2004. – 592 с.
4. Манаенков, А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны [Текст] / А.С. Манаенков. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 420 с.
5. Манаенков, А.С. Особенности облесения песчаных земель Терско-Кумского междуречья культурами сосны [Текст] / А.С. Манаенков, Г.А. Сурхаев, И.Г. Сурхаев // Лесное хозяйство. – 2010. – №5. – С. 36-38.
6. Манаенков, А.С. Перспектива использования хвойных пород в лесомелиорации пастбищ западного Прикаспия [Текст] / А.С. Манаенков, Г.А. Сурхаев, И.Г. Сурхаев // Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – № 3. – С. 126-130.
7. Павленко, Е.А. Индексный анализ численности и продуктивности крупного рогатого скота (коров) в Республике Дагестан [Текст] / Е.А. Павленко // Теория и практика общественного развития. – 2014. – Вып. 21. – С. 123-127.
8. Смирнов, Н.А. Пескоукрепительные лесные полосы и насаждения [Текст] / Н.А. Смирнов // Лесные защитные насаждения. – М.: Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1963. – С. 193-232.
9. Сурхаев, Г.А. Мониторинговая оценка состояния Кизлярских пастбищ и эффективные методы их мелиорации [Текст] / Г.А. Сурхаев, С.Н. Сивцева, А.В. Вдовенко // Вестник АПК Ставрополя, 2015. – № 4(20). – С. 258-262.
10. Сурхаев, Г.А. Оптимизация выращивания и использования интродуцентов: унаби, хурмы и граната в фитомелиорации земель Терско-Кумского междуречья [Текст] / Г.А. Сурхаев, А.В. Вдовенко // Вестник научных конференций. – 2016. – № 1-5. – Часть 5. – С. 219.
11. Сурхаев, И.Г. Лесомелиорация песков Терско-Кумского междуречья культурами сосны [Текст] : автореф. дис...кандидата с.-х. наук / И.Г. Сурхаев. – Волгоград, 2015. – 22 с.
12. Язан, П.Г. Терско-Кумские пески, их закрепление и использование в сельском и лесном хозяйстве [Текст] / П.Г. Язан. – Грозный, 1955. – 78 с.

Reference

1. Zyuz', N. S. Sposob sozdaniya lesnyh kul'tur [Tekst]: patent №2289909 RF Zyuz' N. S., Manaenkov A. S. // Otkrytiya. Izobreteniya, 2006. - Byul. №36.
2. Manaenkov, A. S. Lesomelioraciya pastbisch na bugristykh peskah Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Tekst] / A. S. Manaenkov // Lesomelioraciya aridnykh pastbisch. - Volgograd, 1987. - Vyp. 2 (91). - S. 90-104.
3. Manaenkov, A. S. Lesomelioraciya aren Yugo-Vostoka [Tekst]: diss...doktora s. -- h. nauk / A. S. Manaenkov. - Volgograd, 2004. - 592 s.
4. Manaenkov, A. S. Lesomelioraciya aren zasushlivoj zony [Tekst] / A. S. Manaenkov. - Volgograd: VNIALMI, 2014. - 420 s.
5. Manaenkov, A. S. Osobennosti obleseniya peschanykh zemel' Tersko-Kumskogo mezhdurech'ya kul'turami sosny [Tekst] / A. S. Manaenkov, G. A. Surhaev, I. G. Surhaev // Lesnoe hoz-vo. - 2010. - №5. - S. 36-38.
6. Manaenkov, A. S. Perspektiva ispol'zovaniya hvojnykh porod v lesomelioracii pastbisch zapadnogo Prikaspiya [Tekst] / A. S. Manaenkov, G. A. Surhaev, I. G. Surhaev // Vestnik APK Stavropol'ya. - 2016. - № 3. -- S. 126-130.
7. Pavlenko, E. A. Indeksnyj analiz chislennosti i produktivnosti krupnogo rogatogo skota (korov) v Respublike Dagestan [Tekst] / E. A. Pavlenko // Teoriya i praktika obschestvennogo razvitiya. - 2014. - Vyp. 21. - S. 123-127.
8. Smirnov, N. A. Peskoukrepitel'nye lesnye polosy i nasazhdeniya [Tekst] / N. A. Smirnov // Lesnye zaschitnye nasazhdeniya. - M.: Izd-vo s. -- h. literatury, zhurnalov i plakatov, 1963. - S. 193-232.
9. Surhaev, G. A. Monitoringovaya ocenka sostoyaniya Kizlyarskikh pastbisch i jeffektivnye metody ih melioracii [Tekst] / G. A. Surhaev, S. N. Sivceva, A. V. Vdovenko // Vestnik APK Stavropol'ya, 2015. - № 4(20). - S. 258-262.
10. Surhaev, G. A. Optimizaciya vyraschivaniya i ispol'zovaniya introducentov: unabi, hurmy i granata v fitomelioracii zemel' Tersko-Kumskogo mezhdzhurech'ya [Tekst] / G. A. Surhaev, A. V. Vdovenko // Vestnik nauchnykh konferencij. - 2016. - № 1-5. - Chast' 5. - S. 219.
11. Surhaev, I. G. Lesomelioraciya peskov Tersko-Kumskogo mezhdurech'ya kul'turami sosny [Tekst] : avtoref. dis...kandidata s. -- h. nauk / I. G. Surhaev. - Volgograd, 2015. - 22 s.
12. Yazan, P. G. Tersko-Kumskie peski, ih zakreplenie i ispol'zovanie v sel'skom i lesnom hozyajstve [Tekst] / P. G. Yazan. - Groznyj, 1955. - 78 s.

E-mail: manaenkov1@yandex.ru

УДК 634.1

**УРОЖАЙНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ
И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПЛОДОНОШЕНИЯ СОРТО-ПОДВОЙНЫХ
КОМБИНАЦИЙ ЯБЛОНИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ**
**CROP PRODUCTIVITY, SUSTAINABILITY AND FERTILITY OF FRUIT FILLING
OF VARIETY-ROOTSTOCK APPLE-TREES COMBINATIONS
IN CONDITIONS OF NORTHERN CASPIANS**

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

Т. В. Меншутина, заведующая отделом плодово-ягодных культур

Е.Н. Иваненко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
отдела плодово-ягодных культурЛ.В. Попова, заведующая лабораторией питомниководства и ягодников отдела
плодово-ягодных культур

N.V. Tutuma, T.V. Menshutina, E.N. Ivanenko, L.V. Popova

ФГБНУ «Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия»,
Астраханская область, Черныярский район, с. Соленое Займище

The Caspian Research Institute of Arid Agriculture

В аридных условиях Астраханской области проведено изучение районированных сортов яблони Северный Синап, Ренет Симиренко и перспективного сорта Старкримсон на различных по силе роста подвоях по показателям урожайности, устойчивости продуктивности и

периодичности плодоношения. Наиболее урожайными (11,0-20,0 т/га) оказались сорто-подвойные комбинации всех трех сортов на подвоях Р60, 62-396, 54-118 и 57-545. Регулярным плодоношением ($J=11,4-39,6$) характеризуются комбинации сортов Северный Синап на подвоях ПБ-4 и Р16, Ренет Симиренко – на Р59, Р60, 54-118 и 57-545 и Старкримсон на среднерослых подвоях 54-118 и 57-545. Наибольшей устойчивостью продуктивности ($Y=0,70-0,81$) обладают сорта Ренет Симиренко в комбинации с подвоями Р59, 54-118, 57-545 и Старкримсон на подвое 54-118. По совокупности показателей (урожайность, устойчивость и периодичность плодоношения) наиболее полно реализовывают биологический потенциал сорта Ренет Симиренко и Старкримсон на среднерослых подвоях 54-118 и 57-545, которые рекомендуются для закладки садов интенсивного типа в аридных условиях Прикаспия.

In the arid conditions of the Astrakhan region conducted a study of cultivars of Apple trees in North Sinap, Renet Simirenko and promising varieties of Starkrimson on different vigor rootstocks in terms of yield, sustainability, productivity and periodicity of fruiting. The most productive (11,0-20,0 t/ha) were variety-rootstock combinations of all three varieties on rootstocks Р60, 62-396, 54-118 and 57-545. Regular fructification ($J=11,4-39,6$) are characterized by a combination of varieties and the Sinap on the rootstocks PB-4 and P16, Renet Simirenko on Р59, Р60, 54-118, 57-545 and Starkrimson sredneroslye and 54-118 rootstock 57-545. The greatest stability of performance ($Y=0,70-0,81$) possess varieties Renet Simirenko in combination with rootstocks Р59, 54-118, 57-545 and Starkrimson on the rootstock 54-118. On set of indicators (productivity, stability and periodicity of fruiting) most fully realize the biological potential of the varieties Renet Simirenko and Starkrimson sredneroslye and 54-118 rootstock 57-545 were recommended to bookmark of gardens of intensive type in the arid environment of the Caspian sea.

Ключевые слова: яблоня, клоновые подвои, сорто-подвойные комбинации, урожайность, продуктивность, периодичность плодоношения.

Key words: Apple tree, clonal rootstocks, variety-rootstock combinations, yield, productivity and periodicity of fruiting.

Введение. Яблоня - одна из самых распространённых плодовых культур в России. Яблоки - незаменимый продукт питания, они способствуют профилактике многих заболеваний. Ценными хозяйственно-биологическими качествами этой культуры являются высокая продуктивность, достаточно высокая зимостойкость, большое разнообразие сортов по срокам созревания и длительности хранения, обеспечивающие их потребление почти круглый год, пригодность плодов для различных видов переработки [7].

Однако, существенным недостатком многих сортов яблони является нерегулярное плодоношение. В силу биологических особенностей и под влиянием стресс-факторов среды яблоня плодоносит не ежегодно, т.е. проявляется периодичность плодоношения, которая издавна привлекает внимание ученых и практиков [1].

Как известно, периодичность плодоношения обычно связана с обилием урожая, значит с истощением деревьев. Она может явиться результатом не только обильного урожая, но и следствием суровых зим, повреждения весенними заморозками, экстремально высоких температур в летний период [8].

Степень периодичности плодоношения во многом зависит и от сорта. Варьирование периодичности и наиболее полное проявление потенциальных возможностей генотипа в конкретных почвенно-климатических условиях определяет также выбор соответствующего подвоя, схемы размещения деревьев, системы формирования и обрезки крон и других агротехнических мероприятий [6,10,11,13].

Предупреждение и ликвидация периодичности плодоношения – важнейшая проблема отрасли плодоводства. Неравномерные урожаи нарушают ритмичность снабжения населения плодами и вызывают серьезные производственно-экономические затруднения у сельхозтоваропроизводителей, перерабатывающих и торговых предприятий [7].

В современных условиях необходимо делать ставку на регулярно плодоносящие сорта. Всестороннее изучение показателей урожайности, устойчивости и периодичности плодоношения, их взаимосвязи с условиями произрастания позволяет выявить для каждой конкретной зоны свой адаптивный сортимент [8].

В литературе имеются данные, что даже интродуцированные зарубежные сорта (Ред Делишес, Старкримсон, Джонатан и др.) в условиях юга России также могут переходить на периодичное плодоношение. Данное явление, по всей видимости, связано с тем, что у большинства иностранных сортов, по сравнению с отечественными и западно-европейскими, более короткая продолжительность продуктивного периода плодоносной древесины [1].

Большинство возделываемых в Астраханской области сортов также не отличается необходимой устойчивостью и адаптивностью, т.е. не обеспечивают достоверную степень надежности и защищенности от неблагоприятного воздействия факторов внешней среды [2].

Поэтому исследования, направленные на оценку показателей продуктивности, устойчивости и периодичности плодоношения с целью подбора сорто-подвойных комбинаций яблони для закладки интенсивных садов в аридных условиях своевременны и актуальны.

Почвенно-климатические условия места проведения исследований. Опыт заложен на орошаемом участке ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», относящийся ко второму агроклиматическому району Астраханской области, близкого по условиям к полупустыням.

Климат Астраханской области – самый засушливый и резко континентальный на европейской части России. Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяют сухость воздуха и почвы, а также большую повторяемость суховеев. Континентальность климата выражается в значительной контрастности между жарким летом и холодной, ветреной и обычно бесснежной зимой.

Осадков выпадает 250-300 мм год, повышенные летние температуры воздуха обуславливают высокую испаряемость (900-1100 мм), что в 3-4 раза превышает сумму осадков. Гидрометрический коэффициент для области равен 0,3, что указывает на трехкратный дефицит влаги.

Почвы опытного участка светло-каштановые, карбонатные, мощные и средне-мощные, легкосуглинистого состава. Содержание гумуса очень низкое – 0,8-1,3 %. Почвы имеют низкую обеспеченность легкогидролизуемым азотом (21 мг/кг почвы) и подвижным фосфором (30 мг/кг почвы), повышенное содержание подвижного калия (212 мг/кг почвы). Реакция почвенной среды колеблется от нейтральной до слабощелочной (7,0-7,4). Грунтовые воды залегают на глубине ниже 3,5 м [3].

Материалы и методы. Изучение урожайности, устойчивости и периодичности плодоношения проводилось в молодом саду, посаженном в 2008 году. Материалом исследований служили районированные сорта Северный Синап, Ренет Симиренко и перспективный сорт Старкримсон, привитые на подвои, различающиеся по силе роста: суперкарликовые подвои – ПБ4, схема посадки 4x1,5 м, (1666 дер/га); карликовые подвои – Р16, Р59, Р60, схема посадки 4x2 м, (1250 дер/га); полукарликовые подвои – 62-396, схема посадки 4x2,5 м, (1000 дер/га); среднерослые подвои – 54-118, 57-545, схема посадки 4x3 м (833 дер/га). Схема опыта – дерево – делянка, повторность 5-ти кратная.

Исследования проведены по программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [9].

Расчет коэффициентов периодичности плодоношения (J) произведен по формуле L.Singh [12]., устойчивости продуктивности (У) по формуле В.И. Кашина [5].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных исследований было проанализировано 20 сорто-подвойных комбинаций. Анализ данных урожайности в первые пять лет плодоношения показал, что практически все 3 сорта, находившиеся в изучении, показали достаточно высокий уровень средней многолетней продуктивности, достигающий в зависимости от подвоя 6,5-16,3 т/га.

Лучшую среднюю урожайность за период исследований показал сорт Северный Синап на подвоях Р16, Р60, 62-396, 54-118 и 57-545 с урожайностью 12,7-20,0 т/га. Также высокой средней урожайностью характеризовались сорта Ренет Симиренко и Старкримсон на этих же подвоях, за исключением Р16, которая составила 11,0-18,3 т/га и 12,5-15,4 т/га, соответственно. Самая низкая урожайность всех сортов была получена на подвоях ПБ-4, Р59 (5,2-7,7 т/га), а также у сорта Ренет Симиренко на Р59 (5,6-7,4 т/га) (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность сорто-подвойных комбинаций яблони в первые 5 лет плодоношения, 2012-2016 гг.

Сорт	Подвой	Урожайность, т/га					Урожайность, т/га		Урожайность по подвою, т/га	
		2012	2013	2014	2015	2016	суммарная	средняя	суммарная	средняя
Северный Синап	ПБ4	4,3	4,3	6,8	1,6	9,0	26,0	5,2	32,3	6,5
Старкримсон	ПБ4	4,4	5,8	10,8	0,9	16,6	38,5	7,7		
Северный Синап	Р16	9,0	8,4	13,0	9,1	23,8	63,3	12,7	58,8	11,7
Ренет Симиренко	Р16	13,0	0	17,8	0	16,5	47,3	9,5		
Старкримсон	Р16	11,8	0	25,8	0	27,3	64,9	13,0		
Северный Синап	Р59	7,8	1,3	8,1	0	16,9	34,1	6,8	33,2	6,6
Ренет Симиренко	Р59	7,0	4,8	8,3	5,5	11,3	36,9	7,4		
Старкримсон	Р59	5,8	1,9	11,9	0	9,0	28,6	5,6		
Северный Синап	Р60	11,1	5,6	24,5	2,8	37,6	81,6	16,3	66,5	13,3
Ренет Симиренко	Р60	9,9	0	10,9	19,0	15,4	55,2	11,0		
Старкримсон	Р60	12,4	3,5	16,8	1,5	28,4	62,6	12,5		
Северный Синап	62-396	13,9	5,7	21,7	5,7	41,7	88,7	17,7	81,6	16,3
Ренет Симиренко	62-396	12,5	2,6	31,1	0	45,5	91,7	18,3		
Старкримсон	62-396	12,0	2,0	23,2	0	27,2	64,6	12,9		
Северный Синап	54-118	1,5	6,3	22,8	8,0	61,3	99,9	20,0	78,6	15,7
Ренет Симиренко	54-118	10,2	12,4	16,7	9,3	10,1	58,7	11,7		
Старкримсон	54-118	6,4	13,6	16,2	14,7	26,2	77,1	15,4		
Северный Синап	57-545	6,5	6,0	20,9	3,3	53,1	89,8	18,0	72,9	14,6
Ренет Симиренко	57-545	8,2	10,8	10,3	14,2	21,0	64,5	12,9		
Старкримсон	57-545	5,7	7,1	18,7	5,3	24,7	64,5	12,9		

Полученные данные дали возможность провести сравнительный анализ средней урожайности не только по сортам, но и по подвоям. Анализ 20 сорто-подвойных комбинаций показал, что самой высокой продуктивностью обладали сорта, привитые на полукарликовый подвой 62-396 (16,3 т/га). Средняя урожайность у среднерослых под-

воев характеризовалась также достаточно высокими показателями и составила 15,7 т/га у 54-118 и 14,6 т/га 57-545. Среди карликовых подвоев максимальной продуктивностью выделился Р60-13,3 т/га.

Наряду с урожайностью, наиболее точно оценить резервы биологических ресурсов сортов позволяют показатели устойчивости и периодичности плодоношения, которые являются качественными характеристиками потенциала адаптивности пород и сортов. В связи с этим, были рассчитаны коэффициенты устойчивости продуктивности (У) и периодичности плодоношения (J).

Анализ периодичности плодоношения изученных сорто-подвойных комбинаций показал, что нерегулярным плодоношением отличались сорто-подвойные комбинации сортов Северный Синап на подвое Р59 и Р60 (J=63,4-53,2 %), Ренет Симиренко на подвоях Р16, 62-396, (J=79,8-67,4 %) и Старкримсон на подвоях Р16, Р59, Р60 и 62-396 (J=55,0-69,9 %). Значения коэффициентов от J= 53,2 до 79,8 % свидетельствуют о достаточно высокой степени периодичности плодоношения, связанной с особенностями как сорта, так и подвоя. Несколько ниже коэффициент периодичности был у комбинаций сортов Северный Синап на подвоях 62-396, 54-118, 57-545 (J=44,0-47,8 %) и у Старкримсона на подвое ПБ-4 (J=44,1 %). Невысокий коэффициент периодичности плодоношения отмечен у сортподвойных комбинаций сорта Северный Синап на подвоях ПБ-4 и Р16 (J=31,7-20,2 %), у Ренета Симиренко на подвоях Р 59, Р 60, 54-118 и 57-545 (J=11,4-32,3 %) и сорта Старкримсон на подвоях 54-118 и 57-545 (15,4-39,6 %).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика средней урожайности, устойчивости продуктивности и периодичности плодоношения сортоподвойных комбинаций в первые 5 лет плодоношения, 2012-2016 гг.

Сорт	Подвой	Средняя урожайность, т/га	У*	J*, %	Средняя по подвою		
					Урожайность, т/га	У*	J*, %
Северный Синап	ПБ4	5,2	0,55	31,7	6,5	0,47	37,9
Старкримсон	ПБ4	7,7	0,38	44,1			
Северный Синап	Р16	12,7	0,64	20,2	11,7	0,33	51,7
Ренет Симиренко	Р16	9,5	0,20	79,8			
Старкримсон	Р16	13,0	0,16	55,0			
Северный Синап	Р59	6,8	0,28	63,4	6,6	0,45	50,8
Ренет Симиренко	Р59	7,4	0,74	21,4			
Старкримсон	Р59	5,6	0,33	67,7			
Северный Синап	Р60	16,3	0,28	53,2	13,3	0,40	47,5
Ренет Симиренко	Р60	11,0	0,55	32,3			
Старкримсон	Р60	12,5	0,36	57,1			
Северный Синап	62-396	17,7	0,37	46,6	16,3	0,24	61,3
Ренет Симиренко	62-396	18,3	0,13	67,4			
Старкримсон	62-396	12,9	0,23	69,9			
Северный Синап	54-118	20,0	0,12	44,0	15,7	0,54	25,4
Ренет Симиренко	54-118	11,7	0,81	16,9			
Старкримсон	54-118	15,4	0,70	15,4			
Северный Синап	57-545	18,0	0,15	47,8	14,6	0,41	32,9
Ренет Симиренко	57-545	12,9	0,71	11,4			
Старкримсон	57-545	12,9	0,36	39,6			

У* - коэффициент устойчивости продуктивности, J* - коэффициент периодичности плодоношения

Анализ полученных данных позволяет констатировать, что низкий коэффициент периодичности плодоношения у изучавшихся сорто-подвойных комбинаций указывает на их выравненную ежегодную урожайность, более высокий показатель коэффициента – на склонность к периодичности.

Важным показателем при оценке стабильности плодоношения является коэффициент устойчивости продуктивности. Расчеты показали, что коэффициент устойчивости продуктивности у подавляющего числа сорто-подвойных комбинаций находится в пределах 0,12-0,50. Следовательно, большинство изучаемых комбинаций за анализируемый период показали низкую и среднюю устойчивость, что свидетельствует о нестабильности и невыравненности количества урожая по годам (таблица 2).

Исходя из величины коэффициентов в группу со средней устойчивостью продуктивности из-за чередования урожайных и неурожайных лет входят сорта Северный Синап на подвоях ПБ-4 и Р16 ($Y=0,55-0,64$), Ренет Симиренко на подвое Р60 ($Y=0,55$) и Старкримсон на подвоях ПБ-4, Р59, Р60 и 57-545 ($Y=0,33$). К группе с низкой устойчивостью продуктивности относятся комбинации сорта Северный Синап на карликовых подвоях Р59, Р60 ($Y=0,28$) и среднерослые подвои 54-118, 57-545 ($Y=0,12-0,15$), Ренет Симиренко на карликовом подвое Р16 ($Y=0,20$) и полукарликовом 62-396 ($Y=0,13$), а также сорт Старкримсон на карликовом подвое Р16 и полукарликовом 62-396 ($Y=0,16-0,23$). Высокой устойчивостью продуктивности, т.е. с устойчивым регулярным плодоношением, характеризуются сорто-подвойные комбинации сорта Ренет Симиренко на карликовом подвое Р59 ($Y=90-74$) и среднерослых подвоях 54-118 и 57-545 ($Y=0,81-0,71$), а также комбинации сорта Старкримсон на подвое 54-118 ($Y=0,70$).

В разрезе подвоев устойчивость продуктивности у большинства из них средняя и находится в пределах 0,40-0,47. Более высокую устойчивость плодоношения обеспечивает среднерослый подвой 54-118 ($Y=0,54$).

Заключение. На основании проведенных исследований установлено, что среди изученных сорто-подвойных комбинаций выделились сорта Ренет Симиренко на подвоях Р59 ($Y=0,74$, $J=21,4$), 54-118 ($Y=0,81$, $J=16,9$), и 57-545 ($Y=0,71$, $J=11,4$) и Старкримсон на 54-118 ($Y=0,70$, $J=15,4$), характеризующиеся устойчивым и регулярным плодоношением в почвенно-климатических условиях Северного Прикаспия.

Большинство сорто-подвойных комбинаций является ежегодно плодоносящими, однако в силу чередования урожайных и неурожайных лет не обладают стабильным плодоношением и входят в группу сортов со средней устойчивостью продуктивности.

У большинства сорто-подвойных комбинаций сорта Северный Синап, имеющих самую высокую среднюю урожайность, наиболее сильно выражена периодичность плодоношения.

По показателям урожайности, устойчивости и периодичности плодоношения наиболее полно в аридных условиях реализовывают биологические ресурсы районированный сорт Ренет Симиренко и перспективный сорт Старкримсон на среднерослых подвоях 54-118 и 57-545, которые рекомендуются для закладки интенсивных садов в Северном Прикаспии.

Библиографический список

1. Гутиев Р.И. Устойчивость плодоношения и реализация биологических ресурсов плодовых культур в Краснодарском крае [Текст]: автореф. дис. на соиск.уч.степ. канд.с.-х. наук (06.01.07)/ Гутиев Радомир Игоревич; Всероссийский селек.технол.инст.сад-ва и пит-ва. – Москва, 2002. – 26 с.
2. Зволинский, В.П.. Устойчивость продуктивности и периодичность плодоношения различных сортов яблони в условиях Астраханской области [Текст]/ В.П. Зволинский, Е.Н. Иваненко, В.А.Зайцева // Эколого-мелиоративные аспекты научно-производственного обеспечения АПК. – М., 2005. – С. 418-422.

3. Зволинский, В.П. Сады Прикаспия [Текст] : монография / В.П. Зволинский, Е.Н. Иваненко, Л.А. Доброскокина. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – С.36-39.
4. К вопросу преодоления периодичности плодоношения яблони / Х.Ж. Балкаров, В.Н. Бербеков, Ж.Х. Бакуев, Х.М. Бжахов // Садоводство и виноградарство. – 2008. – №3. – С. 24.
5. Кашин, В.И. Устойчивость садоводства России [Текст] : дис..... в виде науч. докл. докт. с.-х. наук (06.01.07)/ Кашин Владимир Иванович. – Мичуринск, 1995. – 102 с.
6. Кириченко Е.В. Обоснование оптимальной конструкции интенсивных насаждений яблони в Прикубанской зоне садоводства [Текст] : автореферат на соискание уч. степени к.с.-х.н. / Е.В. Кириченко. – Краснодар, 1998. – С. 14-15.
7. Малофеев, Т.Е. Экономическая сущность эффективности устойчивости сельскохозяйственного производства в условиях рынка [Текст] / Т.Е. Малофеев, Т.В. Небавская // Основные направления повышения эффективности и устойчивости предприятий АПК. – Краснодар: КГАУ, 1988. – С. 128.
8. Провоторов Я.П. Сравнительная оценка коэффициентов устойчивости продуктивности и периодичности плодоношения [Текст] / Я.П. Провоторов // Садоводство и виноградарство. – 2002. – №2. – С. 14-15.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [Текст] / Под редакцией Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел, 1999.
10. Фисенко А.Н. Оптимизация биолого-технологических факторов, влияющих на варьирование урожая яблони [Текст] / А.Н. Фисенко // Материалы науч. конф. ученых и специалистов Сев. Кавказа. – Краснодар, 1999. – С. 18-19.
11. Perez Rodriquez P. Determenation de la adaptiabilidad y estabilidad en los studios de interaccion qenotipoambiente.//Boletin de Resenas. №3, 1985. – P. 67.
12. Singh, L.B. Studiss in biennial bearing (II).- J.of Horticultural sci.-Vol.24.-№1,2.-1948.- P.45-65.
13. Szczpanski, K.K. Porownanie dwoch metod oceny przemienosciowocowania jabloni.// Pr.Is w Skierniewice, Ser. A,- T.18.-1972.-S.25-31.

Reference

1. Gutiev R. I. Ustojchivost' plodonosheniya i realizaciya biologicheskikh resursov plodovykh kul'tur v Krasnodarskom krae [Tekst]: avtoref. dis. na soisk. uch. step. kadn. s. - h. nauk (06.01.07)/ Gutiev Radomir Igorevich; Vserossijskij selek. tehnol. inst. sad-va i pit-va. -Moskva, 2002. - 26 s.
2. Zvolinskij, V. P.. Ustojchivost' produktivnosti i periodichnost' plodonosheniya razlichnykh sortov yabloni v usloviyah Astrahanskoj oblasti [Tekst]/ V. P. Zvolinskij, E. N. Ivanenko, V. A. Zajceva // Jekologo-meliorativnye aspkety nauchno-proizvodstvennogo obespecheniya APK. - M., 2005. - S. 418-422.
3. Zvolinskij, V. P. Sady Prikaspiya [Tekst] : monografiya / V. P. Zvolinskij, E. N. Ivanenko, L. A. Dobroskokina. - Volgograd: FGOU VPO Volgogradskaya GSXA, 2011. -- S.36-39.
4. K voprosu preodoleniya periodichnosti plodonosheniya yabloni / H. Zh. Balkarov, V. N. Berbekov, Zh. H. Bakuev, H. M. Bzhahov // Sadovodstvo i vinogradarstvo. - 2008. - №3. - S. 24.
5. Kashin, V. I. Ustojchivost' sadovodstva Rossii [Tekst] : dis..... v vide nauch. dokl. dokt. s. -- h. nauk (06.01.07)/ Kashin Vladimir Ivanovich. - Michurinsk, 1995. - 102 s.
6. Kirichenko E. V. Obosnovanie optimal'noj konstrukcii intensivnykh nasazhdenij yabloni v Prikubanskoj zone sadovodstva [Tekst] : avtoreferat na soiskanie uch. stepeni k. s. -- h. n. / E. V. Kirichenko. - Krasnodar, 1998. - S. 14-15.
7. Malofeev, T. E. Jekonomicheskaya suschnost' jffektivnosti ustojchivosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva v usloviyah rynka [Tekst] / T. E. Malofeev, T. V. Nebavskaya // Osnovnye napravleniya povysheniya jeffektivnosti i ustojchivosti predpriyatij APK. - Krasnodar: KGAU, 1988. - S. 128.
8. Provotorov Ya. P. Sravnitel'naya ocenka kojefficientov ustojchivosti produktivnosti i periodichnosti plodonosheniya [Tekst] / Ya. P. Provotorov // Sadovodstvo i vinogradarstvo. - 2002. - №2. - S. 14-15.
9. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orehoplodnykh kul'tur [Tekst] / Pod redakciej E. N. Sedova i T. P. Ogol'covej. - Orel, 1999.

10. Fisenko A. N. Optimizaciya biologo-tehnologicheskikh faktorov, vliyayuschih na var'irovanie urozhaev yabloni [Tekst] /A. N. Fisenko // Materialy nauch. konf. uchenykh i specialistov Sev. Kavkaza. - Krasnodar, 1999. - S. 18-19.

11. Perez Rodriguez P. Determenation de la adaptiabilidad y estabilidad en los studios de interaccion qenotipoambiente.//Boletin de Resenas. №3, 1985. - P. 67.

12. Singh, L.B. Studiss in biennial bearing (II). -- J.of Horticultural sci. -- Vol.24. --№1,2. -- 1948. -- P.45-65.

13. Szczpanski, K.K. Porownanie dwoch metod oceny przemiennosciowocowania jabloni.// Pr.Is w Skiermiewice, Ser. A, -- T.18. -- 1972. -- S.25-31.

E-mail: Pniaz@mail.ru

УДК 631.51.01:630

ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ

WATER SAFETY AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT IN VARIOUS CULTIVATION TECHNOLOGIES IN THE FOREST BAND AFFECTION ZONE

Ю.Н. Плескачев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А.Н. Сарычев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Yu. N. Pleskachev¹, A.N. Sarychev²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук

¹Volgograd State Agricultural University

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»

В статье рассмотрено влияние агротехнологических приемов на влагообеспеченность и формирование продуктивности озимой пшеницы в условиях агролесоландшафта. Установлено, что на межполосном пространстве водный режим светло-каштановой почвы имеет неоднородный характер. На расстоянии от 5 до 15 Н от лесной полосы содержание продуктивной влаги больше, чем на других контрольных точках и на участке без защитных насаждений. Исследования показали, что обработка почвы комбинированным орудием имела преимущество по влагозапасам, по сравнению с контролем и другими вариантами опыта как в засушливые, так и во влажные годы, и позволяла накопить к началу вегетации в агролесоландшафте в среднем 104,2, а на поле без защитных насаждений – 91,3 мм продуктивной влаги. Установлено, что на межполосном пространстве урожайность озимой пшеницы изменяется по мере удаления от полезащитных лесных насаждений (ПЗЛП). Наибольшая урожайность формировалась на расстоянии от 5 до 15 Н от ПЗЛП, что обусловлено большей обеспеченностью растений продуктивной влагой. На варианте с комбинированной обработкой почвы была получена наибольшая урожайность озимой пшеницы. В среднем за 3 года исследований она равнялась на межполосном пространстве 2,3 т/га, что больше чем на контроле на 0,34, на мелком плоскорезном рыхлении – на 0,64 и на дисковании – на 0,76 т/га.

The article considers the influence of agrotechnological methods on water availability and formation of winter wheat productivity in agroforestry conditions. It is established that in the inter-band space the water regime of light chestnut soil has a heterogeneous character. At a distance of 5 to 15 N from the forest belt, the content of productive moisture is greater than at other control points and on a site without protective plantations. Studies have shown that tillage with a combined implement had an advantage over moisture reserves compared to control and other experimental options, both in arid and wet years, and allowed to accumulate at the beginning of vegetation in the agroforestry landscape on average 104.2, and on the field without protective plantings 91.3 mm of productive moisture. It is established that in the inter-band space the productivity of winter wheat varies with distance from

field sheltered forest plantations (FSFP). The highest yield was formed at a distance of 5 to 15 N from the FSFP, which is due to a greater supply of plants with productive moisture. On the variant with the combined treatment of soil, the highest productivity of winter wheat was obtained. On average, for 3 years of research, it was 2.3 t / ha in the inter-band space, which is more than on the control by 0.34, in fine planar loosening by 0.64 and by discarding by 0.76 t / ha.

Ключевые слова: озимая пшеница, технология, лесная полоса, светло-каштановая почва, продуктивная влага.

Key words: winter wheat, technology, forest belt, light brown soil, productive moisture.

Введение. Возделывание озимой пшеницы в условиях южных районов Волгоградской области сопряжено с целым рядом неблагоприятных экологических факторов, с которыми практический каждый год сталкиваются земледельцы этих районов. Наиболее существенными факторами, влияющими на продуктивность сельскохозяйственных культур, являются влагообеспеченность посевов, обеспеченность растений основными макроэлементами, частые засухи и суховеи, эрозионные и дефляционные процессы в севооборотах.

Разработанная учеными система сухого земледелия в целом позволяет противостоять ряду неблагоприятных факторов, однако наличие в структуре севооборота поля черного пара не позволяет полноценно вести борьбу с дефляционными и эрозионными процессами, а также получать дополнительную продуктивную влагу за счет увеличения снегоотложения в зимний период. Решить эти задачи позволяют агролесомелиоративные мероприятия. При внедрении их в производство формируются новые аспекты применения той или иной технологии в агролесоландшафте. Как показали исследования ведущих ученых, агролесомелиоративные мероприятия обладают высокой эффективностью в борьбе с дефляцией и эрозией почв и в целом улучшают условия произрастания сельскохозяйственных культур [6, 9].

Несмотря на довольно широкую освещенность вопросов технологии возделывания озимой пшеницы, в результате научных исследований и практических наблюдений, остается довольно много нюансов в технологии, которые требуют уточнения [2, 7, 8].

В регионах с недостаточным увлажнением система основной обработки почвы требует наиболее тщательного изучения. Анализ многочисленных литературных источников показал, что к единому знаменателю в вопросе о том, какая обработка почвы лучше, ученые и практики так и не пришли.[4, 5, 10]. В связи с этим в наших исследованиях мы попытались выяснить, как влияют технологии обработки почвы и полезащитные лесные насаждения на влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы – основной сельскохозяйственной культуры на территории южных районов Волгоградской области.

Материалы и методы. Экспериментальная часть опытов проводилась на светло-каштановых почвах землепользования ИП Глава КФХ Сарычева Н.Н. Котельниковского района Волгоградской области. Опыт был заложен в 2007 году. В статье приведены результаты исследований за 2014-2016 годы, поскольку эти годы являются различными по степени увлажнения. 2014 г. – засушливый, 2015 г. – острозасушливый, 2016 г. – влажный. Почвы опытного участка светло-каштановые, тяжелосуглинистые с низкой обеспеченностью азотом и фосфором и высоким содержанием обменного калия.

Схема опыта включала в себя 2 фактора:

Фактор А. Агрофитоценоз: Вариант № 1 опытный участок с защитными насаждениями (контрольные точки расположены на удалении 1,5, 5, 10, 15, 25 и 35 высот (Н) от полезащитной лесной полосы (ПЗЛП) Вариант № 2 – опытный участок без защитных лесных насаждений (контроль).

Фактор В. Технология обработки почвы: Вариант № 1. – Отвальная вспашка (контроль) 0,2-0,22 м. Вариант № 2. – Мелкое плоскорезное рыхление 0,1-0,12 м. Вариант № 3. – Дисковая обработка почвы 0,1-0,12 м. Вариант № 4. – Обработка почвы комбинированным орудием 0,14-0,16 м.

Отбор проб почвы и растений, анализ полученных образцов проводился согласно общепринятой методики.

Результаты и обсуждение. В сухостепной зоне почвенная влага является важнейшим фактором, который влияет на продуктивность озимой пшеницы [1, 3]. Как показали исследования ученых, от ее наличия в период «посев-всходы» в наибольшей степени зависит всхожесть и формирование продуктивных стеблей во время осеннего кушения, а от наличия в весенне-летний период – появление дополнительных побегов, озерненность колоса, масса 1000 семян, натура и качество зерна. Рядом исследователей установлено, что для получения полевой всхожести на уровне 70-75 % в условиях южных районов, минимальный запас почвенной влаги в посевном слое должен быть не менее 7 мм, а для оптимального кушения в осенний период до 20 мм продуктивной влаги в слое 0-0,3 м [3]. Однако из-за сложившихся погодных условий в отдельные годы количество продуктивной влаги, даже в метровом слое почвы, не превышало перед посевом указанных значений. Как показали наши исследования, на межполосном пространстве формируется неоднородный водный режим почвы (рисунок 1). Было установлено, что на расстоянии от 5 до 15 Н от ПЗЛП количество почвенной влаги перед посевом больше, чем на других контрольных точках и на участке без защитных насаждений. Так на варианте с отвальной вспашкой в сентябре 2014 года содержалось в этих зонах в среднем 25,5 мм, в сентябре 2015 г. – 54 мм, в это же время на расстоянии 25-35 Н 17,2 и 49,6 мм, а на поле без защитных насаждений – 16,9 и 49,6 мм соответственно.

Помимо защитных насаждений, в наших опытах на влагообеспеченность оказали влияние приемы основной обработки почвы. Наибольшим преимуществом по содержанию доступной влаги перед посевом обладали глубокие обработки почвы (вариант 1 и 4). Содержание продуктивной влаги на этих вариантах в среднем за 3 года наблюдений составило на межполосном пространстве 45,7 и 47,3 мм, на поле без ПЗЛП – 41,8 и 43,4 мм соответственно.

Наблюдения за водным режимом в весенне-летний период показали, что содержание доступной влаги дифференцированно изменяется на межполосном пространстве, а в начале вегетации в значительной степени зависит от характера снегораспределения на поле.

В зависимости от года исследований, влагозапас в начале вегетации изменялся на межполосном пространстве в 2014 г. – от 75,3 до 107,1, в 2015 г. – от 40,2 до 77,9, в 2016 г. от 110,6 до 146,3 мм. Наилучшие условия по влагообеспеченности в этот период складывались в зонах наиболее приближенных к ПЗЛП (5-15Н). В среднем за 3 года исследований, влагозапас в этих зонах в зависимости от технологии варьировал от 88,9 до 104,8 мм, в то время как на расстоянии, превышающем 25Н, – от 76,1 до 94,3 мм, а в условиях незащищенного поля от 72,9 до 91,3 мм.

За три года исследований обработка почвы комбинированным орудием по влагозапасу имела преимущество, по сравнению с контролем и другими вариантами опыта как в засушливые, так и во влажные годы, и позволяла накопить к началу вегетации в агролесоландшафте в среднем 104,2, а на поле без ПЗЛП – 91,3 мм продуктивной влаги. Дисковая обработка почвы на глубину 0,1-0,12 м, наоборот, не способствовала улучшению водного режима. В среднем за период с 2014-2016 гг. количество доступной влаги составило на межполосном пространстве 84,7 мм, на поле без ПЗЛП – 72,9 мм, что меньше чем на контроле – на 11,9 и 13,7 мм.

К началу фазы колошения происходило снижение количества продуктивной влаги, в связи с испарением и потреблением растениями, а в 2014-2015 до критических значений. Так, в 2014 году, в начале колошения максимальный влагозапас не превышал на межполосном пространстве в отдельных зонах 46,3 мм, а минимальный – 20,9 мм; в 2015 году – 39,4 и 16,0 мм соответственно. Поскольку 2016 год относится к влажным, диапазон изменения влажности находился в пределах от 50,2 до 92,5 мм. Наибольшее количество влаги на межполосном пространстве сохранилось к фазе колошения на варианте с обработкой комбинированным орудием, в засушливые годы до 36,8 мм, во влажном 2016 г. – 77,6 мм. На контрольном варианте этот показатель был равен соответственно 31,4 и 75,3 мм, на дисковании – 24,4 и 59,1 мм.

Перед уборкой озимой пшеницы содержание продуктивной влаги сокращалось до значений, не превышающих 20,5 мм в засушливые годы и 33,2 мм в 2016 году.

Однако закономерность изменения запасов влаги на межполосном пространстве сохранялась.

Величина суммарного водопотребления озимой пшеницы зависит от запасов почвенной влаги на момент возобновления весенней вегетации и количества выпавших осадков за период вегетации, а также от доступности грунтовых вод, при залегании их на глубине, не превышающей 3 м от поверхности. В наших исследованиях последний показатель не учитывался, поскольку грунтовые воды находятся на глубине более 10 м.

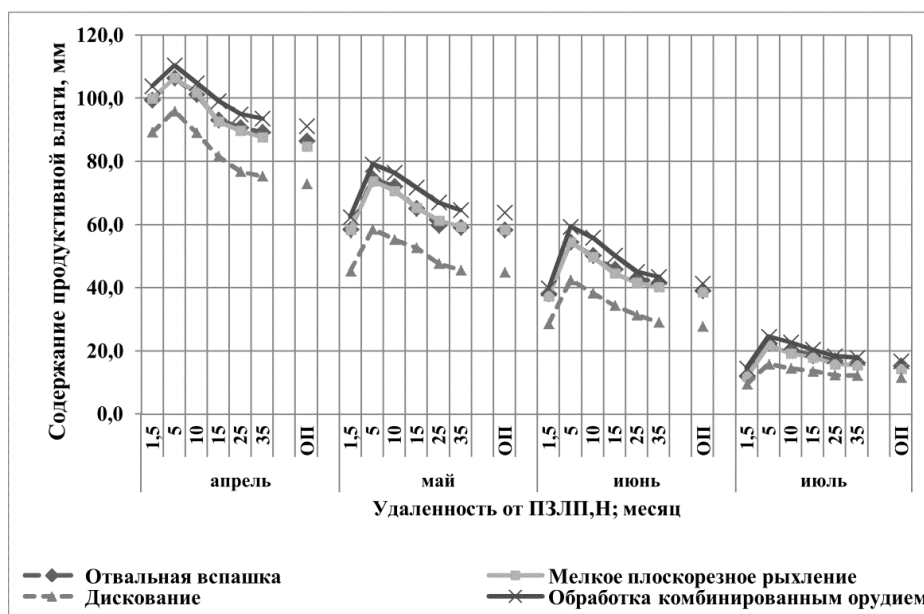


Рисунок 1 – Динамика изменения влагозапасов во время вегетации на посевах озимой пшеницы (в среднем за 2014-2016 гг.)

В ходе наблюдений установлено, что величина суммарного водопотребления колебалась в зависимости от года проведения исследований и находилась в зависимости от применяемых технологий и удаленности от ПЗЛП. В острозасушливом 2015 году суммарное водопотребление было наименьшим за 3 года исследований и изменялось в зависимости от приемов обработки и удаленности на межполосном пространстве от 952 до 1240 м³/га, на поле без защитных насаждений от 921,2 до 1147,2 м³/га. В засушливом 2014 году этот показатель был равен соответственно 1302,0-1480,0 м³/га и 1317,0 – 1404,0 м³/га. Во влажном 2016 году суммарное водопотребление на опытных участках с защитными насаждениями варьировало от 1900,0 до 2230,0 м³/га, а без насаждений от 1858,0 до 1943,0 м³/га.

Об эффективности использования суммарного водопотребления растениями возделываемой культуры можно судить по величине коэффициентов эвапотранспирации, которые характеризуют расход продуктивной влаги за вегетацию на формирование 1 т продукции.

Как показали исследования, величина коэффициента эвапотранспирации зависела от условий вегетационного периода, а также изучаемых факторов. Было установлено, что в условиях агролесоландшафта озимая пшеница использует запасы влаги используется более экономно по сравнению с незащищенным агроландшафтом. Так, в 2014 году коэффициент эвапотранспирации изменялся в условиях агролесоландшафта от 47,6 до 63,8 мм/т, на поле без защитных насаждений от 59,7 до 71,2 мм/т. В 2015 году диапазон изменения коэффициента был следующим 67,9-96,7 мм/т в агролесоландшафте и 87,3-100,1 без лесных насаждений. В 2016 году он был равен соответственно 60,6-89,8 и 73,9-88,1 мм/т.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что применение комбинированного орудия для обработки почвы способствует снижению коэффициента эвапотранспирации по сравнению с другими изучаемыми вариантами. Так, например, в зоне наибольшего влияния ПЗЛП на расстоянии 10Н его величина равнялась в 2014 г. – 51,3, в 2015 г. – 68,2 и в 2016г. – 65,6 мм/т, что меньше чем на контроле на 3,1, 2,8 и 0,7 мм соответственно. Разница с дискованием была больше и составила 10,4, 28,6 и 15,5 мм.

Урожайность сельскохозяйственных культур является основным показателем, характеризующим эффективность того или иного агротехнического или агролесомелиоративного приема. Как показали исследования, на формирование урожайности озимой пшеницы в значительной степени оказали погодные условия, удаленность от ПЗЛП и приемы обработки почвы.

За 3 года проведения исследований урожайность пшеницы варьировала от 0,58 до 3,54 т/га (таблица 1). Было установлено, что на межполосном пространстве урожайность озимой пшеницы изменяется по мере удаления от ПЗЛП. Наибольшая урожайность формировалась на расстоянии от 5 до 15 Н от ПЗЛП, что обусловлено большей обеспеченностью растений продуктивной влагой. На расстоянии до 1,5 Н формировалась так называемая депрессионная зона, в которой происходило резкое снижение продуктивности посевов, по сравнению с другими зонами и контрольным вариантом. Снижение урожайности в указанной зоне отмечалось как в засушливые, так и в благоприятные по увлажнению годы.

Главной причиной возникновения зоны депрессии является распространение в сторону поля корневой системы деревьев защитных насаждений. Основная масса корней деревьев распространяется в поле на 12-16м и залегает на глубине от 40 до 100 см, тем самым не подвергаясь воздействию рабочих органов почвообрабатывающих орудий. В результате этого большая часть влагозапаса и питательных элементов используется не сельскохозяйственной культурой, а защитными насаждениями. В этой зоне урожайность озимой пшеницы по сравнению со средней урожайностью на межполосном пространстве и полем без ПЗЛП была в среднем за 3 года ниже на 25,5 и 21,7 % соответственно.

Самая низкая урожайность была получена в 2015 году. Этому способствовали неблагоприятные погодные условия: засушливая осень 2014 года и засушливый вегетационный период 2015 года (ГТК 0,38). Урожайность озимой пшеницы на опытном участке с защитными насаждениями варьировала от 0,58 до 1,78 т/га, на поле без лесных полос от 0,92 до 1,36 т/га. В зонах с наибольшим влиянием ПЗЛП урожайность составила 1,16-1,78 т/га, а на расстоянии более 25 Н 1,04-1,49 т/га.

Применение для основной обработки почвы комбинированного орудия способствовало получению большего урожая по сравнению с другими вариантами. На расстоянии от 5 до 15 Н урожайность была равна 1,66-1,78 т/га, 25-35 Н 1,47-1,49 т/га, на поле без ПЗЛП – 1,36 т/га. На контрольном варианте урожайность была равна соответственно 1,56-1,71, 1,39-1,41 и 1,22 т/га.

Таблица 1 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости
от технологии обработки почвы и удаленности от ПЗЛП, т/га

Технология обработки почвы	Удаленность от ПЗЛП	Год			
		2014	2015	2016	среднее
Отвальная вспашка (контроль)	1,5Н	1,97	0,86	1,99	1,61
	5Н	2,79	1,71	3,34	2,61
	10Н	2,63	1,66	3,13	2,47
	15Н	2,47	1,56	2,77	2,26
	25Н	2,18	1,41	2,66	2,09
	35Н	2,12	1,39	2,50	2,00
	Среднее на МПП*	2,39	1,28	2,78	2,15
	ОП* (контроль)	2,20	1,22	2,53	1,98
Мелкое плоскорезное рыхление	1,5Н	2,14	0,80	1,94	1,63
	5Н	2,88	1,62	3,07	2,52
	10Н	2,71	1,55	2,91	2,39
	15Н	2,62	1,43	2,65	2,23
	25Н	2,34	1,31	2,51	2,05
	35Н	2,28	1,30	2,34	1,97
	Среднее на МПП	2,52	1,19	2,62	2,11
	ОП (контроль)	2,30	1,09	2,23	1,87
Дискование	1,5Н	0,92	0,58	1,50	1,00
	5Н	2,31	1,25	2,64	2,07
	10Н	2,24	1,18	2,44	1,95
	15Н	2,11	1,16	2,25	1,84
	25Н	2,08	1,06	2,13	1,76
	35Н	2,04	1,04	2,12	1,73
	Среднее на МПП	2,01	0,93	2,21	1,71
	ОП (контроль)	1,85	0,92	2,11	1,62
Обработка комбинированным орудием	1,5Н	2,35	1,05	2,25	1,89
	5Н	3,11	1,78	3,54	2,81
	10Н	2,83	1,72	3,20	2,58
	15Н	2,69	1,66	2,82	2,39
	25Н	2,54	1,49	2,69	2,24
	35Н	2,44	1,47	2,63	2,18
	Среднее на МПП	2,68	1,36	2,87	2,30
	ОП (контроль)	2,35	1,29	2,63	2,09

МПП – межполосное пространство, ОП – открытое поле. Фактор А – агролесоландшафт, Фактор В – Технология обработки почвы. 2014 г. НСР₀₅ общая – 0,18 Фактор А – 0,06, Фактор В – 0,09, АВ – 0,05 ; 2015 г. НСР₀₅ общая – 0,09, Фактор А – 0,03, Фактор В – 0,05, АВ – 0,03; 2016 г. НСР₀₅ общая – 0,28 Фактор А – 0,09, Фактор В – 0,14, АВ – 0,08.

Благоприятные погодные условия осени 2015 года и вегетационного периода 2016 (ГТК 0,86), в зависимости от технологии возделывания, позволили получить от 2,25 до 3,54 т/га в зонах наибольшего мелиоративного влияния ПЗЛП, от 2,12 до 2,69 т/га в зонах с ослабленным влиянием и от 2,11 до 2,63 т/га на поле без защитных насаждений. Наибольшая урожайность озимой пшеницы была получена на варианте с комбинированной обработкой почвы. В среднем на межполосном пространстве она равнялась 2,3 т/га, что больше чем на контроле на 0,34, на мелком плоскорезном рыхлении на 0,64 и на дисковании на 0,76 т/га. Прибавка урожайности в условиях незащищенного агроландшафта от применения комбинированного агрегата была меньше и составила 0,1 т/га, по сравнению с контролем.

Заключение. В условиях недостаточной увлажненности полезащитные лесные полосы в целом обеспечивают посевы озимой пшеницы дополнительной продуктивной влагой. На межполосном пространстве формируется неоднородный водный режим почвы, при этом больше всего влаги накапливается на расстоянии от 5 до 15 м от ПЗЛП. В свою очередь, это особенность водного режима оказывает влияние на формирование продуктивности озимой пшеницы, урожайность которой в благоприятные годы может достигать 3,54 т/га. В результате исследований было установлено, что наиболее оптимальной по накоплению и сохранению доступной для растений влаги, урожайности озимой пшеницы в данной почвенно-климатической зоне является обработка почвы комбинированным орудием.

Библиографический список

1. Баздырев, Г.И. Влагообеспеченность и формирование урожая озимой пшеницы в остро-засушливых условиях Среднего Поволжья [Текст] / Г.И. Баздырев, Д.В. Ворников, А.А. Павликов // Известия ТСХА. – 2011. – № 3. – С. 26-37.
2. Баздырев, Г.И. Проблемы и возможности минимализации обработки почвы при длительном применении [Текст] / Г.И. Баздырев // Агро XXI. 2010. – № 1-3. – С. 3-6.
3. Балашов, В.В. Предельно допустимые сроки посева озимой мягкой и твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья [Текст] / В.В. Балашов, В.Н. Левкин, К.В. Левкина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №4. – С. 39-45.
4. Влияние систем минимальной обработки, удобрений и защиты растений на биологические показатели плодородия дерново-подзолистой глееватой почвы [Текст] / Б.А. Смирнов, П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина, А.М. Труфанов // Известия ТСХА. – 2013. – № 1. – С. 85-96
5. Сабитов, М.М. Значение защитных лесонасаждений в системе земледелия Ульяновской области [Текст] / М.М. Сабитов, Р.В. Науметов, К.И. Карпович // Защитное лесоразведение в Российской Федерации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – С. 110-114.
6. Степанов, А.М. Лесополосы в агроландшафтах [Текст] / А.М. Степанов // Защитное лесоразведение в Российской Федерации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2011. – С. 121-124.
7. Сыромятников, Ю.Д. Эффективность ресурсосберегающей обработки почвы и степени интенсификации агротехнологий полевых культур в севообороте [Текст] / Ю.Д. Сыромятников, А.К. Свиридов // Агро XXI. 2010. – № 1-3. – С. 3-6 – С. 44-46.
8. Тихонов, Н.И. Технология возделывания озимой пшеницы в полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области [Текст] / Н.И. Тихонов, И.С. Махамаев / ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ. – Волгоград, 2014. – 188 с.
9. Чегодаева, Н.Д. Влияние полезащитных лесных полос на водно-физические свойства почвы и состав населения жуужелиц прилегающих полей: монография [Текст] / Н.Д. Чегодаева, И.Ф. Каргин, В.И. Астрадамов // Саранск.: Мордовское книжное изд-во, 2005. – 125 с.
10. Lund, M.G. Tillage and crop rotation affect corn, soybean, and winter wheat yields. / M.G. Lund, P.R. Carter, and E.S. Oplinger // J. PROD. AGRIC. – 1993. – vol. 6. no. 2. – P.207-213.

Reference

1. Bazdyrev, G. I. Vлагообеспеченность i formirovanie urozhaya ozimoy pshenicy v ostrozashlivykh usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Tekst] / G. I. Bazdyrev, D. V. Vornikov, A. A. Pavlikov // Izvestiya TSXA. - 2011. - № 3. -- С. 26-37.
2. Bazdyrev, G. I. Problemy i vozmozhnosti minimalizacii obrabotki pochvy pri dlitel'nom primenении [Tekst] / G. I. Bazdyrev // Agro XXI. 2010. - № 1-3. - S. 3-6.
3. Balashov, V. V. Predel'no dopustimye sroki poseva ozimoy myagkoj i tverdoj pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Nizhnego Povolzh'ya [Tekst] / V. V. Balashov, V. N. Levkin, K. V. Levkina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - №4. - S. 39-45.
4. Vliyanie sistem minimal'noj obrabotki, udobrenij i zaschity rastenij na biologicheskie pokazateli plodorodiya derno-podzolistoj gleevatoj pochvy [Tekst] / B. A. Smirnov, P. A. Kotyak, E. V. Chebykina, A. M. Trufanov // Izvestiya TSXA. - 2013. - № 1. - S. 85-96.

5. Sabitov, M. M. Znachenie zaschitnyh lesonasazhdenij v sisteme zemledeliya Ul'yanovskoj oblasti [Tekst] / M. M. Sabitov, R. V. Naumetov, K. I. Karpovich // Zashitnoe lesorazvedenie v Rossijskoj Federacii. - Volgograd: VNIALMI, 2011. - S. 110-114.
6. Stepanov, A. M. Lesopolosy v agrolandschaftah [Tekst] / A. M. Stepanov // Zashitnoe lesorazvedenie v Rossijskoj Federacii. - Volgograd: VNIALMI, 2011. - S. 121-124.
7. Syromyatnikov, Yu. D. Jefferktivnost' resursosberegayuschej obrabotki pochvy i stepeni intensifikacii agrotehnologij polevyh kul'tur v sevooborote [Tekst] / Yu. D. Syromyatnikov, A. K. Sviridov // Agro XXI. 2010. - № 1-3. - S. 3-6 - S. 44-46.
8. Tihonov, N. I. Tehnologiya vozdeystviya ozimnoj pshenicy v polupustynnoj zone svetlo-kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti [Tekst] / N. I. Tihonov, I. S. Mahamaev / FGBOU VPO Volgogradskij GAU. - Volgograd, 2014. - 188 s.
9. Chegodaeva, N. D. Vliyanie polezaschitnyh lesnyh polos na vodno-fizicheskie svoystva pochvy i sostav naseleniya zhuzhelic prilgayuschih polej: monografiya [Tekst] / N. D. Chegodaeva, I. F. Kargin, V. I. Astradamov // Saransk.: Mordovskoe knizhnoe izd.-vo, 2005. - 125 s.
10. Lund, M.G. Tillage and crop rotation affect corn, soybean, and winter wheat yields. / M.G. Lund, P.R. Carter, and E.S. Oplinger // J. PROD. AGRIC. - 1993. - vol. 6. no. 2. - R.207-213

E-mail: zeitl@ya.ru

УДК 635.64:631.5(470.44/.47)

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

INFLUENCE OF AGROTECHNIC MEANS ON GROWTH, DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF TOMATO UNDER THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Н.Ю. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.В. Калмыкова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

С.В. Убушаева², кандидат сельскохозяйственных наук

В.А. Батыров², кандидат сельскохозяйственных наук

N.Y. Petrov¹, E.V. Kalmykova¹, S.V. Ubushaeva², V.A. Batyrov²

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, г. Элиста

¹Volgogradsky State Agrarian University

²Kalmytsky State University. B.B. Gorodovikova

В статье рассматривается влияние схемы посадки растений томата на рост, развитие и продуктивность сортов в условиях Нижнего Поволжья. На продолжительность прохождения фенологических фаз растений томата оказывали влияние как сортовые особенности изучаемых образцов, так и схемы посадки. Изучавшиеся детерминантные и индетерминантные сорта образцы томата различались по биометрическим показателям при всех схемах посадки. Лучшие биометрические показатели все изучаемые сорта образцы имели при широкорядных схемах 1,4x0,2 м (1) и (0,9+0,5)x0,4 м (1). При квадратно-гнездовых схемах посадки отмечалось вытягивание индетерминантных растений из-за затенения их друг другом. Наибольшая урожайность плодов томата была получена при однострочной схеме посадки 1,4 x 0,2м (1): у индетерминантных сортов образцов Калмыцкий жаростойкий и Новый-1 – 48,6...49,2 т/га; у детерминантных сортов Новичок и Моряна – 45,9...46,7 т/га. Данные биохимического анализа плодов томата показали, что содержание сухого вещества у районированного сорта Моряна превышало другие сорта образцы и составило 5,86...6,04 %. Среди изучаемых томатов высоким содержанием сахаров и низкой кислотностью обладали плоды сорта образца Калмыцкий жаростойкий. Сумма сахаров данного сорта образца изменялась 3,12...3,24 %, по показателю кислотности от 0,31 до 0,35 %.

The article discusses the impact of the scheme planting of tomato plants on growth, development and productivity of genotypes in the Lower Volga region. For the duration of the passage of phenological phases of tomato plants was influenced, as varietal characteristics of the studied samples, and planting plans. Studied determinant and indeterminate varieties of tomato differ according to biometric indicators in all planting schemes. The best biometric indicators of all studied cultivars had when in wide schemes 1,4x0,2 m (1) and (0,9+0,5)x0,4 m (1). When square-cluster planting schemes was noted stretching indeterminate plants because of their shading each other. The highest yield of fruits of tomato were obtained with a single-line diagram of the landing 1.4 m x 0.2 m (1): indeterminate genotypes Kalmyk and heat-resistant New-1 – 48,6...49,2 t/ha; determinant varieties are a Novichok and Morjana – 45,9...46,7 t/ha. The Data of biochemical analysis of tomato fruits showed that the dry matter content of from released varieties Morjana exceeded other cultivars and amounted 5,86...6,04%. Among the studied tomatoes of high sugar content and low acidity had fruits accessions Kalmyk heat resistant. Amount of sugars the accessions changed 3,12...3,24%, according to the measure of the acidity from 0,31...0,35 per cent.

Ключевые слова: томат, схема посадки, сорт, площади питания, технология возделывания томата.

Key words: tomato, planting pattern, variety, nutrition area, technology of cultivation of tomato.

Введение. Культурные овощные растения обладают способностью приспособления к разным площадям питания. Это дает возможность выбора более оптимальных, с точки зрения механизации, схем посадки. При размещении овощных культур на таких схемах, обеспечивающих оптимальную густоту стояния и равномерное размещение растений на площади, получают высокую продуктивность. Они создают возможность максимального использования средств механизации на уходных и уборочных работах [2,1,10]. По мере загущения растений, при различных схемах посадки, продуктивность растений падает, при этом урожайность с единицы площади возрастает за счет размещения на ней большего числа растений [3,6]. Квадратные формы посадки овощных растений имеют преимущества, но при этом затрудняется использование машин при уходе за растениями в течение вегетации и уборке. С целью более эффективного использования средств механизации, рекомендуют расширять междурядья и загущать растения в ряду. При увеличении ширины междурядий создаются условия для повышения производительности машин на посадочных и уходных работах в период вегетации. В Нижнем Поволжье применяется промышленная технология возделывания томата, включающая применение однострочной схемы посадки с шириной междурядий 1,4 м, с нарезкой направляющей щели, проведение междурядных обработок с минимальной защитной зоной в рядке [6,1,9].

Материалы и методы. Исследования проводились в 2010...2012 гг. по схеме опыта: **Фактор А.** Схема посадки: 1. 0,7x0,7 м (2) – по два растения; 2. 0,8x0,8 м (2) – по два растения; 3. (0,9+0,5)x0,4 м (1) – по одному растению; 4. 1,4x0,2 м (1) – по одному растению.

Фактор В. Сорта и сортообразцы: 1. Новичок; 2. Моряна; 3. Новый-1; 4. Калмыцкий жаростойкий.

Опыты по изучению влияния схемы посадки на рост, развитие и продуктивность томата проводились в учебно-научно-производственном центре «Агрономус» ФГБОУ ВО Калмыцкого госуниверситета им. Б.Б. Городовикова. Все необходимые учеты в исследованиях проводили, используя Методику полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве (Белик, 1992). Площадь посевной делянки – 42 м², учетной – 21 м². Повторность в опытах – трехкратная. В течение всего вегетационного периода проводились наблюдения, учеты и анализы: фенологические наблюдения за прохождением фаз роста и развития растений томата; густоту стояния растений определяли на всех делянках опыта – после посадки, в конце сезона; биометрические измерения проводили по 10 растениям каждого варианта [3,

7]. Сроки учета: во время цветения 1...2 кисти; в фазу начала плодообразования; в фазу массового плодоношения. Определяли: длину главного стебля и количество боковых побегов, число и площадь листьев, и количество завязавшихся на них плодов; динамику ассимиляционной поверхности; для определения качества плодов проводили биохимический анализ; учет урожая проводили методом взвешивания с учетной делянки, разделяя плоды по фракциям согласно ГОСТ – 1725-85 «Томаты свежие».

Результаты и обсуждение. Применение в наших опытах разных схем размещения растений томата оказывало влияние на прохождение отдельных фенологических фаз развития томата различных сортов образцов и обусловило различное формирование ассимиляционного аппарата и урожая (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние схемы посадки на продолжительность фенологических фаз растений томата различных сортов образцов, сутки (среднее за 2010...2012 гг.)

Схема посадки, м	Сорт образец	Продолжительность фенологических фаз			Всего
		высадка рассады – бутонизация	бутонизация – цветение	цветение – созревание	
0,7 x 0,7 (2)	Н*	16	28	28	72
	М*	15	28	25	68
	Н-1*	16	28	26	70
	Кж*	17	30	27	74
0,8 x 0,8 (2)	Н*	17	31	27	72
	М*	15	28	25	68
	Н-1*	16	28	26	70
	Кж*	17	30	27	74
(0,9+0,5) x 0,4 (1)	Н*	17	30	27	74
	М*	15	29	27	71
	Н-1*	16	29	25	73
	Кж*	17	30	28	75
1,4 x 0,2 (1)	Н*	17	30	27	74
	М*	15	30	26	71
	Н-1*	16	30	28	74
	Кж*	17	31	28	76

Примечание: Н* - Новичок; М* – Моряна; Н-1* – Новый-1; Кж* – Калмыцкий жаростойкий.

Результаты наблюдений показали, что при всех изучаемых схемах посадки более быстрое прохождение фенологических фаз наблюдалось у сорта Моряна. Так, продолжительность фазы «высадка рассады – бутонизация» у этого сорта составила 15 суток. Продолжительность этой же фазы у сорта образца Новый-1 была на 1 сутки длиннее. В то время как у сорта Новичок и у сорта образца Калмыцкий жаростойкий этот период увеличивался на 2-е суток. В целом, следует отметить, что у сорта Моряна при широкорядных схемах посадки – 1,4x0,2 м (1) и (0,9+0,5)x0,4 м (1) – продолжительность всех фенологических фаз составляла 71 сутки [2, 5, 10]. При квадратно-гнездовых схемах продолжительность фенофаз у этого сорта сократилась на 3-е суток. Более продолжительное прохождение фенофаз отмечалось у сорта образца Калмыцкий жаростойкий. Но закономерность ускоренного прохождения фенофаз при квадратно-гнездовых схемах посадки также сохранялась. Если при схеме 1,4x0,2 м (1) продолжительность составляла 76 суток, то при квадратно-гнездовых 0,7x0,7 м (2) и 0,8x0,8 м (2) она сократилась на 2-е суток. Таким образом, на продолжительность прохождения фенологических фаз оказывали влияние как сортовые особенности изучаемых образцов томата, так и схемы посадки.

Анализируя биометрические показатели растений томата, можно отметить разницу в росте и развитии детерминантных и индетерминантных образцов. Детерминантные сорта томата Новичок и Моряна в фазу цветения 1...2 кисти имели несущественные различия по высоте, общей длине побегов, количеству побегов, листьев и плодов при различных изучаемых схемах посадки (таблица 2). В фазу плодообразования при квадратно-гнездовых схемах 0,7х0,7 м (2) и 0,8х0,8 м (2) все биометрические показатели у этих сортов были ниже, чем при ширококорядных схемах – однострочной 1,4х0,2 м (1) и двухстрочной (0,9+0,5)х0,4 м (1). В фазу массового плодоношения на ширококорядных схемах посадки было отмечено наибольшее количество завязавшихся плодов.

Таблица 2 – Влияние схемы посадки на биометрические показатели детерминантных растений томата по фазам вегетации (среднее за 2010...2012 гг.)

Схема посадки, м	Новичок					Моряна				
	высота, м	общая длина побегов, м	количество, шт.			высота, м	общая длина побегов, м	количество, шт.		
			побегов	листьев	плодов			побегов	листьев	плодов
Рассада	0,14	-	-	-	-	0,13	-	-	-	-
фаза цветения 1-2 кисти										
0,7 х 0,7 (2)	0,42	0,25	5	23	1	0,32	0,14	4	23	1
0,8 х 0,8 (2)	0,42	0,25	6	24	1	0,32	0,14	5	23	1
(0,9+0,5) х 0,4 (1)	0,43	0,26	6	26	2	0,33	0,15	5	24	2
1,4 х 0,2 (1)	0,44	0,26	6	27	2	0,34	0,15	5	24	2
фаза плодообразования										
0,7 х 0,7 (2)	0,66	2,02	9	54	17	0,54	1,61	9	54	18
0,8 х 0,8 (2)	0,66	2,03	11	55	17	0,54	1,61	9	55	18
(0,9+0,5) х 0,4 (1)	0,67	2,11	11	58	19	0,55	1,69	10	57	20
1,4 х 0,2 (1)	0,68	2,11	12	60	20	0,55	1,70	10	58	21
фаза массового плодоношения										
0,7 х 0,7 (2)	0,85	2,08	10	57	38	0,62	1,88	10	55	39
0,8 х 0,8 (2)	0,85	2,10	12	57	38	0,62	1,89	10	56	39
(0,9+0,5) х 0,4 (1)	0,86	2,18	14	59	39	0,63	1,93	12	58	41
1,4 х 0,2 (1)	0,86	2,19	14	62	40	0,63	1,93	12	60	43

Индетерминантные образцы томата Новый-1 и Калмыцкий жаростойкий в начальный период развития – после высадки рассады в открытый грунт – по биометрическим показателям различались незначительно (таблица 3).

К началу фазы плодообразования у этих сортообразцов проявилось действие схем посадки. При квадратно-гнездовых было отмечено вытягивание растений из-за затенения друг другом. Поэтому на этих схемах суммарная длина побегов, в среднем на 0,06...0,15 м, была больше, по сравнению с ширококорядными схемами. В фазу массового плодоношения томатов выявленная закономерность сохранялась. Среди изучаемых индетерминантных сортообразцов, в силу своих биологических особенностей, по биометрическим показателям выделился образец Калмыцкий жаростойкий. Лишь по количеству образовавшихся плодов, в среднем в 1,3 раза, он уступал образцу Новый-1.

Таким образом, биометрические показатели выявили разницу между детерминантными и индетерминантными образцами томата при всех изучаемых схемах посадки.

Таблица 3 – Влияние схемы посадки на биометрические показатели индетерминантных растений томата по фазам вегетации (среднее за 2010...2012 гг.)

Схема посадки, м	Новый-1					Калмыцкий жаростойкий				
	высота, м	общая длина побегов, м	количество, шт.			высота, м	общая длина побегов, м	количество, шт.		
			побегов	листьев	плодов			побегов	листьев	плодов
Рассада	0,14	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-
фаза цветения 1-2 кисти										
0,7 x 0,7 (2)	0,47	0,26	6	25	1	0,48	0,27	6	25	1
0,8 x 0,8 (2)	0,4	0,28	7	28	3	0,50	0,29	7	27	2
(0,9+0,5) x 0,4 (1)	0,47	0,26	6	26	1	0,48	0,27	6	25	1
1,4 x 0,2 (1)	0,47	0,26	7	27	2	0,49	0,28	7	26	2
фаза плодообразования										
0,7 x 0,7 (2)	0,70	1,79	10	58	16	0,77	2,24	11	56	15
0,8 x 0,8 (2)	0,68	1,78	12	59	17	0,72	2,23	13	58	14
(0,9+0,5) x 0,4 (1)	0,70	1,64	10	61	20	0,76	2,18	11	60	18
1,4 x 0,2 (1)	0,67	1,62	11	64	22	0,71	2,16	13	62	20
фаза массового плодоношения										
0,7 x 0,7 (2)	0,92	2,26	13	60	40	1,05	2,69	16	62	31
0,8 x 0,8 (2)	0,87	2,24	15	61	42	1,02	2,68	14	63	32
(0,9+0,5) x 0,4 (1)	0,91	2,11	13	64	47	1,04	2,51	15	65	35
1,4 x 0,2 (1)	0,88	2,10	14	67	50	1,01	2,50	14	69	37

Схема посадки растений томата влияет на продуктивность работы листового аппарата, создающего в конечном итоге органическое вещество – урожай. На изреженных посевах суммарная поверхность листьев на одном гектаре недостаточна для максимального фотосинтеза. На загущенных посадках интенсивность ассимиляции и фотосинтетических процессов снижается, вследствие перекрытия одних листьев другими, что в конечном итоге сказывается на продуктивности растений [6, 1]. Так, в наших исследованиях, у детерминантных сортов Моряна и Новичок наибольшая площадь листьев 7,5...7,7 тыс. м²/га была отмечена в фазу цветения 1...2 кисти при однострочной схеме посадки 1,4 x 0,2 м (1). У индетерминантных сортообразцов Новый-1 и Калмыцкий жаростойкий наибольшая площадь листьев 7,9...8,0 тыс. м²/га, соответственно, также была сформирована при этой схеме посадки. В последующие фазы развития растений томата нарастание площади листьев у детерминантных сортов Новичок, Моряна и индетерминантных сортообразцов Новый-1 и Калмыцкий жаростойкий сохраняло ту же закономерность при этих же схемах посадки.

На накопление органического вещества оказывало влияние не только величина площади листового аппарата, но и длительность его работы. Эффективность работы листового аппарата определяется фотосинтетическим потенциалом посадок томата. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) является главным показателем работы фотосинтетического аппарата. Наибольшая величина ЧПФ отмечалась у всех изучаемых сортообразцов к наступлению фазы массового плодоношения [8]. В этот период величина ЧПФ резко снижалась за счет уменьшения числа вегетирующих листьев на растениях томата (рисунок 1).

В среднем за вегетацию показатель чистой продуктивности фотосинтеза был наибольшим при схеме 1,4x0,2 м (1): у детерминантных сортов Новичок и Моряна – 2,76...2,81 г/м² в сутки, а у индетерминантных сортов Новый-1 и Калмыцкий жаро-

стойкий – 2,99...3,04 г/м² в сутки. Формирование органической массы и хозяйственной части урожая определяется величиной чистой продуктивности фотосинтеза и работой фотосинтетического аппарата.

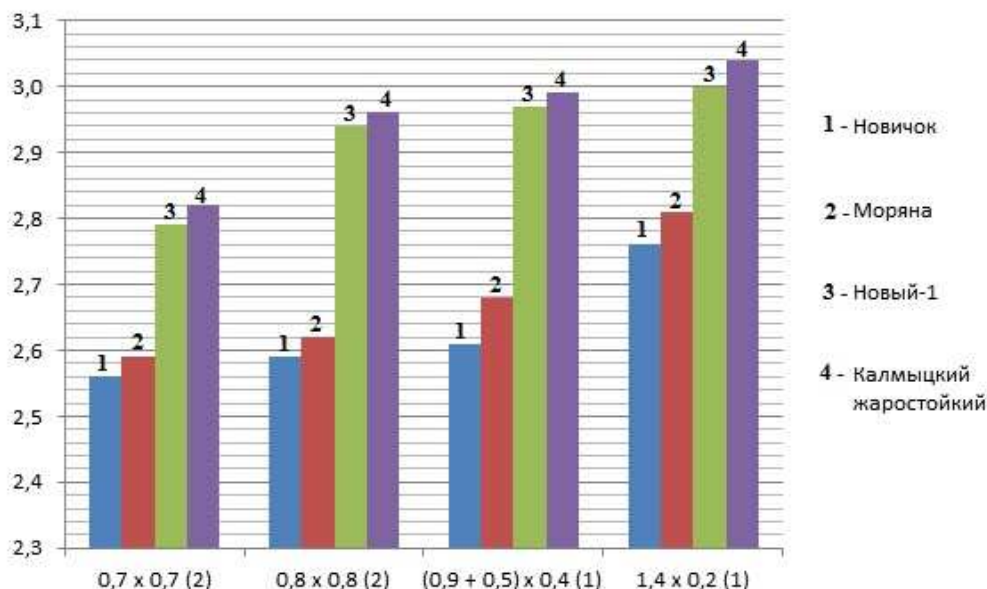


Рисунок 1 – Чистая продуктивность фотосинтеза растений в среднем за вегетационный период у сортов образцов томата в зависимости от схемы посадки, г/м² в сутки (среднее 2010..2012 гг.)

Таблица 4 – Структура урожая сортов образцов томата при различных схемах посадки (среднее за 2010...2012 годы)

Схема посева, м (А)	Сорт образец (В)	Урожайность, т/га	Структура плодов по ГОСТ, %		
			стандарт	нестандарт	отход
0,7x0,7 (2)	Новичок	37,9	90,3	7,2	2,5
	Моряна	38,6	90,7	6,9	2,4
	Новый-1	40,4	90,8	5,1	4,1
	Калмыцкий жаростойкий	39,2	86,3	8,8	4,9
0,8x0,8 (2)	Новичок	38,7	91,4	6,0	2,6
	Моряна	39,8	92,6	5,0	2,4
	Новый-1	41,3	94,8	3,2	2,0
	Калмыцкий жаростойкий	40,4	86,8	8,6	4,6
(0,9+0,5)x0,4 (1)	Новичок	44,8	93,1	4,5	2,4
	Моряна	45,4	93,8	3,9	2,3
	Новый-1	48,9	90,0	5,8	4,2
	Калмыцкий жаростойкий	48,0	91,2	5,9	2,9
1,4x0,2 (1)	Новичок	45,9	93,6	4,0	2,4
	Моряна	46,7	94,3	3,5	2,2
	Новый-1	49,2	93,9	3,9	2,2
	Калмыцкий жаростойкий	48,6	92,1	5,1	2,8
НСР ₀₅		(А) – 2,8 (В) – 2,1			

Наибольшая общая урожайность плодов томата была получена при однострочной схеме посадки 1,4 x 0,2 м (1): у индетерминантных сортообразцов Калмыцкий жаростойкий и Новый-1 – 48,6...49,2 т/га; у детерминантных сортов Новичок и Моряна – 45,9...46,7 т/га. Рассматривая структуру урожая, можно отметить, что у сортообразца Калмыцкий жаростойкий наблюдался наибольший процент нестандартных плодов при всех изучаемых схемах посадки. И наибольшим он был при квадратно-гнездовой схеме посадки 0,7x0,7 м (2) – 8,8 %. Сортообразцы Новичок, Моряна и Новый-1 по выходу стандартной продукции незначительно отличались друг от друга на всех схемах посадки (таблица 4). Изменение схемы посева в сторону загущения 0,7 x 0,7 м (2) привело к увеличению содержания в плодах томата сухого вещества, суммы сахаров и аскорбиновой кислоты. По содержанию сухого вещества на этой схеме все сортообразцы имели наибольшие показатели: Моряна – 6,15 %, Новичок – 5,87 %, Новый-1 – 5,91 и Калмыцкий жаростойкий – 5,76 %.

Среди изучаемых образцов по содержанию суммы сахаров в плодах томата выделялся сортообразец Калмыцкий жаростойкий. При схеме 0,7 x 0,7 м (2) в плодах этого сортообразца содержание суммы сахаров составляло 3,33 %, в то время как у остальных образцов этот показатель находился в пределах 2,75...2,99 %.

Заключение. На продолжительность прохождения фенологических фаз растений томата оказывали влияние как сортовые особенности изучаемых образцов, так и схемы посадки. У сорта Моряна при квадратно-гнездовых схемах посадки 0,7 x 0,7 м (2) и 0,8 x 0,8 м (2) продолжительность фенологических фаз составила 68 суток; у сортообразца Калмыцкий жаростойкий при однострочной схеме 1,4x0,2 м (1) – 76 суток.

Изучавшиеся детерминантные и индетерминантные сортообразцы томата различались по биометрическим показателям при всех схемах посадки. Лучшие биометрические показатели все изучаемые сортообразцы имели при широкорядных схемах 1,4 x 0,2 м (1) и (0,9+0,5) x 0,4 м (1). При квадратно-гнездовых схемах посадки отмечалось вытягивание индетерминантных растений из-за затенения их друг другом.

Наибольшая урожайность плодов томата была получена при однострочной схеме посадки 1,4 x 0,2м (1): у индетерминантных сортообразцов Калмыцкий жаростойкий и Новый-1 – 48,6...49,2 т/га; у детерминантных сортов Новичок и Моряна– 45,9...46,7 т/га.

Данные биохимического анализа плодов томата показали, что содержание сухого вещества у районированного сорта Моряна превышало другие сортообразцы и составило 5,86...6,04 %. Среди изучаемых томатов высоким содержанием сахаров и низкой кислотностью обладали плоды сортообразца Калмыцкий жаростойкий. Сумма сахаров данного сортообразца изменялась 3,12...3,24 %, по показателю кислотности – от 0,31 до 0,35 %.

Библиографический список

1. Астраханская технология выращивания овощных культур [Текст] /Н.Н. Киселева, В.Н. Бочаров, Г.Ф. Соколова, Д.В. Кравцова //Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. 2006. – №5. – С. 52-56.
2. Байрамбеков, Ш. Б. Оптимальные схемы посадки раннеспелых сортов в Нижнем Поволжье [Текст]/ Ш.Б. Байрамбеков, Н.К. Дубровин// Картофель и овощи. – 2006. – № 2. – С. 23.
3. Батыров, В.А. Разработка элементов адаптивной технологии возделывания томата на светло-каштановой почве Республики Калмыкия при орошении [Текст] : дис. ... канд. с.-х. наук / Батыров Владимир Александрович. – Волгоград, 2016. – 149 с.
4. Белик, В.Ф. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [Текст]/ В.Ф. Белик. – М.: «Агропромиздат», 1992. – 319 с.
5. Гиш, Р.А. Овощеводство юга России [Текст] : учебник / Р.А. Гиш, Г.С. Гинкало. – Краснодар: ЭДВИ, 2012. – 632 с.
6. Кипаева, Е.Г. Ресурсосберегающие элементы технологии возделывания томата в семеноводческих посевах при орошении [Текст]: дис. ... канд. с.-х. наук / Кипаева Елена Гордеевна. – Астрахань, 2009. – 130 с.

7. Литвинов, С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве [Текст]/ С.С. Литвинов. – М.: ФГУП «Типография» Россельхозакадемии, 2011. – 649 с.
8. Ничипорович, А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности [Текст]/ А.А. Ничипорович// Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 511-527.
9. Соколова, Г.Ф. Как получить ранний и высокий урожай томата [Текст]/ Г.Ф. Соколова, Н.Н. Киселева, Г.А. Филатов// Картофель и овощи. – 2011. – №1. – С. 13.
10. Соловьев, А.В. Определение оптимальной площади листовой поверхности растений [Текст]/ А.В. Соловьев, М.К. Каюнов// Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 1. – С. 14-16.

References

1. Astrahanskaya tehnologiya vyrashchivaniya ovoschnykh kul'tur [Tekst] /N. N. Kiseleva, V. N. Bocharov, G. F. Sokolova, D. V. Kravcova //Vestnik Rossijskoj Akademii sel'skohozyajstvennykh nauk. 2006. - №5. - S. 52-56.
2. Bajrambekov, Sh. B. Optimal'nye sxemy posadki rannespelykh sortov v Nizhnem Povolzh'e [Tekst]/ Sh. B. Bajrambekov, N. K. Dubrovin// Kartofel' i ovoschi. - 2006. - № 2. - S. 23.
3. Batyrov, V. A. Razrabotka jelementov adaptivnoj tehnologii vozdeleyvaniya tomata na svetlo-kashtanovoj pochve Respubliki Kalmykiya pri oroshenii [Tekst] : dis. ... kand. s. -- h. nauk / Batyrov Vladimir Aleksandrovich. - Volgograd, 2016. - 149 s.
4. Belik, V. F. Metodika opytnogo dela v ovoschevodstve i bahchevodstve [Tekst]/ V. F. Belik. - M.: "Agropromizdat", 1992. - 319 s.
5. Gish, R. A. Ovoschevodstvo yuga Rossii [Tekst] : uchebnik / R. A. Gish, G. S. Ginkalo. - Krasnodar: JeDVI, 2012. - 632 s.
6. Kipaeva, E. G. Resursoberegayushchie jelementy tehnologii vozdeleyvaniya tomata v semenovodcheskikh posevakh pri oroshenii [Tekst]: dis. ... kand. s. -- h. nauk / Kipaeva Elena Gordeevna. - Astrahan', 2009. - 130 s.
7. Litvinov, S. S. Metodika polevogo opyta v ovoschevodstve [Tekst]/ S. S. Litvinov. - M.: FGUP "Tipografiya" Rossel'hoz akademii, 2011. - 649 s.
8. Nichiporovich, A. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij i puti povysheniya ih produktivnosti [Tekst]/ A. A. Nichiporovich// Teoreticheskie osnovy fotosinteticheskoy produktivnosti. - M.: Nauka, 1972. - S. 511-527.
9. Sokolova, G. F. Kak poluchit' rannij i vysokij urozhaj tomata [Tekst]/ G. F. Sokolova, N. N. Kiseleva, G. A. Filatov// Kartofel' i ovoschi. - 2011. - №1. - S. 13.
10. Solov'ev, A. V. Opredelenie optimal'noj ploschadi listovoj poverhnosti rastenij [Tekst]/ A. V. Solov'ev, M. K. Kayunov// Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk. - 2007. - № 1. - S. 14-16.

E-mail: vladimir-ba@mail.ru

УДК 635.649

ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТЫКВЫ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

THE EFFECT OF STIMULANTS ON PRODUCTIVITY OF PUMPKIN IN THE CONDITIONS OF LIGHT-CHESTNUT SOILS THE NORTH-WESTERN CASPIAN

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

А.Н. Бондаренко, кандидат географических наук

О.В. Костыренко

N.V. Tutuma, A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko

ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия»,
Астраханская область, Черныярский район, село Солёное Займище

FSBI «Caspian research Institute of arid agriculture»

Сельское хозяйство – одна из немногих отраслей Астраханской области, имеющая положительную динамику развития и инвестиционную привлекательность. Сельское хозяйство рассматривается как одно из важнейших направлений развития территории, а в последние

годы оно является ключевым элементом социально-экономического развития Астраханской области. Заметный рост производства растениеводческой продукции обусловлен, в первую очередь, увеличением посевных площадей, использованием качественных высокоурожайных сортов семян, применением энергосберегающих технологий, научно-обоснованных норм минеральных удобрений и средств защиты растений. Авторами статьи представлен материал по эффективности выращивания сортов тыквы в двухфакторном полевом опыте при капельном орошении. В целом, изучение показало, что сорта тыквы агрофирмы «Седек» положительно реагируют на фоновое внесение минеральных азотных подкормок, а также внекорневые подкормки стимуляторами роста, особенно при обработке препаратом Витазим, обеспечивая значительный уровень биологической урожайности, превысив 80,0 т/га.

Agriculture is one of the few sectors of the Astrakhan region, which has positive dynamics of development and investment attractiveness. Agriculture is considered as one of the most important directions of development of the territory, and in recent years, it is a key element of socio-economic development of the Astrakhan region. A marked increase in the crop production due, primarily, to the increase of cultivated areas, use of high-quality high-yielding varieties of seeds, use of energy saving technologies, research-based norms of mineral fertilizers and means of plant protection. The authors presented the material for the efficiency of cultivation of varieties of pumpkins in the two-factor field experiment under drip irrigation. Overall, the study showed that varieties of pumpkin of Agrofirma "Sedek" respond positively to background the application of mineral nitrogen fertilization and foliar application of growth stimulators, especially in the processing of drug VITASEM, providing a significant level of biological productivity, exceeding 80.0 t/ha.

Ключевые слова: сорт, тыква, водопотребление, минеральные удобрения, стимуляторы роста, урожайность.

Key words: variety; pumpkin, waterconsumption; fertilizers; growth; yields.

Введение. К числу наиболее ценных овощных культур относится тыква. Особая ценность этой культуры – значительное содержание витаминов, особенно каротина и белка. Кроме того, в их плодах много солей калия, фосфора, кальция, натрия, магния, железа и микроэлементов – меди и кобальта [3, 5].

Тыква имеет большое пищевое и кормовое значение. Ее биохимический состав подвержен значительным колебаниям в зависимости от ботанического вида, сорта, условий выращивания и других факторов [9].

Ценность плодов тыквы состоит в том, что она содержит пептонизирующие ферменты, превращающие белок в растворимую форму. Это имеет большое значение в диетическом питании. Эта культура – прекрасный медонос, а в засушливых районах – незаменимый сочный корм для скота [8, 10, 11].

В работе Ерина И.В. (2009-2010 гг.) проводилось сортовое изучение особенности семенной и масличной продуктивности тыквы в условиях Ростовской области. Среди исследуемых сортов больший интерес представляют Волжская серая 92, Рекорд и Гляйсдорферёлкербис, отличающиеся высокой урожайностью и выходом семян [2].

Наиболее перспективными для увеличения выхода масла с единицы площади, а следовательно и повышения рентабельности производства, являются сорта Волжская серая 92, Гляйсдорферёлкербис и Рекорд.

Особое внимание стоит уделить сорту Гляйсдорферёлкербис, который, помимо высокой масличности и урожайности семян, является более технологичным благодаря отсутствию плотной семенной оболочки.

Результатами проведенных исследований в условиях Краснодарского края авторами Хусид С.Б., Жолобова И.С., Нестеренко Е.Е. были выделены наиболее перспективные сорта тыквы, районированные для Северо-Кавказского региона, такие как Прикорневая с вегетационным периодом 107-110 дн. и Лазурная – 138-143 дн. Условия

центральной зоны края способствуют полному вызреванию плодов и позволяют получать сырье с высокими качественными показателями, позволяющими вырабатывать из них функциональные продукты питания [4].

Впервые в проведенном исследовании в ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия» в двухфакторном полевом опыте при возделывании сортов тыквы отрабатывались приемы и способы внекорневых обработок стимуляторами на фоне внесения минеральных удобрений в условиях капельного орошения.

Целью проводимых исследований явилось научное обоснование разрабатываемым агротехнологическим приемам возделывания сортов тыквы, в сочетании с фоновым внесением основного минерального питания и внекорневых обработок стимуляторами роста при капельном способе орошения.

В задачи исследований входило: выявить наиболее перспективные для условий севера Астраханской области сорта тыквы, обладающие высокими адаптационными возможностями и значительным уровнем потенциальной урожайности в сочетании с фоновым внесением основного минерального питания и внекорневых обработок стимуляторами роста; определить сорта тыквы, наиболее эффективно использующие поливную воду по коэффициенту водопотребления в зависимости от элементов агротехнологии возделывания.

Схема закладки полевого опыта. Двухфакторные полевые опыты закладывались методом расщепленных делянок. Повторность опыта – трехкратная [1].

Общая площадь под изучением культуры **тыквы** – 271,6 м². Площадь делянки под сорт – 50,4 м²; площадь делянки под 1 внекорневую обработку – 16,8 м². Густота посадки тыквы при одностороннем размещении растений относительно капельной ленты – 20-30 тыс./га. Схема посадки – 2,80х1,0 м. Способ посева – вручную по два семени в гнездо. Способ полива – система капельного орошения

Материалы и методы. Сорта тыквы агрофирмы «Седек»: Амазонка, Желтая из Парижа, Дынная. Для выполнения поставленных задач проводились следующие полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием методики полевого опыта Доспехова Б. А. [1] и опытного дела в растениеводстве Никитенко Г.Ф. [7], а также овощеводстве и бахчеводстве Белика В.Ф. [6].

Варианты опыта:

1. Контроль (без обработки)	3. Фон + стимулятор роста (Витазим)
2. ФонN ₁₁₀ P ₁₀₅ K ₇₅	4. Фон+ стимулятор роста (Мегафол)

Варианты внекорневых обработок для тыквы проводились в фазу «шатрик», «цветение», «плодообразование», согласно рекомендуемым нормам от товаропроизводителя.

Результаты и обсуждение. В период роста и развития тыквы было проведено 38 поливов поливной нормой 140 м³/га. Оросительная норма при этом составила 5320 м³/га. Использованная из почвы влага за вегетацию 25,0 мм или 250,0 м³/га. Суммарное водопотребление 7191 м³/га.

Исходя из приведенных данных в среднем за 2015-2016 гг., высокоурожайными в изучении оказались два сорта Желтая из Парижа и Дынная. Коэффициент водопотребления на варианте N₁₁₀P₁₀₅K₇₅+ Витазим у данных сортов был практически равным и в среднем составил 81,0м³/т при урожайности 88,8-89,0 т/га. На варианте N₁₁₀P₁₀₅K₇₅+ Мегафол прослеживалась аналогичная тенденция, коэффициент водопотребления в среднем был равен 93,2-94,7м³/т при урожайности 77,2-76,0 т/га. У низкоурожайного сорта Амазонка коэффициент водопотребления варьировал в зависимости от вариантов изучения от 269,6 до 376,7,0 при урожайности от 19,1 до 26,7 т/га.

По результатам проведенных исследований различных сортов тыквы агрофирмы «Седек» были выделены наиболее продуктивные образцы: Дынная и Желтая из Парижа. Нетоварные плоды за два сбора практически отсутствовали. Стопроцентная товарность наблюдалась по сорту Дынная на всех вариантах изучения.

Биологическая урожайность на контрольном варианте у данного сорта была равной 57,4 т/га при среднем весе плода – 3829,0 г, на фоне внесения минеральных удобрений урожайность составила 58,3 т/га при среднем весе плода – 3883 г. При совместном внесении минеральных удобрений и листовых обработок стимуляторами роста Витазим и Мегафол урожайность варьировала от 77,2 до 88,8 т/га или от +19,7 до 31,4 т/га к контрольному варианту при весе плода от 5144,0 до 5933,0 г.

Урожайность у сорта Желтая из Парижа оказалась самая высокая 89,0 т/га (+28,4 т/га к контролю) на варианте $N_{110}P_{105}K_{75}+$ Витазим. Товарность при такой урожайности составила 100 %, средний вес плода – 5925,0 г. Сорт тыквы Амазонка, находящийся в изучении, был менее продуктивен, по сравнению с вышеперечисленными образцами. Количество нетоварных плодов было 8 шт. из 22 на контрольном варианте. Товарность при таких показателях – 64 %, средний вес плода 955,0 г, урожайность – 19,1 т/га. На вариантах как при внесении минеральных удобрений, так и на листовых обработках по фазам вегетации урожайность варьировала незначительно в сравнении с контролем.

Заключение. Результаты проведенных исследований 2015-2016 гг. доказывают, что фоновое внесение минеральных удобрений $N_{110}P_{105}K_{75}$ и внекорневые (листовые) обработки стимуляторами роста Мегафол и Витазим по фазам вегетации приводят к повышению биологической урожайности и снижению потребления воды на формирование товарной продукции.

Библиографический список

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] /Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 315 с.
2. Ерин И.В. Сортные особенности семенной и масличной продуктивности тыквы [Текст] /И.В. Ерин// Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №72(08). – С. 18-28.
3. Зволинский, В.П. Производство овоще-бахчевых культур в условиях Астраханской области [Текст] /В.П. Зволинский, Н.В. Тютюма, З.С. Таранова. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2011. – 292 с.
4. Изучение биологически активных соединений в семенах тыквы различных сортов [Текст]/ С.Б. Хусид, А.И. Петенко, И.С. Жолобова, Е.Е. Нестеренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96. –С. 43-52.
5. Кобкова, Г.Е. Комплекс агротехнических приемов повышения урожайности и качества столовой тыквы на светло-каштановых почвах Волгоградского Заволжья [Текст]: автореферат диссертации /Г. Е. Кобкова. – Москва, 2001.–С. 99.
6. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве [Текст] /Под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992. – 319 с.
7. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве [Текст] /Г.Ф. Никитенко и др. – М.: Сельхозиздат, 1982. – 190 с.
8. Петенко, А.И. Физиолого-биохимические аспекты подборасортов тыквы для использования в кормопроизводстве [Текст]/ А.И. Петенко, С.Б. Хусид // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. –Т.1. – № 44. – С. 117-125.
9. Петриченко, В.Н. Влияние регуляторов роста на качество плодов столовой тыквы в южных регионах России [Текст]/В.Н. Петриченко, А.С. Колобов//Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – № 2(26). – С. 14-16.
- 10.Хусид, С. Б. Изучение морфологических показателей различных сортов тыквы, районированных в Краснодарском крае[Текст]/ С.Б. Хусид, А.И. Петенко, И.С. Жолобова // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №101(07). – С. 31-40.

11. Хусид, С.Б. Изменение химического состава плодов тыквы в процессе хранения [Текст] / С.Б. Хусид, И.С. Жолобова, Е.Е. Нестеренко // Сборник научных трудов Sworid. – 2012. – Т. 34. – № 3. – С. 17-18.

Reference

1. Dosphehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst] / B. A. Dosphehov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 315 s.
2. Erin I. V. Sortovye osobennosti semennoj i maslichnoj produktivnosti tykvy [Tekst] / I. V. Erin // Nauchnyj zhurnal KubGAU. - 2011. - №72(08). - S. 18-28.
3. Zvolinskij, V. P. Proizvodstvo ovosche-bahchevykh kul'tur v usloviyah Astrahanskoj oblasti [Tekst] / V. P. Zvolinskij, N. V. Tyutyuma, Z. S. Taranova. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2011. - 292 s.
4. Izuchenie biologicheskii aktivnykh soedinenij v semenah tykvy razlichnykh sortov [Tekst] / S. B. Husid, A. I. Petenko, I. S. Zholobova, E. E. Nesterenko // Politematicheskij setevoj]elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 96. – S. 43-52.
5. Kobkova, G. E. Kompleks agrotehnicheskikh priemov povysheniya urozhajnosti i kachestva stolovoj tykvy na svetlo-kashtanovykh pochvah Volgogradskogo Zavolzh'ya [Tekst]: avtoreferat dissertacii / G. E. Kobkova. - Moskva, 2001. -- S. 99.
6. Metodika opytnogo dela v ovoshevodstve i bahchevodstve [Tekst] / Pod red. V. F. Belika. - M.: Agropromizdat, 1992. - 319 s.
7. Nikitenko, G. F. Opytnoe delo v polevodstve [Tekst] / G. F. Nikitenko i dr. - M.: Sel'hozizdat, 1982. - 190 s.
8. Petenko, A. I. Fiziologo-biohimicheskie aspekty podborasortov tykvy dlya ispol'zovaniya v kormoproizvodstve [Tekst] / A. I. Petenko, S. B. Husid // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – Т.1. - № 44. ? S. 117-125.
9. Petrichenko, V. N. Vliyanie reguljatorov rosta na kachestvo plodov stolovoj tykvy v yuzhnykh regionah Rossii [Tekst] / V. N. Petrichenko, A. S. Kolobov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - № 2(26). - S. 14-16.
10. Husid, S. B. Izuchenie morfologicheskikh pokazatelej razlichnykh sortov tykvy, rajonirovannykh v Krasnodarskom krae [Tekst] / S. B. Husid, A. I. Petenko, I. S. Zholobova // Nauchnyj zhurnal KubGAU. - 2014. - №101(07). - S. 31-40.
11. Husid, S. B. Izmenenie himicheskogo sostava plodov tykvy v processe hraneniya [Tekst] / S. B. Husid, I. S. Zholobova, E. E. Nesterenko // Sbornik nauchnykh trudov Sworid. – 2012. – Т. 34. - № 3. – S. 17-18.

E-mail: pniiiaz@mail.ru

УДК 631.86

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

RESULTS OF ECONOMIC EFFICIENCY OF SOYBEAN CULTIVATION WITH THE USE OF GROWTH PROMOTING DRUGS IN THE IRRIGATION OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN

А.Н. Бондаренко, кандидат географических наук

A. N. Bondarenko

ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия»,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище

Caspian research Institute of arid agriculture

Несмотря на то, что сегодня в Астраханской области соя является малораспространенной культурой, есть все основания предполагать, что возделывание ее в нашей зоне перспективно. В связи с этим, можно отметить, что актуальность изучения сои в условиях нашего ре-

гиона заключается в исследовании этого растения как сельскохозяйственной культуры, выращивание которой могло бы позволить получать продукты питания, богатые белком и витаминами, с одной стороны, и как экологический объект, посредством которого можно было бы пополнить запасы соединений азота в почве и повысить ее биологическую активность – с другой стороны. Впервые в условиях светло-каштановых солонцовых почв севера Астраханской области определяется эффективность ростостимулирующих препаратов на продуктивность сои в условиях капельного орошения. А также проведена сравнительная оценка продуктивности сои в зависимости от использования ростостимулирующих препаратов, направленных на биологизацию земледелия. Автором статьи представлены результаты по основным показателям экономической эффективности возделывания сои. Анализ результатов, полученных в среднем за два года изучения 2014-2015 гг., показал, что наиболее эффективно среди всех изучаемых вариантов по предпосевной инокуляции как по урожайным данным, так и по показателям экономической эффективности выделился вариант В4 (штамм 6456). Варианты с применением внекорневых обработок стимуляторами роста оказались высокодоходными и рентабельными, но наиболее эффективным вариантом оказался с комплексным применением стимулятора роста мегапол совместно с плантафолом.

Despite the fact that today in the Astrakhan area soy is a rare culture, there is every reason to suppose that the cultivation of it in our area promising. In this regard, we note that the relevance of the study of soya in the conditions of our region lies in the study of this plant as crops, the cultivation of which would allow to obtain foods rich in protein and vitamins, on the one hand, and as an ecological entity with which to replenish nitrogen in the soil and enhance its biological activity on the other side. For the first time in conditions of light-chestnut solonetz soils in the North of the Astrakhan region is determined by the efficiency of growth stimulating preparations on the productivity of soybean in the conditions of drip irrigation. As well as the comparative estimation of productivity of soybean depending on the use of growth promoting drugs aimed at agriculture biologization. The author of the article presents the results of the main indicators of economic efficiency of soybean cultivation. Analysis of the results obtained in average for two years of study 2014-2015 showed that the most effective among all the studied variants on pre-inoculated as harvest data, and increased economic efficiency stood out variant B4 (strain 6456). The variants with application of foliar treatments with growth stimulators was highly profitable and cost-effective, but the most effective option turned out to be with the comprehensive use of the growth stimulant megapol together with plantation.

Ключевые слова: вариант, микробиологические препараты, стимуляторы роста, рентабельность, экономическая эффективность.

Key words: option, microbiological preparations, growth factors, profitability, economic efficiency.

Введение. В последние годы в современном земледелии уделяется большое внимание альтернативным агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур различного направления, позволяющих получать дополнительные источники минерального питания растений [1, 2, 9, 12, 17].

На современном этапе развития АПК первоочередной задачей получения высоких и устойчивых урожаев растениеводческой продукции, наряду с эффективными агротехнологическими приемами возделывания, является широкое применение биологических препаратов – бактериальных удобрений на основе полезных групп микроорганизмов и разные виды микроудобрений и стимуляторов роста [3, 5, 6, 16, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 16].

Целью исследования явилось изучение влияния внекорневых обработок стимуляторами роста и микробиологическими препаратами на продуктивность сои в условиях светло-каштановых солонцовых почв Северного Прикаспия.

В опыте изучались два варианта стимуляции роста и развития сои.

1. Первый вариант – контроль без обработки.

2. Второй вариант – перед посевом была произведена предпосевная инокуляция семян азотфиксирующими микробиологическими препаратами (634б, 640б, 645б, 626а) с нормой расхода препаратов 600 г/га.

3. Третий вариант – в различные фазы развития сои проводились листовые обработки стимуляторами роста. Пантафол (10:54:10) – расход препарата 625 г/га, Мегафол – расход 0,5 л/га. Рабочая жидкость баковой смеси – 250 л/га. Обработка препаратом Лигногумат проводилась в норме 100 г/га. Расход рабочей смеси 300 л/га.

Закладка опыта проводилась по общей методике Доспехова Б.А. Размещение делянок систематическое в трехкратной повторности [3]. Общая площадь, занимаемая при проведении опыта составила 150 м². Площадь 1 учетной делянки (под культурой) – 45 м². Площадь под вариантом как с предпосевной инокуляцией, так и с внекорневой обработкой различными стимуляторами роста составила 6,42 м², площадь 1 повторности – 2,14 м². Способ полива – капельное орошение.

Результаты и обсуждение. Закладка опыта в 2014 г. проводилась на орошаемом участке 29 апреля при оптимальной температуре воздуха 14,9 °С. Среднесуточная температура воздуха в апреле в среднем составила 10,0 °С. Апрель характеризовался малым количеством осадков, за месяц выпало всего лишь 14,5 мм, ГТК= 0,70.

В мае среднесуточная температура воздуха составила 21,0 °С. Сумма осадков за месяц 7,8 мм, большая их часть в первую декаду месяца. Относительная влажность воздуха 44 %. ГТК= 0,08.

Июнь характеризовался также, как и май, малым количеством осадков, относительной влажностью воздуха в пределах 40 %. Среднесуточная температура воздуха в июне составила 23,3 °С.

Осадки в июле составили всего 3,9 мм, Средняя температура воздуха 26,0 °С, что выше среднегодовых значений (24,3) на 2,0 °С. Относительная влажность воздуха 34 %. Сумма активных температур 806,1 °С ГТК= 0,05.

Закладка опыта в 2015 г. проводилась на орошаемом участке 5 мая года при температуре воздуха 16,4 °С. Май характеризовался малым количеством осадков, за месяц выпало всего лишь 13,4 мм, большая их часть в первую декаду и составила 12,7 мм, ГТК= 0,25.

В июне среднесуточная температура воздуха составила 26,4 °С. Сумма осадков за месяц 23,0 мм, большая их часть в третью декаду месяца и составила 20,8 мм. В среднем относительная влажность воздуха 38%. Июль характеризовался также, как и май, малым количеством осадков, относительная влажность воздуха в пределах 41 %. Среднесуточная температура воздуха в июле составила 25,7 °С. Сумма активных температур >10 °С составила 762,9 °С, ГТК= 0,37. Осадки в августе составили всего 16,0 мм, большая их часть во вторую декаду месяца. Среднесуточная температура воздуха 23,9 °С. Относительная влажность воздуха 37 %. Сумма активных температур 742,2 °С, ГТК= 0,22.

Первая внекорневая обработка стимуляторами роста проводилась в фазу ветвления. Вторая внекорневая обработка была проведена в начале фазы бутонизации. Третья внекорневая обработка была проведена в фазе цветения.

Для определения экономической эффективности изучаемых в опытах агроприемов использовались следующие показатели: выход продукции с единицы площади, стоимость валовой продукции с 1 га, затраты связанные с проведением технологических операций, приобретение удобрений, их транспортировкой, внесением в почву, предпосевная обработка семян микробиологическими препаратами, листовые обработки стимуляторами роста по фазам развития растений, вегетационные поливы, затраты на уборку.

Таблица 1 – Экономическая эффективность возделывания сои
сорта Волгоградка 1 при различных вариантах возделывания, 2014-2015 гг.

Вариант	Урожай- ность, т/га		Прибавка урожаю, т/га		Себестоимость, руб./га		Себестоимость, руб./т		Стоимость реализованной продукции, руб.		Прибыль, руб./га		Рентабель- ность, %		Экономи- ческая эффектив- ность, руб./на руб. вложенных затрат	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
B1 (контроль)	1,90	2,08	-	-	26205,3	26231,5	13792,3	12611,3	38000,0	41600,0	11794,7	15368,5	45,0	58,6	1,5	1,6
B2 (штамм 634б)	2,15	2,52	0,25	0,44	26635,3	26661,5	12388,5	10580,0	43000,0	50400,0	16364,7	23738,5	61,4	89,0	1,6	1,9
B3 (штамм 640б)	2,20	2,75	0,30	0,67	26635,3	26661,5	12107,0	9695,1	44000,0	55000,0	17364,7	28338,5	65,2	106,3	1,7	2,1
B4 (штамм 645б)	2,15	3,07	0,25	0,99	26635,3	26661,5	12388,5	8684,5	43000,0	61400,0	16364,7	34738,5	61,4	130,3	1,6	2,3
B5 (штамм 626а)	2,10	2,43	0,20	0,35	26635,3	26661,5	12683,5	10971,8	42000,0	48600,0	15364,7	21938,5	57,7	82,3	1,6	1,8
B6 (мегафол + плантафол)	2,55	3,22	0,65	1,14	28030,3	28056,5	10992,3	8713,2	51000,0	64400,0	22969,7	36343,5	81,9	129,5	1,8	2,3
B7 (лигногумат)	2,40	2,63	0,50	0,55	27010,3	27036,5	11254,3	10280,0	48000,0	52600,0	20989,7	25563,5	77,7	94,6	1,8	1,9

Результаты экономической эффективности показали, что возделывание сои сорта Волгоградка 1 в 2014г. в условиях орошения с применением азотфиксирующих микробиологических препаратов и листовых обработок стимуляторами роста экономически выгодно (таблица 1). Так при затратах 26 635,3 руб./га на вариантах с микробиологическими препаратами прибыль варьировала от 15 364,7 до 17 364,7 руб./га, рентабельность от 57,7 до 65,2 %. Экономически эффективным вариантом оказался В3 (штамм 640б), где данный показатель составил 1,7 руб./руб. вложенных затрат.

Так, общие затраты при возделывании сои сорта Волгоградка 1 в 2015 г. при предпосевной инокуляции семян азотфиксирующими микробиологическими препаратами в текущем году составили 26 661,5 руб./га, при этом высоко урожайным оказался только вариант с использованием штамма 645б (В4) 3,07 т/га, что на 0,99 т/га выше контрольного варианта. Себестоимость реализованной продукции по данному варианту тоже была максимальной и составила 61 400,0 руб., прибыль 34 738,5 руб./га, рентабельность 130,3 %, экономическая эффективность вложенных затрат руб./на руб. составила соответственно 2,3.

Среди вариантов где применялись листовые обработки лучшим оказался вариант В6 или совместное применение мегафол+плантафол. Урожайность 3,22 т/га, прибыль 36343,5 руб./га, рентабельность 129,5, экономическая эффективность была аналогичной варианту В4 и составила 2,3 руб./на руб. вложенных затрат (таблица 1).

Анализ результатов, полученных в среднем за два года изучения 2014-2015 гг., показал, что наиболее эффективен среди всех изучаемых вариантов по предпосевной инокуляции как по урожайным данным, так и по показателя экономической эффективности выделился вариант В4 (штамм 645б). При этом себестоимость на данном варианте составила 26 648,4 руб./га, себестоимость 10 536,50 руб./т, стоимость реализованной продукции 52 200,0 руб., прибыль 25 551,6 руб./га, рентабельность производства 95,8 %, экономическая эффективность руб./на руб. вложенных затрат 2,0.

Таблица 2 – Средние показатели экономической эффективности возделывания сои сорта Волгоградка 1 при различных вариантах возделывания, 2014-2015 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожая, т/га	Себестоимость, руб./га	Себестоимость, руб./т	Стоимость реализованной продукции	Прибыль, руб./га	Рентабельность, %	Экономическая эффективность, руб./на руб. вложенных затрат
В1 (контроль)	1,99	-	26218,4	13201,80	39800,0	13581,6	51,8	1,6
В2 (штамм 634б)	2,34	0,35	26648,4	11484,25	46700,0	20051,6	75,2	1,8
В3 (штамм 640б)	2,48	0,50	26648,4	10901,10	49500,0	22581,6	85,8	1,9
В4 (штамм 645б)	2,61	0,62	26648,4	10536,50	5220,00	25551,6	95,8	2,0
В5 (штамм 626а)	2,27	0,28	26648,4	11827,65	45300,0	18651,6	70,0	1,7
В6 (мегафол+плантафол)	2,90	0,90	28043,4	9852,80	57700,0	29656,6	105,7	2,0
В7 (лигногумат)	2,52	0,53	27023,4	10767,20	50300,0	23276,6	86,2	1,8

Результаты экономической эффективности по возделыванию сои при различных вариантах обработок за два года изучения показали преимущество варианта В6 совместное применение баковой смеси мегафол+планатафол. Прибыль по данному варианту составила 29 656,6 руб./га, экономическая эффективность 2,0 руб./на руб. вложенных затрат. Прибавка к контролю составила в среднем 0,90 т/га (таблица 2).

Варианты с применением внекорневых обработок стимуляторами роста оказались высокодоходными и рентабельными, но наиболее эффективным вариантом оказался с комплексным применением стимулятора роста мегафол совместно с плантафолом.

Заключение. Анализ экономической эффективности применения микробиологических препаратов и стимуляторов роста при возделывании сои в условиях орошения показал, что они способствовали повышению затрат и стоимости продукции при одновременном увеличении рентабельности и экономической эффективности на 1,8-2,0 руб. вложенных затрат.

Библиографический список

1. Бондаренко, А.Н. Изучение биопрепаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов при возделывании яровых зерновых культур в Астраханской области [Текст] / А.Н. Бондаренко, В.П. Зволинский // *Агрохимический вестник*. – 2012. – № 2. – С. 22-23.
2. Бондаренко А.Н. Влияние предпосевной обработки семян сои микробиологическими препаратами на формирование урожая в условиях Астраханской области [Текст] / А.Н. Бондаренко // *Аграрная Россия*. – 2014. – № 7. – С. 15-17.
3. Борисов, А.Ю. Эффективность использования совместной инокуляции гороха посевного грибами арбускулярной микоризы и клубеньковыми бактериями [Текст] / А.Ю. Борисов Т.С. Наумкина, О.Ю. Штарк и др. // *Доклады РАСХН* – 2004. – № 2. – С. 12-14.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) [Текст] / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – С. 4-16.
5. Заостровных, В.И. Болезни сои [Текст] / В. И. Заостровных // *Защита и карантин растений*. – 2005. – № 2. – С. 49-53.
6. Костылев, П.И. Улучшение продуктивности риса после обработки семян и листьев экстраксом [Текст] / П.И. Костылев, Л.М. Костылева, А.В. Купров // *Научный журнал КубГАУ*. – 2010. – № 57 (03). – С. 1-7.
7. Основы научных исследований в агрономии [Текст] / В.Ф. Моисейченко, М.Ф. Трифонова, А.Х. Заверюха, В.Е. Ещенко. – М.: Колос, 1996. – 3-16 с.
8. Парахин, Н.В. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации [Текст] / Н.В. Парахин, С.Н. Петрова. – М.: КолосС, 2006. – С. 24-26.
9. Проворов, Н.А. Эволюционная генетика микробо растительного взаимодействия и ее практическое значение [Текст] / Н.А. Проворов, И.А. Тихонович // *Экологическая генетика культурных растений: матер, шк. молод, учен.*; ВНИИ риса. – Краснодар, 2005. – С. 221-231.
10. Старикова, Д.В. Влияние стимуляторов, биологических препаратов и микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой мягкой пшеницы [Текст] / Д.В. Старикова // *Научный журнал КубГАУ*. – 2014. – № 98(04). – С. 1-13.
11. Сырмолот, О.В. Экстрасол и продуктивность сои в Приморском крае [Текст] / О.В. Сырмолот // *Земледелие*. – 2005. – № 3. – С. 47-48.
12. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве [Текст] / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь и др. // *Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве*. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 154 с.
13. Тихонович, И.А. Интеграция генетических систем растений и микроорганизмов при симбиозе [Текст] / И.А. Тихонович, А.Ю. Борисов, В.Е. Цыганов и др. // *Успехи совр. биол.* 2005. – Т. 125. – № 3. – С. 227-238.
14. Тихонович, И.А. Принципы селекции растений на взаимодействие с симбиотическими микроорганизмами [Текст] / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов // *Вестник ВОГИС*. – 2005. – Т.9. – № 3. – С. 295-305.

15. Урожайность и качество зерна гороха в зависимости от биопрепаратов и регуляторов роста в условиях предгорной зоны КБР [Текст] / К.Г. Магомедов, М.Х. Ханиев, И.М. Ханиев, А.Л. Базиев, А.Ю. Кишев // *Фундаментальные исследования*. – 2008. – № 5. – С. 27-29.
16. Трепачёв, Е.П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии [Текст] / Е.П. Трепачёв. – М.: Наука, 1999. – С. 376-382.
17. Чеботарь, В.К. Эффективность применения биопрепарата экстрасол [Текст] / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, Е.Н. Кипрушкина. – М.: Издательство ВНИИА, 2007. – С. 16-23.

Reference

1. Bondarenko, A. N. Izuchenie biopreparatov na osnove associativnyh azotfiksiruyuschih mikroorganizmov pri vozdeystvii yarovykh zernovykh kul'tur v Astrahanskoj oblasti [Tekst] / A. N. Bondarenko, V. P. Zvolinskij // *Agrohimicheskij vestnik*. - 2012. - № 2. - S. 22-23.
2. Bondarenko A. N. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan soi mikrobiologicheskimi preparatami na formirovanie urozhaya v usloviyah Astrahanskoj oblasti [Tekst] / A. N. Bondarenko // *Agrarnaya Rossiya*. - 2014. - № 7. - S. 15-17.
3. Borisov, A. Yu. Jefferktivnost' ispol'zovaniya sovmestnoj inokulyacii goroha posevnogo gribami arbuzkulyarnoj mikorizy i klubenchkovymi bakteriyami [Tekst] / A. Yu. Borisov T. S. Naumkina, O. Yu. Shtark i dr. // *Doklady RASXN* - 2004. - № 2. - S. 12-14.
4. Dosphehov, B. A. Metodika polevogo opyta: (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Tekst] / B. A. Dosphehov. - M.: Kolos, 1985. - S. 4-16.
5. Zaostrovnyh, V. I. Bolezni soi [Tekst] / V. I. Zaostrovnyh // *Zaschita i karantin rastenij*. - 2005. - № 2. - S. 49-53.
6. Kostylev, P. I. Uluchshenie produktivnosti risa posle obrabotki semyan i list'ev jekstrasolom [Tekst] / P. I. Kostylev, L. M. Kostyleva, A. V. Kuprov // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. - 2010. - № 57 (03). - S. 1-7.
7. Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii [Tekst] / V. F. Moisejchenko, M. F. Trifonova, A. H. Zaveryuha, V. E. Eschenko. - M.: Kolos, 1996. - 3-16 s.
8. Parahin, N. V. Sel'skohozyajstvennye aspekty simbioticheskoy azotfiksacii [Tekst] / N. V. Parahin, S. N. Petrova. - M.: KolosS, 2006. - S. 24-26.
9. Provorov, H.A. Jevolyucionnaya genetika mikrobo rastitel'nogo vzaimodejstviya i ee prakticheskoe znachenie [Tekst] / H.A. Provorov, I. A. Tihonovich // *Jekologicheskaya genetika kul'turnykh rastenij: mater, shk. molod, uchen.; VNII risa*. - Krasnodar, 2005. - S. 221-231.
10. Starikova, D. V. Vliyanie stimulyatorov, biologicheskikh preparatov i mikro-udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy myagkoj pshenicy [Tekst] / D. V. Starikova // *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. - 2014. - № 98(04). - S. 1-13.
11. Syrmolot, O. V. Jekstrasol i produktivnost' soi v Primorskom krae [Tekst] / O. V. Syrmolot // *Zemledelie*. - 2005. - № 3. - S. 47-48.
12. Tihonovich, I. A. Biopreparaty v sel'skom hozyajstve [Tekst] / I. A. Tihonovich, A. P. Kozhemyakov, V. K. Chebotar' i dr. // *Metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve*. - M.: Rossel'hozakkademiya, 2005. - 154 s.
13. Tihonovich, I. A. Integraciya geneticheskikh sistem rastenij i mikroorganizmov pri simbioze [Tekst] / I. A. Tihonovich, A. Yu. Borisov, V. E. Cyganov i dr. // *Uspehi sovr. biol*. 2005. - T. 125. - № 3. - S. 227-238.
14. Tihonovich, I. A. Principy selekcii rastenij na vzaimodejstvie s simbioticheskimi mikroorganizmami [Tekst] / I. A. Tihonovich, H.A. Provorov // *Vestnik VOGIS*. - 2005. - T.9. - № 3. - S. 295-305.
15. Urozhajnost' i kachestvo zerna goroha v zavisimosti ot biopreparatov i reguljatorov rosta v usloviyah predgornoj zony KBR [Tekst] / K. G. Magomedov, M. H. Haniev, I. M. Haniev, A. L. Baziev, A. Yu. Kishev // *Fundamental'nye issledovaniya*. - 2008. - № 5. -- S. 27-29.
16. Trepachjov, E. P. Agrohimicheskie aspekty biologicheskogo azota v sovremennom zemledelii [Tekst] / E. P. Trepachjov. - M.: Nauka, 1999. - S. 376-382.
17. Chebotar', V. K. Jefferktivnost' primeneniya biopreparata jkstrasol [Tekst] / V. K. Chebotar', A. A. Zavalin, E. N. Kiprushkina. - M.: Izdatel'stvo VNIIA, 2007. - S. 16-23.

E-mail: pniiiaz@mail.ru

УДК: 631.617

**КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ АГРОЛАНДШАФТОВ
MAPPING THE CONTEMPORARY SPATIAL STRUCTURE
OF AGRICULTURAL LANDSCAPES****А.А. Тубалов**, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград***A.A. Tubalov***FSBSI «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

В статье представлены материалы дистанционных и наземных исследований, проведенных в опытном хозяйстве Качалинское. Данное хозяйство расположено в южной части Иловлинского района Волгоградской области. Исследование территории осуществлено с применением методов цифрового картографирования. Результатом проведенных работ стали пространственные модели структуры природопользования и крутизны склонов исследуемой территории. На основе полученных материалов была разработана классификация природно-антропогенных систем опытного хозяйства. Данная группировка включает следующие категории земель: пашня, расположенная на склонах крутизной до 0,5°; пашня, расположенная на склонах крутизной 0,6-3 °; пастбище расположенное на склонах крутизной до 0,5°; пастбище расположенное на склонах крутизной до 0,6-3°. Проведенные картографические работы позволили выявить распространение основных типов земельных угодий в исследуемом хозяйстве. Полученные материалы были применены для обоснования выбора местоположения ключевых участков при проведении наземных исследований в ходе работ, связанных с мониторингом экологического состояния территорий. Собранные материалы характеризуют состояние почвенного покрова исследуемой территории по параметрам содержание гумуса, мощности почвенных горизонтов, общего содержания солей. Проведенные исследования позволили сопоставить состояние почвенного покрова пашни, находящейся под защитой лесных насаждений, с состоянием почвы территорий, испытывающих минимальные антропогенные нагрузки.

The article presents the materials of remote and ground-based studies conducted in the experimental farm of Kachalinskoe. This farm is located in the southern part Ilovlinskogo district of the Volgograd region. The study area was carried out using the methods of digital mapping. The result of the spatial model of the structure of nature and the steepness of the slopes of the study area. On the basis of the obtained materials was developed the classification of natural-anthropogenic systems experimental farm. This group includes the following categories of land: arable land located on slopes with a steepness up to 0.5°; the arable land located on slopes with a steepness of 0.6 - 3°, a pasture located on the steep slopes up to 0.5°, a pasture located on the slopes of a steepness of 0.6 - 3°. Conducted mapping helped to identify the distribution of the main types of land in the studied sector. The resulting materials were applied to justify the selection of the location of key sites during ground research in progress related to the monitoring of the ecological condition of the territories. The collected materials characterize the state of soil cover of the study area for parameters of the humus content, the capacity of soil horizons, total content of salts. The conducted research allowed to compare the state of soil cover of arable land under the protection of forest plantations on the soil condition of the territories experiencing minimal anthropogenic load.

Ключевые слова: агроландшафты, рельеф, крутизна склонов, антропогенная нагрузка, содержание гумуса, общее содержание водорастворимых солей.

Key words: agricultural landscapes, topography, steepness of slopes, anthropogenic pressure, the humus content, the total content of water-soluble salts.

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. Пространственная структура агроландшафтов является важной характеристикой природопользования, осуществляемого на определенной территории. Изменения структуры землепользования служат одним из индикаторов ошибок в ведении сельскохозяйственного производства, приводящих к развитию деградационных процессов.

Знания структуры агроландшафтов важны и необходимы при проведении наземных работ, связанных с дистанционным мониторингом за экологическим состоянием территорий. Выявление пространственных единиц с одинаковым генезисом, характером и скоростью протекания процессов является основой обеспечения эффективности исследовательских работ. Правильный выбор ключевых участков обеспечивает репрезентативность получаемых данных и дает возможность экстраполяции получаемых материалов на непосещаемые территории.

Целью исследований являлось осуществление картографирования современной структуры природопользования объекта проводимых исследований, выполненного с учетом основных характеристик рельефа.

Достижение поставленной цели потребовало решить три основные задачи: осуществить картографирование рельефа изучаемой территории, выполнить исследование современной структуры природопользования объекта исследований, осуществить сопоставление ведущих факторов природной и антропогенной дифференциации агроландшафта.

Материалы и методы. Методика проводимых исследований основана на применении современных методов дистанционных исследований и цифрового картографирования [9, 6, 7].

Картографирование рельефа осуществлялось на основе высотных данных SRTM съемки, космоснимков, и применения пакетов прикладных программ пространственного моделирования.

Объектом исследования являлись агроландшафты, расположенные в южной части Иловлинского района Волгоградской области, – опытное хозяйство «Качалинское».

Система лесных полос в опытном хозяйстве создавалась с 1985 по 1992 гг. Вся площадь территории хозяйства была поделена на 3 севооборота. На первом и втором создавались полевые защитные лесные полосы по границам полей, а на третьем – часть площади была отведена под создание стокорегулирующих лесных полос, а другая была сохранена в качестве «контрольного поля».

Почвы каштановые маломощные, разного гранулометрического состава, сформированные на средних и легких суглинках. Значительное распространение получили солонцы.

Общая площадь полигона равна 3950 га.

На рисунке 1 приведено изображение границ полигона проводимых исследований «Качалино».

Данное изображение позволяет ориентироваться в расположении ключевого участка и дает представления о характере рельефа исследуемой территории.

Полигон «Качалино» расположен на левобережье р. Дон в районе острова Караицкий, который на водоразделе ограничивают долины малых рек р. Панышинка на юго и юго-востоке, и р. Тишанка на севере и северо-востоке. Рельеф территории равнинный со слабым эрозионным расчленением.

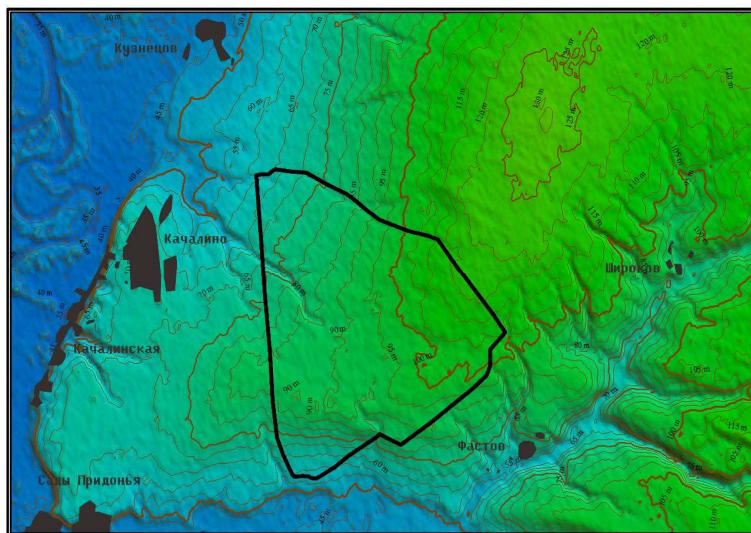


Рисунок 1 – Изображение рельефа полигона проводимых исследований «Качалино»

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 приведена картографическая модель крутизны склонов полученная на основе данных SRTM съемки и применения функциональных возможностей программного комплекса Surfer.

Изображение рисунка 2 содержит следующие слои: горизонталей; цветового изображения рельефа в зависимости от крутизны склонов; местоположения населенных пунктов и слой границ опытного хозяйства.

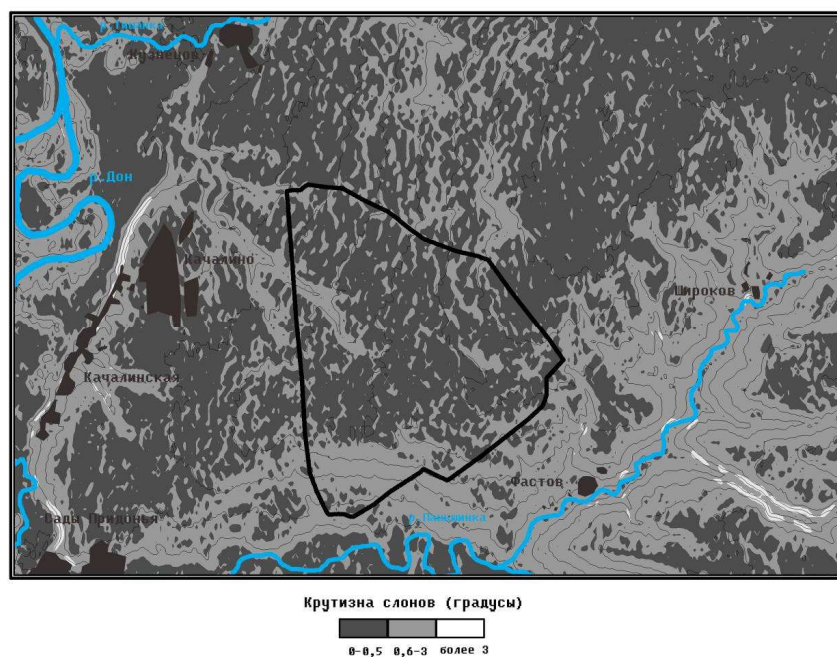


Рисунок 2 – Картографическая модель крутизны склонов полигона исследований «Качалино»

В агролесомелиоративных исследованиях применяют следующую градацию крутизны склонов: 0 – 0,5°; 0,6 – 3°; 4 – 7°; 8 – 35°. Данные диапазоны соответствуют водораздельному, приводраздельному, присетевому и гидрографическому фондам [1].

Анализ картографической модели крутизны склонов полигона «Качалино» позволяет подтвердить равнинный характер исследуемой территории. Практически вся территория опытного хозяйства имеет уклоны земной поверхности, не превышающие трех градусов, а территории с уклонами до 0,5° занимают большую половину. Ближайшие к полигону территории с крутизной более трех градусов расположены на коренном берегу р. Дон у станицы Качалино и на присетевых склонах балки Долгой впадающей в р. Панышинка (юго-восточная часть рисунка 2).

Исследование и картографирование антропогенной деятельности осуществлялось на основе дешифрирования космоснимков и полевых экспедиционных исследований. В исследовании были применены материалы съемки GeoEye со сверхвысоким разрешением, время проведения съемки 18.07.2016. [3].

Полевые исследования осуществлялись в летний период 2016 года и представляли собой рекогносцировочные объезды территорий, ландшафтное профилирование и закладку почвенных шурфов.

В ходе проведения полевого этапа исследований установлено, что не все поля подвергаются ежегодной обработке. На поле, где были заложены ключевые точки, и прилегающих к ним полях на момент проведения исследований располагались сильно засоренные посевы ржи. Растения располагаются хаотично без образования рядов - самосев (падалица прошлого года). Из-за благоприятно сложившихся условий увлажнения в течение года урожайность ржи на поле, где проводились почвенные изыскания составила 5 – 6 ц/га.

Полученные в ходе полевых исследований материалы были применены в качестве фотозаталонов при создании картографической модели современной структуры природопользования полигона исследований «Качалино» (рисунок 3).

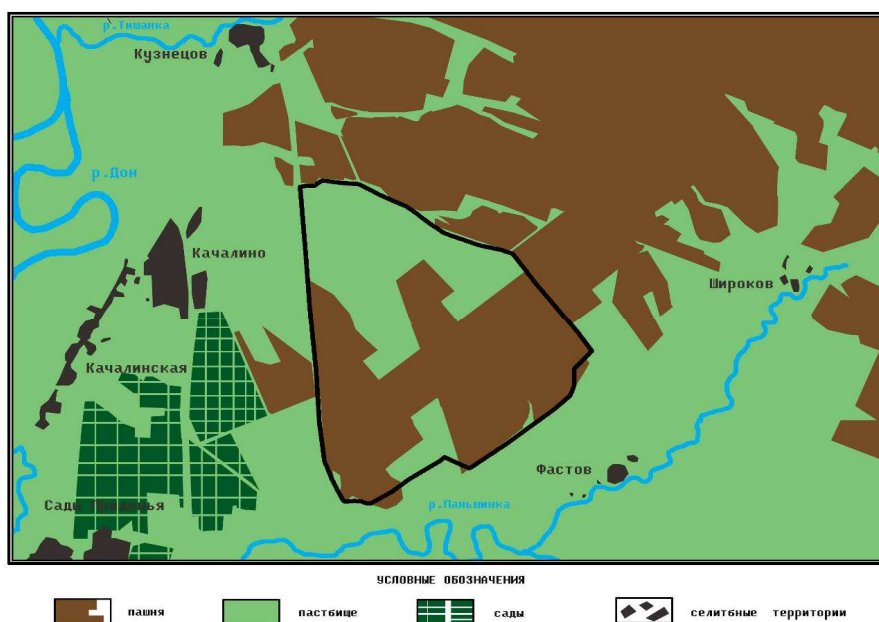


Рисунок 3 – Картографическая модель современной структуры природопользования полигона исследований «Качалино»

Основой для создания картографической модели современной структуры сельскохозяйственных территорий служит деление геосистем в зависимости от степени преобразованности их хозяйственной деятельностью. На основании количественной преобразованности компонентов геосистем выделяют: лесные массивы, пастбища, пашню, селитебные территории [4,8].

Анализ рисунка 3 позволяет сделать вывод о том, что основными видами угодий в границах полигона проводимых исследований (ОПХ «Качалинское») являются пашня, пастбище. Селитебные и лесные массивы отсутствуют.

Исходя из анализа созданных картографических моделей (крутизны склонов и структуры природопользования) возможными сочетаниями групп природно-антропогенных систем на территории опытного хозяйства могут быть: пашня, расположенная на склонах крутизной до $0,5^\circ$; пашня, расположенная на склонах крутизной $0,6 - 3^\circ$; пастбище, расположенное на склонах крутизной до $0,5^\circ$; пастбище, расположенное на склонах крутизной $0,6 - 3^\circ$.

Синтезированное на основе двух созданных картографических моделей (модели крутизны склонов и современной структуры природопользования полигона исследований «Качалино») изображение приведено на рисунке 4. Данная картографическая модель отражает распределение основных групп природно-антропогенных систем на полигоне проводимых исследований.

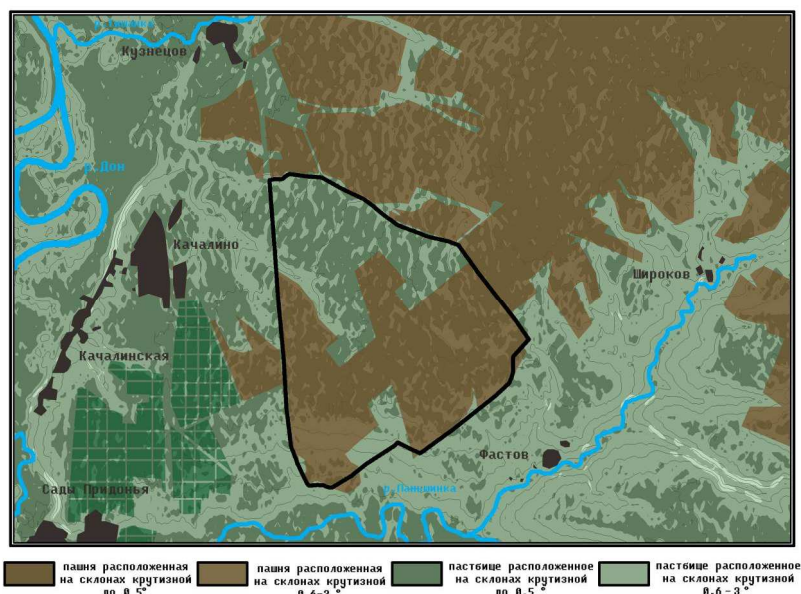


Рисунок 4 – Картографическая модель распространения различных групп природно-антропогенных систем полигона исследований «Качалино»

С помощью инструментов пакетов прикладных программ, позволяющих работать с графическим изображением был произведен подсчет площадей различных категорий природно-антропогенных систем. Полученные данные представлены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 позволят выявить ряд особенностей в структуре природно-антропогенных систем опытного хозяйства:

- высокая доля пастбищных угодий, порядка 38 % обусловлена наличием в структуре земель так называемого «контрольного поля», территории которого могли бы быть распаханы, но которое не вовлечено в сельскохозяйственный оборот по причине изучения природных процессов в естественных геосистемах;
- отсутствием территорий с крутизной склонов более 3° и не значительные площади пашни (20 %), расположенные на приводораздельном фоне земель.

Таблица 1 – Площади природно-антропогенных систем полигона исследований «Качалино»

№	Вид угодий	Площадь, км ²	Площадь, % от площади ОПХ «Качалинское»
1	Пашня	23,3	62,4
2	Пастбище	14,3	37,6
3	Территории с уклонами поверхности до 0,5°	23,8	63,7
4	Территории с уклонами поверхности 0,6 – 3°	13,8	36,3
5	Пашня, расположенная на склонах до 0,5°	15,2	40,4
6	Пашня, расположенная на склонах до 0,6 – 3°	7,8	20,8
7	Пастбище, расположенное на склонах крутизной до 0,5°	8,3	22
8	Пастбище, расположенное на склонах крутизной 0,6 – 3°	6,3	16,8
9	Всего	37,6	100

Проведенные картографические работы стали основой для выбора местоположения ключевых участков для проведения наземных исследований состояния почвенного покрова в ходе мониторинга за экологическим состоянием территории. По материалам картографических работ выявлено, что наиболее распространенным типом природно-антропогенных систем в изучаемом хозяйстве являются территории, занятые пашней, расположенной на склонах с крутизной до 0,5°. Данные угодья занимают более 40 %.

На рисунке 5 приведена схема закладки почвенных шурфов относительно границ опытного хозяйства.

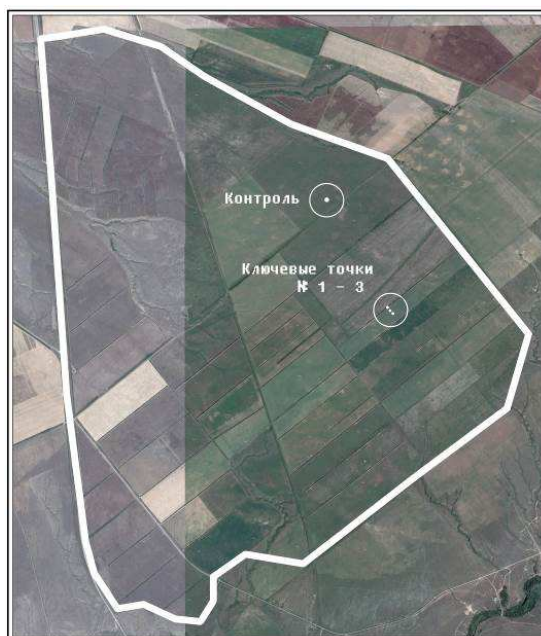


Рисунок 5 – Схема границы полигона проводимых исследований (ОПХ «Качалинское») и расположение почвенных разрезов на нем

Группа почвенных шурфов (контрольные точки 1-3) расположены в системе защитных лесных полос, заложенных на водоразделе. Основные лесные полосы, в данной части опытного хозяйства, созданы исходя из условия перекрытия зон влияния соседних насаждений (через 250 м). Контрольные участки расположены: под пологом защитной лесной полосы, на расстоянии 5 м и 15 м, а также на контрольном поле. Защит-

ная лесная полоса, в которой был заложен почвенный шурф двухрядная из вяза приземистого, а также смородины золотистой. Расстояние между рядами 3 м, а в рядах – 1,5 м. Высота деревьев 8-10 м. Состояние удовлетворительное.

Таблица 2 – Сводная таблица морфологического описания почвенных разрезов (ОПХ «Качалинское»)

№, местоположение, фото 1 (общий вид ключевого участка)	Фото 2 (почвенный разрез)	Морфологическое описание почвенного разреза
1	2	3
№1 (в ЗЛН). N 49°06'27.8"; E 044°10'12.4" 		A₀ 6-8 см – лесная подстилка, опавшие листья деревьев, мелкие ветви различной степени разложения, рыхлый, сухой. A 8-34 см – темно-каштановый, сухой, плотный, структура зернистая, средний суглинок, переход постепенный. B₁ 34-56 см – светло-каштановый, свежий, уплотненный, бесструктурный, легкий суглинок, редкие включения белоглазки, переход постепенный. B₂ 56-78 см – светло-каштановый свежий, уплотненный, бесструктурный, легкий суглинок, большое количество включений белоглазки, переход постепенный. С ниже 78 см – желтовато-светло коричневый, влажный, уплотненный, бесструктурный, легкий суглинок.
№2 (5h). N 49°06'26.7"; E 044°10'13.8" 		A₀ – отсутствует. A 0-30 см – каштановый, влажный, уплотненный, структура зернистая, средний суглинок, переход постепенный. B₁ 30-42 см – светло-каштановый, сырая, плотная, комковатая, средний суглинок, редкие включения белоглазки, переход постепенный. B₂ 42-76 см – светло-каштановый, сырой, плотный, комковатый, тяжелосуглинистый, большое количество включений белоглазки, переход постепенный. С ниже 76 см – желтовато-светло-коричневый, влажный, уплотненный, бесструктурный, тяжелый суглинок.
№3 (15h). N 49°06'25.3"; E 044°10'16.4" 		A₀ – отсутствует. A 0-29 см – каштановый, влажный, плотное, структура мелко зернистая, средний суглинок, переход постепенный. B₁ 29-44 см – светло-каштановый, сырая, уплотненное, комковатая, средний суглинок, редкие включения белоглазки, переход постепенный. B₂ 44-74 см – светло-каштановый, влажный, плотный, бесструктурный, тяжелосуглинистый, большое количество включений белоглазки, переход постепенный. С ниже 76 см – желтовато-светло-коричневый, влажный, уплотненный, бесструктурный, тяжелый суглинок

Окончание таблицы 2

1	2	3
№4 (контроль) N 49°07'22.3"; E 044°09'39.8" 		A₀ 0-2 см – травянистая подстилка, стебли и листья трав различной степени разложения, рыхлый, сухой. A 2-30 см – коричневый, свежий, уплотненный, структура мелко-зернистая, средний суглинок, переход постепенный. B₁ 30-50 см – светло-каштановый, свежий, уплотненный, бесструктурный, легкий суглинок, редкие включения белоглазки, переход постепенный. B₂ 56-78 см – светло-каштановый свежий, уплотненный, бесструктурный, средний суглинок, большое количество включений белоглазки, переход постепенный. С ниже 78 см – желтовато-светло коричневый, влажный, уплотненный, бесструктурный, средний суглинок.

В таблице 2 приведено морфологическое описание почвенных разрезов заложённых на полигоне проводимых исследований.

Анализ материалов таблицы 2 позволил выявить ряд особенностей в почвенном покрове исследуемой территории:

- отличие цвета почвы верхних горизонтов (A+B₁) почв под лесной полосой (более темное);
- большая мощность верхних слоев (A+B₁) в межполосном пространстве, в сравнении с разрезами расположенными под ЛП, а также на контрольном поле;
- большая влажность почвы в межполосном пространстве, в сравнении с разрезом расположенном под ЛП, а также в контрольном поле;
- изменение гранулометрического состава почв (если учитывать направление ландшафтного профиля, проведенного через ключевые точки, то в направлении на северо-запад происходит облегчение гранулометрического состава).

В лабораторных условиях отобранные в почвенных шурфах образцы были обработаны [2, 5] и проанализированы, результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные лабораторных исследований отобранных из разрезов образцов (ОПХ «Качалинское»)

Параметр	Разрез № 1 (в ЗЛН)	Разрез № 2 (5Н)	Разрез № 3 (15Н)	Разрез № 4 (контроль)
Содержание гумуса, %	A – 1,1 B ₁ – 0,8 B ₂ – 0,3	A – 1,3 B ₁ – 0,88 B ₂ – 0,5	A – 1,4 B ₁ – 0,94 B ₂ – 0,7	A – 1,1 B ₁ – 0,8 B ₂ – 0,5
Сухой остаток, %	A – 0,1 B ₁ – 0,06 B ₂ – 0,04	A – 0,095 B ₁ – 0,05 B ₂ – 0,07	A – 0,097 B ₁ – 0,11 B ₂ – 0,08	A – 0,07 B ₁ – 0,08 B ₂ – 0,08
Содержание физической глины, %	A – 35,2 (суглинок средний) B ₁ – 24,5 (суглинок легкий) B ₂ – 20,5 (суглинок легкий)	A – 43,8 (суглинок средний) B ₁ – 51,3 (суглинок тяжелый) B ₂ – 49,1 (суглинок тяжелый)	A – 44,2 (суглинок средний) B ₁ – 55,6 (суглинок тяжелый) B ₂ – 52,3 (суглинок тяжелый)	A – 30 (суглинок легкий) B ₁ – 36,2 (суглинок средний) B ₂ – 40,1 (суглинок средний)

Анализ материалов таблицы 3 позволяет констатировать незначительные отличия исследуемых параметров почвы, расположенной в межполосном пространстве от почвы, образцы которой были отобраны с контрольного поля. Изменения показателей содержания гумуса и содержания водорастворимых солей может быть объяснено связью данных показателей с показателем гранулометрического состава почв.

Заключение. В результате проведенных исследовательских работ, на территории опытного хозяйства Качалино, были разработаны пространственные модели крутизны склонов и современной пространственной структуры природопользования. Созданные карты стали основой для проведения классификации природно-антропогенных систем исследуемой территории. Полученные картографические материалы были применены для обоснования мест закладки ключевых участков при проведении наземных исследований почвенного покрова в ходе мониторинга за экологическим состоянием территорий. Сопоставление данных о содержании гумуса в почве на исследуемых территориях и контрольном участке свидетельствуют об отсутствии деградации почв на площадях, находящихся в зоне влияния защитных лесных насаждений. Также полученные полевые данные указывают на более благоприятные агрофизические условия для произрастания сельскохозяйственных культур, формирующиеся в межполосном пространстве защитных лесных насаждений.

Библиографический список:

1. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов [Текст] / И.С. Кочетов, А.Т. Барабанов, Е.А. Гаршинев и др. – Волгоград, 1999. – 84 с.
2. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та.-1961.-491 с.
3. Google [электронный ресурс] www.google.ru
4. Глушко, Е.В. Геоэкологическая оценка антропогенного воздействия на современные ландшафты по космическим снимкам [Текст] / Е.В. Глушко, Ю.Г. Ермаков // Природа и ресурсы. – 1988. – № 2-4.
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. Методические указания по дистанционному эколого-экономическому мониторингу аридных пастбищ на основе ГИС-технологий [Текст] / К.Н. Кулик [и др.]. – М.: РАСХН, 2009. – 37 с.
7. Методические указания по ландшафтно-экологическому профилированию при агrolесомелиоративном картографировании [Текст] / К.Н. Кулик [и др.]. – М.: РАСХН, 2007. – 41 с.
8. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов [Текст]: метод. пособие. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.
9. Применение информационных технологий в агrolесомелиоративном картографировании [Текст]: метод. пособие / К.Н. Кулик [и др.]. - М.: РАСХН, 2003. – 48 с.

Reference

1. Agrolesomeliativnoe adaptivno-landshaftnoe obustrojstvo vodosborov [Tekst] / I. S. Kochetov, A. T. Barabanov, E. A. Garshinev i dr. - Volgograd, 1999. - 84 s.
2. Arinushkina, E. V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv [Tekst] / E. V. Arinushkina. - M.: Izd-vo Mosk. un-ta. -- 1961. -- 491 s.
3. Google [Jelektronnyj resurs] www.google.ru
4. Glushko, E. V. Geojekologicheskaya ocenka antropogennogo vozdejstviya na sovremennye landshafty po kosmicheskim snimkam [Tekst] / E. V. Glushko, Yu. G. Ermakov // Priroda i resursy. - 1988. - № 2-4.
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. Metodicheskie ukazaniya po distancionnomu jekologo-jekonomicheskomu monitoringu aridnyh pastbisch na osnove GIS-tehnologij [Tekst] / K. N. Kulik [i dr.]. - M.: RASXN, 2009. - 37 s.

7. Metodicheskie ukazaniya po landshaftno-jekologicheskomu profilirovaniyu pri agrolesomeliorativnom kartografirovanii [Tekst] / K. N. Kulik [i dr.]. - M.: RASXN, 2007. - 41 s.

8. Metodika sistemnyh issledovanij lesoagrarnyh landshaftov [Tekst]: metod. posobie. - M.: VASXNIL, 1985. - 112 s.

9. Primenenie informacionnyh tehnologij v agrolesomeliorativnom kartografirovanii [Tekst]: metod. posobie / K. N. Kulik [i dr.]. - M.: RASXN, 2003. - 48 s.

E-mail: vnialmi_nir@vlpost.ru

УДК 633.282: 631.52

КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ QUALITY OF THE GREEN MASS OF THE SUDAN HERBS

Е.А. Шишова, аспирант

E.A. Shishova

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Аграрный центр «Донской», г. Зерноград*

The Agrarian Center «Donskoy», Zernograd

Суданская трава – это кормовая культура, используемая для получения как грубых (сено, сенаж), так и сочных кормов (зеленая масса). Урожайность зеленой массы существующих сортов суданской травы селекции ВНИИЗК составляет 35-45 т/га. Основная роль в повышении качества зеленой массы принадлежит селекции. В связи с этим, целью данной работы является характеристика биохимических показателей зеленой массы, выделение источников ценных признаков и оценка питательности образцов коллекции суданской травы. Работа выполнена в ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калиненко в 2015-2016 гг. В качестве объекта исследований использовано 115 сортов и линий, созданных в ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г.Калиненко, ВНИИРе им. Н.И.Вавилова и других научных учреждениях. Урожайность зеленой массы образцов коллекции варьировала от 8 до 51 т/га за 2 укоса, при среднем значении по коллекции 24 т/га. Урожайность в пределах стандартного отклонения от сорта Александрина (27-40 т/га) имели 34 образца или 29,6 %. Выделены образцы коллекции, значительно превысившие сорт Александрина (на 7-17 т/га) – 8 шт., или 7 % (Болдинский, К-176, Росинка, К-205, К-272 и др.). Качество зеленой массы определяет биохимический состав. Варьирование образцов коллекции по урожайности абсолютно-сухого вещества наблюдалось от 1,7 до 12,3 т/га. Сбор кормовых единиц колебался в пределах 1,5-12,3 т/га. По урожайности абсолютно-сухого вещества и кормовых единиц выделились образцы Бородинский (12,3 и 12,0 т/га), К-205 (11,0 и 10,6 т/га), К-176 (10,5 и 9,8 т/га), К-272 (10,1 и 9,4 т/га), Росинка (9,6 и 9,3 т/га), К-201 (9,6 и 9,3 т/га).

Sudan grass is a forage crop used to produce both coarse (hay, haylage) and juicy feed (green mass). Yield of green mass of existing varieties of Sudanese grass selection VNIIZK is 35-45 t / ha. The main role in improving the quality of green mass belongs to selection. In connection with this, the purpose of this work is to characterize the biochemical indicators of green mass, to identify the sources of valuable traits, and to assess the nutritionality of samples of the collection of Sudanese grass. The work was carried out in VNIIZK named after I.G. Kalinenko, in 2015-2016 years. As the object of research, 115 varieties and lines were used, created in VNIIZK named after I.G. Kalinenko, VNIIR named after N.I. Vavilov and other scientific institutions. The yield of green mass samples of the collection varied from 8 to 51 t / ha for 2 cuttings, with an average value for the collection of 24 t / ha. Yield per standard deviation from the Alexandrin variety (27-40 t / ha) had 34 samples or 29.6 %. Samples of the collection are distinguished, significantly exceeding the Alexandrin variety (by 7-17 tons / ha) - 8 pcs. Or 7 % (Boldinskiy, K-176, Rosinka, K-205, K-272, etc.). The quality of the green mass determines the biochemical composition. Varying of the collection samples for the yield of absolutely dry matter was observed from 1.7 to 12.3 t / ha. The harvest of fodder units ranged from 1.5 to 12.3 t / ha. Borodinsky samples (12.3 and 12.0 t / ha), K-205 (11.0 and 10.6 t / ha), K-176 (10.5 and 9 tons / ha) were isolated from the yield of absolutely dry matter and feed units. , 8 t / ha), K-272 (10.1 and 9.4 t / ha), Rosinka (9.6 and 9.3 t / ha), K-201 (9.6 and 9.3 T / ha).

Ключевые слова: суданская трава, сорт, урожайность, селекция, качество, биохимическая оценка.

Key words: Sudan grass, variety, yield, selection, quality, biochemical evaluation.

Введение. Суданская трава – это кормовая культура, используемая для получения как грубых (сено, сенаж), так и сочных кормов (зеленая масса). Особенность кормов из суданской травы – высокое содержание клетчатки. В 100 кг зеленой массы содержится 14-16 к.е., 28-32 г переваримого протеина, переваримость корма – 69-71 %; сена – 50-57 к.е., 68-74 г переваримого протеина, переваримость – 62 %; сенажа – 35-41 к.е., 40-50 г и 61 % соответственно [3, 10, 15]. Известно, что реализация продуктивного потенциала культуры зависит, главным образом, от сортовых особенностей [14]. Урожайность зеленой массы существующих сортов суданской травы селекции ВНИИЗК составляет 35-45 т/га [5, 6]. Отмечая эти успехи, следует отметить, что сорта еще недостаточно совершенны. Так, количество овсяных кормовых единиц в исследованиях Н.А. Ковтуновой составляло 94-96 при кормлении зеленой массой овец и КРС, до 140-142 при кормлении свиней [7, 13]. Основная роль в повышении качества зеленой массы принадлежит селекции. Известно, что наследование содержания сухого вещества у суданской травы носит промежуточный характер [8]. Поэтому улучшение качественных показателей зеленой массы возможно путем гибридизации, при использовании в качестве родительских форм образцов с высокими значениями признаков.

В связи с этим, целью данной работы является характеристика биохимических показателей зеленой массы, выделение источников ценных признаков и оценка питательности образцов коллекции суданской травы.

Материалы и методы. Работа выполнена в ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калининко, расположенного в зоне неустойчивого увлажнения Ростовской области (2015-2016 гг.). Почва – обыкновенный карбонатный чернозем, с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6 % [1]. ГТК в годы исследований составил 0,61-0,87 [11], что говорит о средней засухе и ее отсутствии.

В качестве объекта исследований использовано 115 сортов и линий, созданных в ФГБНУ ВНИИЗК им. И.Г. Калининко, ВНИИРе им. Н.И. Вавилова и других научных учреждениях. Опыты проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [11]. Норма высева – 340 тысяч штук всхожих семян на 1 га. Образцы высевались однорядковыми деланками, площадью 7 м², через каждые 10 номеров размещали стандарт Александрина. Обработка почвы, уход за посевами проводили в соответствии с технологией возделывания суданской травы на семена [2]. Уборку (2 укоса) проводили в фазу начала выметывания у 10-15 % растений на деланке, методом сплошного учета. Перед уборкой отбирались пробы листостебельной массы на биохимический анализ. Содержание основных питательных веществ определяли в лаборатории биохимической оценки растений по общепринятым методикам: сырой протеин – методом Кьельдаля; сырой жир – по количеству обезжиренного остатка методом С.Р. Рушковского; сырую клетчатку – по Генненбергу и Штомману [4]. Расчет кормовых единиц проводился по Методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [12].

Результаты и обсуждение. Для оценки питательности зеленой массы суданской травы необходима информация об урожайности изучаемых образцов. Она варьировала от 8 до 51 т/га за 2 укоса, при среднем значении по коллекции 24 т/га. Урожайность на уровне ошибки опыта от стандарта (27-40 т/га) имели 34 образца или 29,6 %. В таблице 1 приведены образцы коллекции, значительно превысившие сорт Александрина (на 7-17 т/га) – 8 шт., или 7 %. Их урожайность составила 41-51 т/га, они относятся к средне-спелой группе созревания (48-57 дней) с площадью листа 89-177 см². По содержанию

сухого вещества стандарт существенно превысили только образцы Болдинский, К-201 и К-205; по содержанию сырого протеина ни один из них не превысили сорт Александрина, на уровне стандарта были Росинка, К-272 и Славянская; по содержанию клетчатки – все имели более высокие значения.

Таблица 1 – Образцы суданской травы с высокой урожайностью зеленой массы, 2015-2016 гг.

Сорт, образец	Урожайность зеленой массы, т/га	Период «всходы-выметывание», дн	Площадь листа, см ²	Содержание, %					
				АСВ	протеин	зола	жир	клетчатка	БЭВ
Александрина, ст.	34	58	130	20,0	10,8	7,6	2,1	34,1	45,4
Болдинский	51	56	177	24,2	11,6	5,7	3,0	36,8	42,9
К-176	49	57	113	21,3	8,1	7,3	1,7	39,4	43,4
Росинка	47	56	146	20,7	7,6	7,9	2,1	39,8	42,6
К-272	46	48	175	22,2	10,7	7,4	1,9	38,8	41,2
К-205	45	57	89	24,4	7,6	5,3	2,3	37,8	47,0
Славянская	41	48	132	17,6	9,2	6,5	1,5	37,9	44,9
К-228	41	49	114	20,5	7,4	5,6	2,6	37,5	46,8
К-201	41	48	100	23,5	7,0	5,9	2,4	37,8	47,0
σ	7,1	7	35	2,4	2,1	1,5	0,5	1,8	2,2

Качество зеленой массы определяет биохимический состав. Содержание сухого вещества в зеленой массе образцов коллекции варьировало от 16,1 до 25,5 %, при среднем значении по коллекции 19,6 %. Всего 17 образцов значительно превысили стандарт (20,0%) по данному показателю и имели значения 22,4-25,5% (рис. 1). Среди них следует выделить К-208 (25,5 %), К-187 (25,2 %), Спартанка (25,0 %), К-250 (24,4 %), К-222 (24,4 %), К-348 (24,4 %), К-205 (24,4 %) с наибольшими значениями.

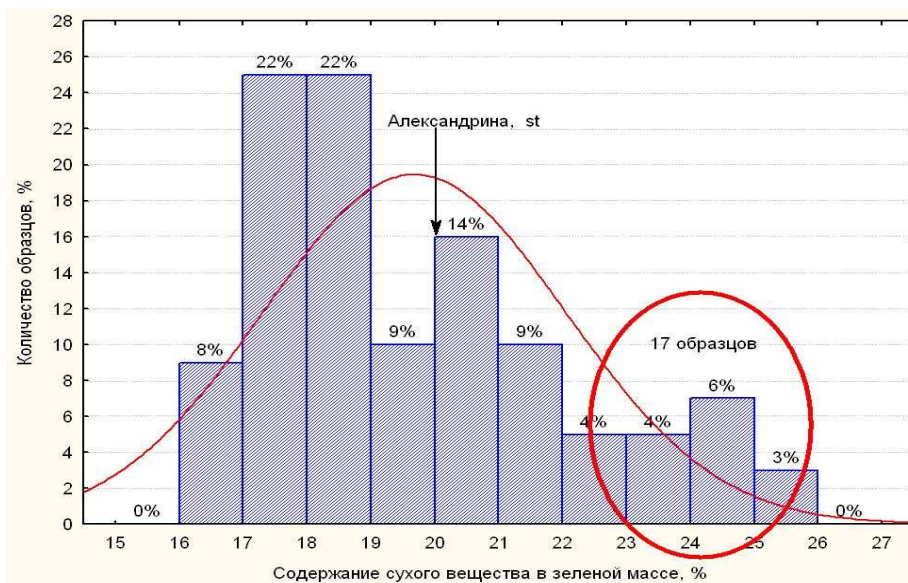


Рисунок 1 – Распределение образцов коллекции по содержанию в зеленой массе абсолютно-сухого вещества, 2015-2016 гг.

Корма считаются более питательны, когда в нем высокое содержание сухого вещества, а в сухом веществе – более ценны протеин, жир и БЭВ [7].

По содержанию сырого протеина в сухом веществе зеленой массы суданской травы наблюдалось варьирование в пределах 5,8-14,8 %, при среднем значении по коллекции 10,0 %, стандарта – 10,8 % (рисунок 2). Наибольшие значения данного показателя отмечены у образцов Суданская трава 261 (14,8 %), К-349 (14,5 %), К-465 (14,5 %), Тополек 257/1 (14,0 %), К-491 (13,9 %).

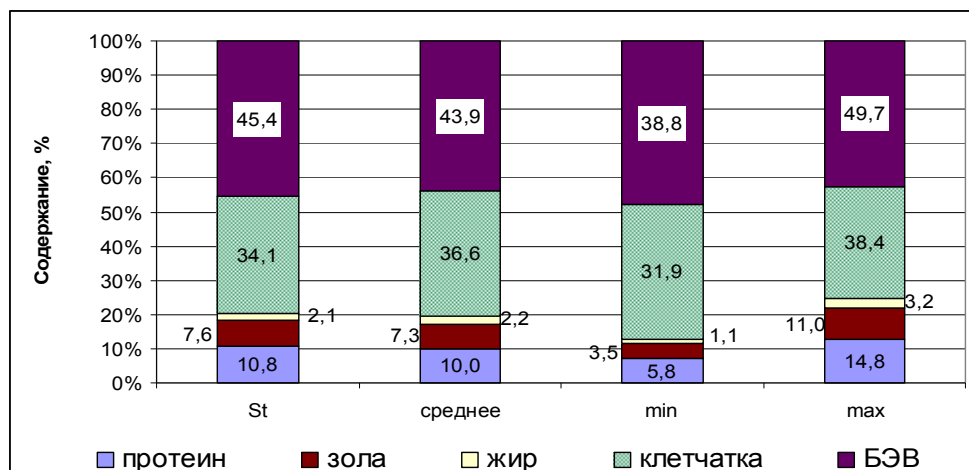


Рисунок 2 – Биохимический состав сухого вещества зеленой массы образцов суданской травы, 2015-2016 гг.

Зола является показателем богатства корма элементами минерального питания. Содержание золы в сухом веществе варьировало от 3,5 до 11,0 %, у стандарта 7,6 %. Только 5 образцов коллекции значительно превысили стандарт и имели значения более 10 %: Саратовская остролистная (11,0 %), Зональная 1998 (10,3 %), ВИР (10,2 %), К-141 (10,0 %), К-88 (10,0 %).

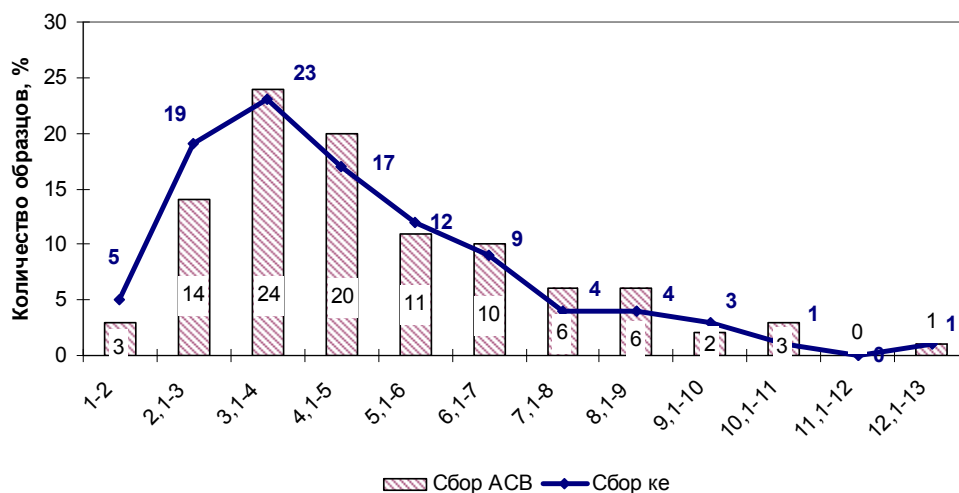


Рисунок 3 – Распределение образцов коллекции по сбору абсолютно-сухого вещества и кормовых единиц, 2015-2016 гг.

Жир – источник энергии, образования жирных кислот, носитель жирорастворимых витаминов. Содержание жира в сухом веществе у образцов коллекции колебалось от 1,1 до 3,2 %, среднее значение по коллекции – 2,2 %. По данному показателю выделилось 19 образцов со значениями более 2,6 % ($2,1 + \sigma$). Максимальные значения отмечены у образцов К-298 (3,2 %), Изумрудная остролистная (3,1 %), К-204 (3,1 %), Болдинский (3,0 %).

К безазотистым веществам (БЭВ) относятся углеводы (крахмал и сахара), которые используются для получения энергии, образования жировой ткани. Варьирование данного показателя в коллекции суданской травы наблюдалось в пределах 38,8-49,7 %, среднее значение по коллекции 43,9 %. Только 5 образцов превысили стандарт на 2,2 % (σ): К-223 (49,7 %), К-208 (48,4 %), Спартанка 20 (48,4 %), Новосибирская 84/1 (47,8 %), Остролистная 210/1 (47,8 %).

Питательность корма – это свойство удовлетворять потребности животного в питательных веществах, необходимых для всех процессов жизнедеятельности [13]. Для определения питательности корма используют кормовые единицы. На рисунке 3 показано распределение образцов коллекции суданской травы по урожайности абсолютно-сухого вещества и сбору кормовых единиц.

Варьирование образцов коллекции по урожайности абсолютно-сухого вещества наблюдалось от 1,7 до 12,3 т/га, при среднем значении по коллекции 8,3 т/га. Сбор кормовых единиц с полученного урожая зеленой массы колебался в пределах 1,5-12,3 т/га, среднее по коллекции – 7,9 т/га. По данным показателям выделились образцы Бородинский (12,3 и 12,0 т/га), К-205 (11,0 и 10,6 т/га), К-176 (10,5 и 9,8 т/га), К-272 (10,1 и 9,4 т/га), Росинка (9,6 и 9,3 т/га), К-201 (9,6 и 9,3 т/га) (таблица 2).

Таблица 2 – Образцы суданской травы с высокой урожайностью и качеством зеленой массы, 2015-2016 гг.

Образец	Урожайность зеленой массы, т/га	Урожайность АСВ, т/га	Сбор кормовых единиц, т/га	Сбор переваримого протеина, т/га	Продолжительность «всходы-выметывание», дн.
Александрина, st	34	6,8	6,4	0,48	58
Бородинский	51	12,3	12,0	0,94	56
К-205	45	11,0	10,6	0,55	57
К-176	49	10,5	9,8	0,56	57
К-272	46	10,1	9,4	0,72	48
Росинка	47	9,6	9,3	0,48	56
К-201	41	9,6	9,3	0,44	48
Среднее по коллекции	40	8,3	7,9	0,52	7
σ	7,7	2,2	2,1	0,10	7

Заключение. Урожайность зеленой массы образцов суданской травы варьировала от 8 до 51 т/га за 2 укоса. Выделены образцы, значительно превысившие сорт Александрина (на 7-17 т/га), – Бородинский, К-176, Росинка, К-272, К-205, Славянская, К-228, К-201. Содержание сухого вещества в зеленой массе образцов коллекции варьировало от 16,1 до 25,5 %. Наибольшие значения имеют образцы К-208 (25,5 %), К-187 (25,2 %), Спартанка (25,0 %), К-250 (24,4 %), К-222 (24,4 %), К-348 (24,4 %), К-205 (24,4 %). Варьирование образцов коллекции по урожайности абсолютно-сухого вещества наблюдалось от 1,7 до 12,3 т/га, по сбору кормовых единиц – 1,5-12,3 т/га. По данным показателям выделились образцы Бородинский (12,3 и 12,0 т/га), К-205 (11,0 и 10,6 т/га), К-176 (10,5 и 9,8 т/га), К-272 (10,1 и 9,4 т/га), Росинка (9,6 и 9,3 т/га), К-201 (9,6 и 9,3 т/га).

Библиографический список

1. Алабушев, А.В. Южно-Российские технологии ячменя [Текст]/ А.В. Алабушев, Н.Н. Коломийцев и др. – Ростов н/Д: ООО Терра Принт, 2008. – 272 с.
2. Горпиниченко С.И. Технология возделывания суданской травы на семена [Текст]/ С.И. Горпиниченко, Н.А. Беседа, Г.М. Ермолина. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2010. – 20 с.
3. Ермолина, Г.М. Новые сорта суданской травы и сорго-суданковые гибриды [Текст]/ Г.М. Ермолина, П.И. Ляшов // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 6. – С. 22-24.

4. . Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений [Текст]/ А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош / Под ред. А.И.Ермакова. – 3-е изд., перер. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд., 1987. – 430 с.
5. Исходный материал суданской травы для решения основных задач селекции [Текст]/ Г.М. Ермолина, Н.А. Ковтунова, Е.А. Шишова, А.Е. Романюкин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – №5 (54). – С. 14-20.
6. Ковтунова, Н.А. Сорта травянистого сорго для Ростовской области [Текст]/ Н.А. Ковтунова, Г.М. Ермолина, Е.А. Шишова //Кормопроизводство. – 2012. – №10. – С. 27-28.
7. Ковтунова, Н.А. Использование сорго и основные направления селекционной работы во ВНИИЗК им. И.Г.Калиненко [Текст]/ Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – №3 (7). – С. 60-70.
8. Ковтунова, Н.А. Использование закономерностей наследования содержания протеина в зеленой массе сорго сахарного для получения высокобелкового корма [Текст]/ Н.А. Ковтунова, Г.М. Ермолина // Зерновое хозяйство России. – 2012. – №4(22). – С. 9-13.
9. Ковтунова, Н.А. Биологические особенности роста и развития суданской травы [Текст]/ Н.А. Ковтунова // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 6. – С. 48-51.
10. Левахин, Г. В. Сравнительная оценка кукурузы и сорго как кормовых культур [Текст]/ Г. В.Левахин // Кормопроизводство. – 2000. – № 3. – С. 12-15.
11. Методические указания по изучению коллекционных образцов кукурузы, сорго и крупяных культур [Текст]. – Л.: ВИР, 1968. – 51 с.
12. Новоселов, Ю.К., Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами [Текст]/ Ю.К. Новоселов, Г.Д. Харьков, Н.С. Шеховцова. – М.: ВИК, 1983. – 198 с.
13. Современная оценка питательности кормов из сорговых культур [Электронный ресурс]/ Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов, С.И. Горпиниченко, Н.И. Сарычева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №09(123). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/52.pdf>
14. Шукис, Е.Р. Особенности селекции суданской травы в Алтайском крае [Текст]/ Е.Р. Шукис // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2006. – №7. – С. 29-37.
15. Эффективность возделывания суданской травы на зеленую массу в зависимости от норм высева [Текст]/ Т.А.Анохина, В.И.Ульянчик, Л.И.Гвоздова, Ф.Н.Зарецкий // Земледелие и селекция в Беларуси: Сб. научных трудов РУП «НПЦ НАНБ по земледелию». – Вып.46. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2010. – С. 144-150.

Reference

1. Alabushev, A. V. Yuzhno-Rossijskie tehnologii yachmenya [Tekst]/ A. V. Alabushev, N. N. Kolomijcev i dr . - Rostov n/D: OOO Terra Print, 2008. - 272 s.
2. Gorpnichenko S. I. Tehnologiya vozdel'yvaniya sudanskoj travy na semena [Tekst]/ S. I. Gorpnichenko, N. A. Beseda, G. M. Ermolina. - Rostov-na-Donu: ZAO "Kniga", 2010. - 20 s.
3. Ermolina, G. M. Novye sorta sudanskoj travy i sorgo-sudankovye gibridy [Tekst]/ G. M. Ermolina, P. I. Lyashov // Kukuruza i sorgo. - 2003. - № 6. - S. 22-24.
4. . Ermakov, A. I. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij [Tekst]/ A. I. Ermakov, V. V. Arasimovich, N. P. Yarosh / Pod red. A. I. Ermakova. - 3-e izd., perer. i dop. - L.: Agropromizdat. Leningr. otd., 1987. - 430 s.
5. Isxodnyj material sudanskoj travy dlya resheniya osnovnyh zadach selekcii [Tekst]/ G. M. Ermolina, N. A. Kovtunova, E. A. Shishova, A. E. Romanyukin // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. - 2016. - №5 (54). - S. 14-20.
6. Kovtunova, N. A. Sorta travyanistogo sorgo dlya Rostovskoj oblasti [Tekst]/ N. A. Kovtunova, G. M. Ermolina, E. A. Shishova //Kormoproizvodstvo. - 2012. - №10. - S. 27-28.
7. Kovtunova, N. A. Ispol'zovanie sorgo i osnovnye napravleniya selekcionnoj raboty vo VNIIZK im. I. G. Kalinenko [Tekst]/ N. A. Kovtunova, V. V. Kovtunov // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. - 2016. - №3 (7). - S. 60-70.
8. Kovtunova, N. A. Ispol'zovanie zakonornostej nasledovaniya soderzhaniya proteina v zelenoj masse sorgo saharnogo dlya polucheniya vysokobelkovogo korma [Tekst]/ N. A. Kovtunova, G. M. Ermolina // Zernovoe hozyajstvo Rossii. - 2012. - №4(22). - S. 9-13.

9. Kovtunova, N. A. Biologicheskie osobennosti rosta i razvitiya sudanskoj travy [Tekst]/ N. A. Kovtunova // Dostizheniya nauki i tehniki APK. - 2016. - T. 30. - № 6. - S. 48-51.
10. Levahin, G. V. Sravnitel'naya ocenka kukuruzy i sorgo kak kormovyh kul'tur [Tekst]/ G. V. Levahin // Kormoproizvodstvo. - 2000. - № 3. - S. 12-15.
11. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kollekcionnyh obrazcov kukuruzy, sorgo i krupyanyh kul'tur [Tekst]. - L.: VIR, 1968. - 51 s.
12. Novoselov, Yu. K., Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevyh opytov s kormovymi kul'turami [Tekst]/ Yu. K. Novoselov, G. D. Har'kov, N. S. Shehovcova. - M.: VIK, 1983. - 198 s.
13. Sovremennaya ocenka pitatel'nosti kormov iz sorgovyh kul'tur [Elektronnyj resurs]/ N. A. Kovtunova, V. V. Kovtunov, S. I. Gorpinichenko, N. I. Sarycheva // Politematicheskij setevoy [elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). - Krasnodar: KubGAU, 2016. - №09(123). - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/52.pdf>
14. Shukis, E. R. Osobennosti selekcii sudanskoj travy v Altajskom krae [Tekst]/ E. R. Shukis // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. - 2006. - №7. - S. 29-37.
15. Jefferktivnost' vozdel'yvaniya sudanskoj travy na zelenuyu massu v zavisimosti ot norm vyseva [Tekst]/ T. A. Anohina, V. I. Ul'yanchik, L. I. Gvozdeva, F. N. Zareckij // Zemledelie i selekcija v Belarusi: Sb. nauchnyh trudov RUP "NPC NANB po zemledeliyu". - Vyp.46. - Mn.: IVC Minfina, 2010. - S. 144-150.

E-mail: l-shishowa@yandex.ru

УДК 634.11

ТЕХНОЛОГИЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО И КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА С РАЗНЫМИ ОБЪЕМАМИ ЛОКАЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПЛОДОВОГО ЯБЛОНЕВОГО САДА

TECHNOLOGY SUBSURFACE AND DRIP IRRIGATION WITH DIFFERENT VOLUMES OF LOCAL MOISTURIZING FRUIT APPLE ORCHARD

В.И. Кременской, научный сотрудник

Н.М. Иванютин², младший научный сотрудник

V.I. Kremenskoy, N.M. Ivanutin

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

Research Institute for Agriculture of Crimea

В статье представлена многолетняя динамика оросительных норм яблоневого сада по вариантам орошения и гидротермического коэффициента (ГТК), который характеризует засушливость года. Наибольшее значение поливных норм было при поливе по бороздам, наименьшие значения – при внутрипочвенном поливе с одним увлажнителем и капельном орошении. Минимальное значение ГТК – 0,28 наблюдалось в 1984 г. (очень сухой год), 1997 год достаточно увлажненный – ГТК – 1,24. Максимальные оросительные нормы наблюдались при 95 % обеспеченности в 1986 г. ГТК – 0,42 (сухой год). В год 75 % обеспеченности 1990 г. ГТК – 0,69 (засушливый год) при внутрипочвенном орошении с одним увлажнителем оросительная норма составила – 1594 м³/га. При устройстве 2 и 3 керамических увлажнителей проведено 6 поливов с оросительными нормами 2467 м³/га и 3188 м³/га. При капельном орошении оросительная норма 1437 м³/га. Минимальная оросительная норма наблюдалась в 1997 г. ГТК – 1,24 (достаточно увлажненный год) год 5 % обеспеченности. Средняя урожайность за период исследований по вариантам составила 25,4...36,9 т/га, что на 35...97 % выше, чем на контроле (полив по бороздам). Максимальный урожай был получен в 1985 г (ГТК – 0,54 сухой год) при внутрипочвенном орошении с двумя керамическими увлажнителями и составлял 66,8 т/га по сорту Голден Делишес.

The article presents the long-term dynamics of irrigation norms apple orchard for irrigation options and hydrothermal coefficient (SCC), which is characterized by dryness of the year. The greatest value of irrigation norms were under furrow irrigation, the lowest value at intra-soil watering with one humidifier and drip irrigation. The minimum value of the SCC - 0.28 observed in 1984 (a very dry year), 1997 moist enough - SCC - 1.24. The maximum irrigation rates were observed in 95% of the supply in 1986 of the SCC - 0.42 (dry year). In the year of 1990 75% of the HTC (Hydra-Termal Coefficient) - 0.69 (a drought year) when intra-soil irrigation with one humidifier irrigation rate was - 1594 m³ / ha. When the device 2 and 3 ceramic humidifiers held 6 irrigation with irrigation norm 2467 m³ / ha and 3188 m³ / ha. With drip irrigation, irrigation rate of 1437 m³ / ha. The minimum irrigation rate was observed in 1997, the SCC - 1.24 (sufficiently moist year) year 5% probability. The average yield for the period of research on the options was 25.4 ... 36.9 t / ha, which is 35 ... 97% higher than in the controls (furrow irrigation). The maximum yield was obtained in 1985 (SCC - 0.54 dry year) when intra-soil irrigation with two ceramic humidifiers and was 66.8 t / ha on the Golden Delicious variety.

Ключевые слова: *внутрипочвенное орошение, капельное орошение, оросительная норма, поливная норма, увлажнитель, объем увлажнения, локальное увлажнение, обеспеченность, урожайность.*

Keywords: *subsurface irrigation, drip irrigation, irrigation rate, irrigation rate, moisturizer, moisturizing volume, local hydration, security, productivity.*

Введение. Природно-ресурсный потенциал Крыма исключительно благоприятен для успешного производства высококачественных теплолюбивых плодовых культур, ареал распространения которых крайне ограничен. В связи с этим, максимальное использование этих природных факторов является одним из приоритетных направлений развития Крымского садоводства. В структуре плодовых насаждений Крыма ведущей культурой остается яблоня, доля которой в перспективе должна составлять 60-65 %.

Орошение – важный фактор в повышении продуктивности современных интенсивных садов в условиях недостаточного естественного увлажнения. Внутрипочвенное и капельное орошение – локальные способы полива плодовых культур, создающие увлажнение в зоне площади питания дерева.

Увлажнение оптимальной корневой зоны дает возможность проводить поливы меньшей поливной нормой, при этом обеспечивая нормальные условия для развития растений, получая высокие устойчивые урожаи. При капельном способе полива зона эффективного увлажнения почвы зависит от количества капельниц и составляет от 7 до 35 % площади питания плодового дерева. Существуют различные мнения по установке количества капельниц у ствола дерева [4, 6, 8]. Опыт капельного орошения в зарубежных странах показал, что максимальная продуктивность сада наблюдалась на системах, где площадь увлажнения почвы не ниже 30 % площади питания дерева.

Исследованиями, проведенными в Крыму Г.Н. Аврамовым, С.В. Ярошенко и Г.И. Томашеком [1], установлено, что максимальная продуктивность интенсивных садов наблюдается в возрасте 8-10 лет, когда площадь увлажнения почвы при капельном орошении составляет 20...30 % от площади питания дерева. При площади увлажнения ниже указанных пределов урожайность деревьев снижается.

Дж.Келлер и Д. Кармелли [6] рекомендуют при проектировании систем капельного орошения производить увлажнение почвы для растений с малой густотой стояния не менее 33 % площади питания. Для растений с большей густотой стояния необходимо увлажнять больший объем почвы с тем, чтобы обеспечить поступление достаточного количества воды к каждому растению.

Исследованиями В. И. Водяницкого и др. [2, 3] на юге Украины (г. Мелитополь), В.И. Кременского [7, 8], В.Н. Сторчоуса [9] в плодовом саду установлено, что при возрастании увлажнения площади капельным способом несколько увеличивается и продуктивность насаждений.

При внутрипочвенном увлажнении укладывается в почву один или два увлажнителя на ряд деревьев в зависимости от ширины междурядья [5, 10].

Для определения эффективности перспективных способов полива, внутрипочвенного и капельного, для выявления оптимального объема увлажнения корневой зоны и обеспечения нормальных условий для развития насаждений яблони и получения высоких и устойчивых урожаев производился этот опыт.

Материалы и методы. Исследования проводили в опытном экспериментальном хозяйстве «Крым» ГБУ РК «НИИСХ Крыма» с. Желябовка Нижнегорского района Республики Крым (ранее опытно-мелиоративная станция Крымского филиала ИГиМ) на площади 14 га.

Участок орошения состоит из 2-х кварталов площадью по 7 га. На первом квартале проводили полив по бороздам. На втором квартале в 1978 году на площади 7 га до посадки сада была построена система внутрипочвенного и капельного орошения. Осенью того же года были высажены деревья сортов: Голден Делишес, Ренет Симиренко, Старк и Банан зимний. Схема 4 x 2,5 м, подвой М IX. Изучались способы локального полива: внутрипочвенный и капельный с разными объемами увлажнения почвогрунта.

Поливы назначались по влажности почвы, при снижении ее в корнеобитаемом объеме до уровня 75 % НВ. Контроль за влажностью почвы осуществлялся с помощью тонзиометров и термостатно-весовым методом. Поливную норму определяли исходя из дефицита влаги в корнеобитаемом объеме почвы с учетом локального ее увлажнения.

Первый вариант. Внутрипочвенное орошение с одним керамическим увлажнителем – справа от ряда деревьев на расстоянии 0,75 м. Второй вариант. Внутрипочвенное орошение с двумя керамическими увлажнителями – справа и слева на расстоянии 0,75 м от ряда деревьев. Третий вариант. Внутрипочвенное орошение с тремя керамическими увлажнителями – справа, слева и посередине междурядья. Четвертый вариант. Внутрипочвенное орошение с одним увлажнителем из полиэтиленовой перфорированной трубки 20 мм с шагом 0,35 м – справа от ряда деревьев. Пятый вариант. Капельное орошение с установкой одной капельницы возле штамба дерева с расходом 10...12 л/час. Контроль. Первый квартал сада. Полив по бороздам.

Почвенный покров пальметного яблоневого сада представлен лугово-черноземными карбонатными, тяжелосуглинистыми почвами на желто-буром лессовидном суглинке. Мощность гумусового горизонта составляет 0,7...1,2 м, содержание гумуса – 1,39...2,85 %. Удельная масса почвы в метровом слое – 2670 кг/м³, а плотность сложения – 1350 кг/м³. Общая скважность в верхних горизонтах 47...55 %. Наименьшая влагоёмкость в верхнем полуметровом слое колеблется в пределах 29...31 % веса сухой почвы. Во втором полуметровом слое она несколько снижается до 25...29 %.

Расчетный режим увлажнения пальметного сада установлен на уровне 75 и более процентов наименьшей влагоёмкости.

Целью исследований являлось определение влияния объема увлажнения (почвогрунта) на режим орошения плодоносящего сада (поливные нормы и сроки полива) и на продуктивность.

Результаты исследований. С 1979 по 2000 годы проводились поливы пальметного сада с различной долей объема увлажнения. Установлено что, поливные нормы находятся в прямой зависимости от объема увлажнения.

Вариант 1 – при 30 % доли объема увлажнения поливные нормы составляют 178...228 м³/га. Вариант 2 – при 60 % доли объема увлажнения поливные нормы равны 356...455 м³/га. Вариант 3 – при 80 % доли объема увлажнения поливные нормы составляют 474...606 м³/га. Вариант 4 – при 20 % доли объема увлажнения поливные нормы равны 119...152 м³/га. Вариант 5 – при 25 % доли объема увлажнения поливные нормы составляют 129...164 м³/га. При внутрипочвенном поливе верхний горизонт 0,2 м не увлажняется.

За 22 года эксплуатации систем внутрипочвенного и капельного орошения пальметного яблоневого сада оросительные нормы и количество поливов менялось в зависимости от засушливости года, гидротермического коэффициента (ГТК):

$$\text{ГТК} = \Sigma P / 0,1 \Sigma T_v,$$

где ΣT_v – сумма среднесуточных температур воздуха за период выше 10 °С. , ΣP – сумма осадков за тот же период.

На рисунке 1 представлена многолетняя динамика оросительных норм яблоневого сада по вариантам орошения. Наибольшие оросительные нормы были при поливе по бороздам. Наименьшие значения поливных норм при внутрипочвенном поливе с одним увлажнителем, варианты 1 и 4 и капельное орошение – вариант 5.

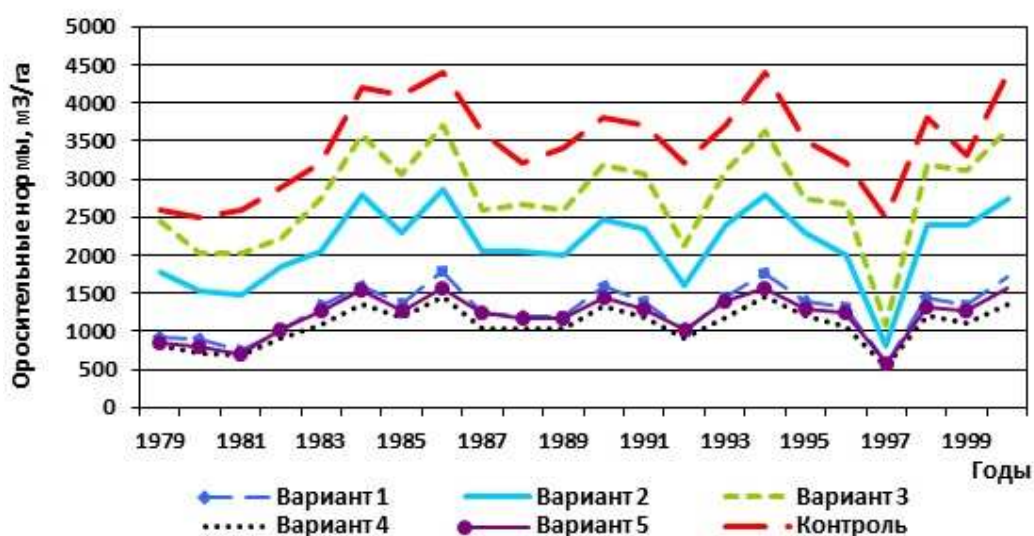


Рисунок 1 – Динамика оросительных норм яблоневого сада по годам исследований по вариантам орошения

На рисунке 2 представлена многолетняя динамика гидротермического коэффициента, которая характеризует засушливость года. Минимальное значение ГТК – 0,28 наблюдалось в 1984 г. (очень сухой год). 1997 г. – достаточно увлажненный, ГТК – 1,24.



Рисунок 2 – Многолетняя динамика ГТК

Для использования полученных данных, для проектирования и эксплуатации систем внутрипочвенного и капельного орошения провели обработку данных и представили в таблице 1 оросительные нормы, количество поливов и средние поливные нормы по вариантам при различной обеспеченности.

Максимальные оросительные нормы наблюдались при 95 % обеспеченности в 1986 г. ГТК – 0,42 (сухой год). На варианте 1 проведено 9 поливов, и оросительная норма составила 1792 м³/га, на вариантах 2 и 3 проведено 7 поливов и оросительные нормы соответственно 2863 м³/га и 3715 м³/га, на вариантах 4 и 5 проводилось 11 поливов, оросительные нормы 1459 м³/га и 1559 м³/га. Минимальный межполивной период на вариантах 4 и 5 составляет 6 дней, на 1 и 2 вариантах – 9 дней. Средний межполивной период по вариантам – 11...17 дней.

Таблица 1 – Технология полива по вариантам опыта
при разной водообеспеченности

Наименование	Вариант					
	1	2	3	4	5	Контроль
95 % обеспеченность						
Оросительные нормы, м ³ /га	1792	2863	3715	1459	1559	4400
Количество поливов, шт.	9	7	7	11	11	3+вз*
Средние поливные нормы, м ³ /га	199	409	531	133	142	1000
Межполивной период, дни						
минимальный	7	9	9	6	6	20
средний	11,9	17,0	17,0	11,0	11,0	29,0
75 % обеспеченность						
Оросительные нормы, м ³ /га	1594	2467	3188	1327	1437	4100
Количество поливов, шт.	8	6	6	10	10	3+вз
Средние поливные нормы, м ³ /га	199	411	531	133	144	800
Межполивной период, дни						
минимальный	8	11	12	7	7	23
средний	14,5	19,0	19,0	12,0	13,0	32,0
50 % обеспеченность						
Оросительные нормы, м ³ /га	1366	2296	3058	1171	1273	3600
Количество поливов, шт.	7	6	6	9	9	2+вз
Средние поливные нормы, м ³ /га	195	396	509	130	141	1000
Межполивной период, дни						
минимальный	9	12	13	7	8	30
средний	15,4	20,0	20,0	13,0	14,0	38
25 % обеспеченность						
Оросительные нормы, м ³ /га	1198	1999	2582	1043	1151	3200
Количество поливов, шт.	6	5	5	8	8	2+в
Средние поливные нормы, м ³ /га	200	400	516	130	144	900
Межполивной период, дни						
минимальный	11	14	15	8	9	35
средний	18,7	25,0	26,0	18,0	17,0	43,0
5 % обеспеченность						
Оросительные нормы, м ³ /га	581	811	1080	535	579	2500
Количество поливов, шт.	3	2	2	4	4	1+вз
Средние поливные нормы, м ³ /га	194	406	540	134	145	1000
Межполивной период, дни						
минимальный	15	22	23	11	11	-
средний	24,3	30,0	33,0	21,0	20,0	-

*вз. – влагозарядковый полив 1500 м³/га

В год 75 % обеспеченности 1990 г., ГТК – 0,69 (засушливый год). На варианте 1 оросительная норма составила 1594 м³/га, проведено 8 поливов. На вариантах 2 и 3 проведено 6 поливов с оросительными нормами соответственно 2467 м³/га и 3188 м³/га. На вариантах 4 и 5 проведено 10 поливов, оросительные нормы 1327 м³/га и 1437 м³/га. Минимальный межполивной период на вариантах 4 и 5 составил 7 дней, на 1 варианте 8 дней, на 2 варианте 11 дней, на 3 варианте 12 дней. Средний межполивной период по вариантам 12...19 дней.

В год 25 % обеспеченности, 1989 г., ГТК – 0,88 (недостаточно увлажненный год). На варианте 1 оросительная норма составила 1198 м³/га и проведено 6 поливов. На вариантах 2 и 3 проведено по 5 поливов оросительными нормами 1999 м³/га и 2582 м³/га. На вариантах 4 и 5 проведено по 8 поливов оросительными нормами 1043 м³/га и 1151 м³/га. Минимальный межполивной период на 4 варианте 8 дней, на 5 варианте – 9 дней, на 1 варианте – 11 дней, на 2 варианте – 14 дней, на 3 варианте – 15 дней. Средний межполивной период по вариантам – 17...26 дней.

Минимальная оросительная норма наблюдалась в 1997 г., ГТК – 1,24 (достаточно увлажненный год). По вариантам было проведено от 2-х до 4-х поливов.

Наибольшее число поливов проводилось на капельном орошении: 189 полив за 22 года эксплуатации, в среднем 8,6 поливов в год за вегетационный период. На варианте 3 внутрпочвенное орошение с тремя керамическими увлажнителями проведено 120 поливов, в среднем за вегетационный период проводилось 5,5 полива. Меньше поливов проводилось в апреле 1...2 полива. За летние месяцы вегетационного периода июнь – август проводилось 74...77 % от всех поливов. В июле – августе проводилось 57...60 %. В эти летние месяцы наблюдался наиболее напряженный поливной период.

Обсуждение. Одним из главных критериев полученных результатов исследований в орошаемом садоводстве является урожайность и эффективное использование поливной воды.

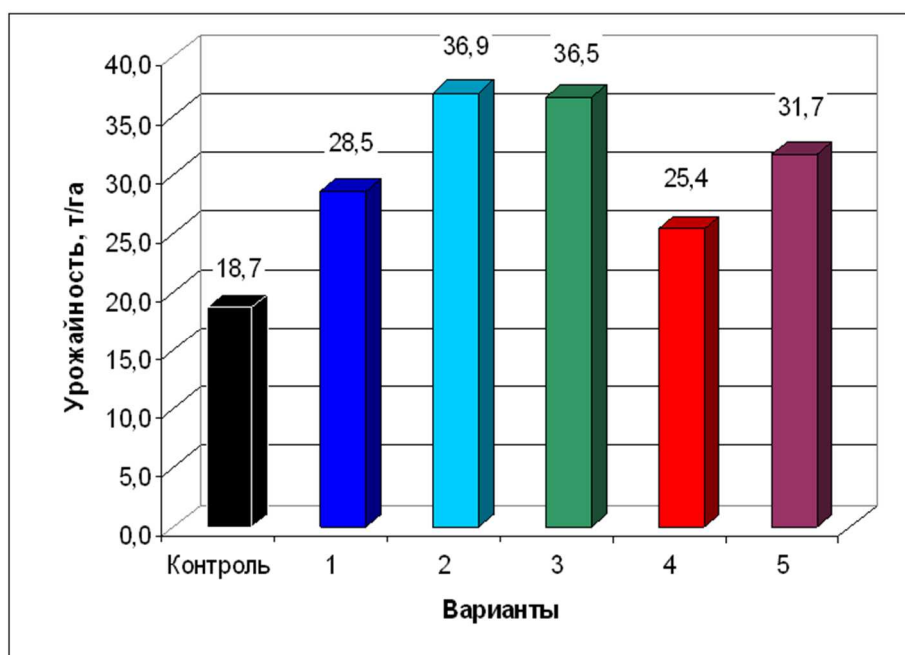


Рисунок 3 – Урожайность яблоневого сада в т/га по вариантам орошения с 1981 по 1993 годы

Пальметный яблоневый сад прошел следующие этапы в развитии: молодой сад 1979-1981 гг., плодоносящий сад – 1982-2000 гг. Самая высокая урожайность плодового яблоневых сада была в 1983, 1985 и 1990 годах и по вариантам составила от 34,3 т/га до 66,8 т/га. Максимальный урожай был получен в 1985 г. (ГТК-0,54) сухой год на варианте 2 внутрипочвенное орошение с двумя керамическими увлажнителями и составлял 66,8 т/га по сорту Голден Делишес.

Средняя урожайность за период исследований по вариантам составила 25,4...36,9 т/га, что на 35...97 % выше, чем на контроле (полив по бороздам). На рисунке 3 представлена средняя урожайность яблоневых сада в т/га по вариантам орошения. Наибольший средний урожай был получен на участке внутрипочвенного орошения с двумя керамическими увлажнителями и составлял 36,9 т/га, на участке капельного орошения 31,7 т/га, а на контроле (полив по бороздам) составил 18,7 т/га.

Проведенные исследования охватывают большой промежуток времени, за который проанализирован режим орошения интенсивного пальметного сада, оросительная норма, урожайность при разных объемах локального увлажнения. Полученные данные актуальны и могут быть использованы для проектирования и эксплуатации систем внутрипочвенного и капельного орошения.

Заключение. На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Корневая система 23 летних деревьев яблони сорта Голден Делишес на подвое М-IX при всех вариантах освоила всю площадь питания 4×2,5 м до глубины 1,0 м.

2. Наибольшая протяженность корневой системы и масса при внутрипочвенном поливе с двумя и тремя увлажнителями.

3. Обрастающие корни корневой системы диаметром до 3,0 мм составляют 87...94 % от всей протяженности корневой системы на всех вариантах, и по массе равно 20...29 %.

4. Активная корневая система при внутрипочвенном орошении расположена в слое почвы 0,2...0,8 м. На капельном поливе – 0,0...0,6 м. Активная корневая система расположена на расстоянии до 1,0 м от штамба дерева на всех способах полива.

5. В гумусовом горизонте 0,0...0,6 м содержится 63...81 % корневой системы яблони по всем вариантам по длине, 82...92 % по массе. Обрастающие корни в этом горизонте составляют 62...80 % по длине и 63...79 % по массе.

6. При капельном поливе наиболее насыщен корнями горизонт 0,0...0,2 м. Он содержит 290 м корней по длине из них 93 % до 3,0 мм. По массе 661 г обрастающих 31 %, при внутрипочвенном орошении этот горизонт менее насыщен корнями, так как этот горизонт не увлажняется.

7. Горизонт 0,2...0,6 м наиболее насыщен корнями на всех вариантах. В зоне увлажнения плотность корней в 1,5...3,2 раза выше, чем в неувлажненной части площади питания дерева.

8. Максимальная плотность корней наблюдается в горизонте почвы, где находится увлажнитель.

9. С увеличением объема увлажнения площади питания дерева возрастает длина и масса обрастающих корней.

10. Плотность обрастающих корней с глубиной заметно уменьшается.

Библиографический список

1. Аврамов, Г.Н. Площадь увлажнения почвы при капельном орошении [Текст]/ Г.Н. Аврамов, С.В. Ярошенко, Г.И. Томашек // Садоводство. – 1981. – №8. – С. 13-14.

2. Водяницкий, В.И., Режим капельного полива и урожайность яблони [Текст]/ В.И. Водяницкий, Расторгуев, Т.П. Позднякова // Садоводство и виноградарство. – 2002. – №2. – С. 8-9.
3. Водяницкий, В.И. Режим капельного орошения яблоневых садов [Текст]/ В.И. Водяницкий // Садоводство и виноградарство. – 2002. – №6. – С. 4-6.
4. Гаджиев, М.К. Оптимальная схема расстановки капельниц при орошении виноградников [Текст]/ М.К. Гаджиев // Доклады ВАСХНИЛ. – 1983. – №8. – С. 46-47.
5. Дубенок, Н.Н. Внутрипочвенное орошение яблоневого сада в условиях Нижнего Поволжья [Текст]/ Н.Н. Дубенок, Е.В. Акутнева // Сб. научных трудов по материалам Международной научной конференции. – Тверь-Рязань, 2014. – Вып. 6. – С. 87-96.
6. Келлер, Джон. Проектирование систем капельного орошения [Текст]/ Джон Келлер, Д. Кармелли/ (перевод). – К., 1976. – 164 с.
7. Кременской, В.И. Рациональные схемы размещения микроводовыпусков на поливных трубопроводах капельного орошения плодовых культур [Текст] / В.И. Кременской // Агромир. – 2010. – 27 июля.
8. Кременской, В.И. Влияние объемов локального увлажнения на режим орошения яблоневого сада на подвое М IX в Крыму [Текст]/ В.И. Кременской, Т.О. Вислобокова // Современные концепции научных исследований: материалы 17 Международной конференции. – Москва, 2015.
9. Сторчоус, В.М. Рациональное и эффективное использование земель при выращивании плодовых культур с микроорошением [Текст]/ В.М. Сторчоус, В.С. Недвига, В.И. Ляшевский // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – Вып. 93-94. – С. 160-164.
10. Чернов, Г.И. Исследование способа локального орошения сада [Текст]/ Г.И. Чернов, В.Х. Арст, Г.А. Петропалов // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1982. – №4. – С. 76-81.

Reference

1. Avramov, G. N. Ploschad' uvlazhneniya pochvy pri kapel'nom oroshenii [Tekst]/ G. N. Avramov, S. V. Yaroshenko, G. I. Tomashek // Sadovodstvo. - 1981. - №8. - S. 13-14.
2. Vodyanickij, V. I., Rezhim kapel'nogo poliva i urozhajnost' yablони [Tekst]/ V. I. Vodyanickij, Rastorguev, T. P. Pozdnyakova // Sadovodstvo i vinogradarstvo. - 2002. - №2. - S. 8-9.
3. Vodyanickij, V. I. Rezhim kapel'nogo orosheniya yablonevyh sadov [Tekst]/ V. I. Vodyanickij // Sadovodstvo i vinogradarstvo. - 2002. - №6. - S. 4-6.
4. Gadzhiev, M. K. Optimal'naya sxema rasstanovki kapel'nic pri oroshenii vinogradnikov [Tekst]/ M. K. Gadzhiev // Doklady VASXNIL. - 1983. - №8. - S. 46-47.
5. Dubenok, N. N. Vnutripochvennoe oroshenie yablonevogo sada v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya [Tekst]/ N. N. Dubenok, E. V. Akutneva // Sb. nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. - Tver'-Ryazan', 2014. - Vyp. 6. - S. 87-96.
6. Keller, Dzhon. Proektirovanie sistem kapel'nogo orosheniya [Tekst]/ Dzhon Keller, D. Karmelli/ (perevod). - K., 1976. - 164 s.
7. Kremenskoj, V. I. Racional'nye sxemy razmescheniya mикrovodovypuskov na polivnyh truboprovodah kapel'nogo orosheniya plodovyh kul'tur [Tekst] / V. I. Kremenskoj // Agromir. - 2010. - 27 iyulya.
8. Kremenskoj, V. I. Vliyanie ob'emov lokal'nogo uvlazhneniya na rezhim orosheniya yablonevogo sada na podvoe M IX v Krymu [Tekst]/ V. I. Kremenskoj, T. O. Vislobokova // Sovremennye koncepcii nauchnyh issledovanij: materialy 17 Mezhdunarodnoj konferencii. - Moskva, 2015.
9. Storchous, V. M. Racional'noe i jeffektivnoe ispol'zovanie zemel' pri vyraschivanii plodovyh kul'tur s mikroorosheniem [Tekst]/ V. M. Storchous, V. S. Nedviga, V. I. Lyashevskij // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. - 2006. - Vyp. 93-94. - S. 160-164.
10. Chernov, G. I. Issledovanie sposoba lokal'nogo orosheniya sada [Tekst]/ G. I. Chernov, V. H. Arst, G. A. Petropalov // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki Kazahstana. - 1982. - №4. - S. 76-81.

E-mail: kvil9497@rambler.ru

УДК 636.32/38.033

**МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ МЯСА
БАРАНЧИКОВ ГРОЗНЕНСКОЙ ПОРОДЫ И ЕЕ ПОМЕСЕЙ С КАЛМЫЦКОЙ****MEAT PRODUCTION AND NUTRITIONAL VALUE OF MEAT
OF RAMS OF GROZNENSKY BREED AND ITS HYBRIDS WITH KALMYK****А.С. Филатов¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А.Г. Мельников¹**, аспирант**Н.Г. Чамурлиев²**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**К.В. Эзергайл²**, доктор биологических наук, профессор**A.S. Filatov¹, A.G. Melnikov¹, N.G. Chamurliiev², K.V. Ezergail²**¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград²Волгоградский государственный аграрный университет¹ *Povolzhsky Research Institute of production and processing of meat and dairy products*² *Volgograd State Agrarian University*

Изложены результаты исследований мясной продуктивности и пищевой ценности мяса баранчиков, полученных путем скрещивания баранов калмыцкой породы с матками грозненской породы. Во все возрастные периоды чистопородные калмыцкие баранчики превосходили как помесных, так и чистопородных грозненских. В 8-месячном возрасте чистопородные баранчики калмыцкой породы (II группа) имели среднюю живую массу 43,65 кг, что на 4,85 кг или 12,5 % ($td=3,85$) выше, по сравнению с помесными аналогами (III группа), и на 9,15 кг или 26,5 % ($td=7,44$) больше, по сравнению с чистопородными грозненскими баранчиками (I группа). По окончании опыта средняя живая масса баранчиков из III группы составила 38,80 кг, что на 4,3 кг, или 12,46 % ($td=3,6$), больше, чем у чистопородных сверстников I группы. Чистопородные баранчики грозненской породы имели предубойную массу ниже, чем у полукровных сверстников на 4,19 кг, по убойному выходу – на 1,85 абс. процента. Морфологическая разделка туш показала, что у помесных баранчиков показатели были выше, чем у тонкорунных сверстников из I группы: по выходу мякоти на 5,55 абс. процента и коэффициенту мясности – на 0,85. По массовой доли сухого вещества, жира в мясе и энергетической ценности мякоти полукровные баранчики из III группы превосходили чистопородных грозненских на 2,38 абс. процента, 2,5 абс. процента, 180 ккал/кг соответственно.

The results of the research of meat productivity and nutritional value of meat rams, obtained by crossing the Kalmyk sheep breed with females of the Grozny breed. In all age periods purebred Kalmyk rams surpassed crossbred and purebred Grozny. At 8 months old pure breed Kalmyk rams (group II) had an average live weight 43,65 kg, 4.85 kg, or 12.5% ($td=3,85$), higher than crossbred counterparts (group III) and 9.15 kg or 26.5% ($td=7,44$), more than in Grozny purebred rams (I group). At the end of the experience, the average live weight of rams from group III amounted to 38,80 kg, 4.3 kg, or 12,46% ($td=3,6$), more than purebred contemporaries of the first group Pure-bred rams Grozny breed had pre-slaughter weight is lower than a half-breed peers by 4.19 kg, slaughter yield - at 1.85 abs. percent. Morphological butchery showed that crossbred rams figures were higher than the fine of the peers from group I: output of pulp 5.55 abs. percent and ratio mesnosti – 0.85. For the mass fraction of dry matter, fat in meat and energy value of the pulp of the half-blood rams from group III were superior to purebred Grozny 2.38 abs. percent to 2.5 abs. percent, of 180 kcal/kg, respectively.

Ключевые слова: грозненская порода, калмыцкая курдючная, скрещивание, баранчики, живая масса, убойный выход, морфологический состав туши, химический состав туши.

Key words: Groznensky breed, Kalmyk kurdjuk, crossing, sheep, live weight, slaughter yield, morphological composition of carcass, chemical composition of carcass.

Введение. Опыт развития мирового овцеводства показывает, что повышение конкурентоспособности овцеводства напрямую связано с более полным использованием потенциала мясной продуктивности овец [13, 6, 7, 8, 3].

В Республике Калмыкия поголовье овец калмыцкой курдючной породы используется в промышленном скрещивании с тонкорунными породами – ставропольской и грозненской – для повышения их мясных качеств [1].

Целью наших исследований стало изучение мясной продуктивности и пищевой ценности мяса баранчиков калмыцкой курдючной, грозненской тонкорунной пород и помесей 1/2 кровности, полученных от спаривания баранов калмыцкой породы с матками грозненской породы.

Материалы и методы. Материалом для исследований послужило поголовье баранчиков калмыцкой курдючной, грозненской тонкорунной пород и полукровных баранчиков, полученных от спаривания баранов калмыцкой породы с матками грозненской породы.

Для проведения научно-хозяйственного опыта методом групп аналогов [5] были сформированы 3 группы баранчиков по 20 голов в каждой. В I группу вошли баранчики грозненской породы, во II группу – чистопородные калмыцкие курдючные баранчики, в III группу – помесные баранчики 1/2 кровности, полученные от скрещивания грозненских маток с баранами калмыцкой породы. Продолжительность опыта составила 240 дней – от рождения и до 8-месячного возраста.

В течение научно-хозяйственного опыта подопытные баранчики находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Рационы кормления составлялись с учетом возраста, живой массы и сезона года по нормам, рекомендованным ВАСХНИЛ [4].

Живую массу подопытных баранчиков определяли при рождении, при отъеме от матерей в 4-месячном возрасте, в 6- и 8-месячном возрасте путем индивидуального взвешивания утром до кормления на весах ВТП-6 с точностью 0,5 кг.

Для оценки мясной продуктивности подопытных баранчиков за период опыта проводили их контрольный убой в 8-месячном возрасте (по три типичных баранчика из каждой группы) по методике ВИЖ (1978). Морфологический состав туши изучался путем обвалки. Исследование химического состава мякоти туш проводилось по общепринятым методикам. Энергетическая ценность определялась по формуле Александра В.М.

Цифровой материал исследований обработан методом вариационной статистики по методике Плохинского Н.А. [6] с использованием пакета программ Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. Живая масса молодняка овец – главный признак, определяющий мясную продуктивность и качество мяса животных [9, 10, 11]. Динамика данного показателя представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика живой массы подопытных баранчиков в зависимости от возраста, кг

Возраст, месяцев	Группа		
	I группа	II группа	III группа
При рождении	3,95±0,10	4,50±0,18	4,25±0,13
4	25,46±0,48	28,42±0,64	26,83±0,58
6	30,15±0,76	37,17±0,85***	32,86±0,82*
8	34,50±0,83	43,65±0,92***	38,80±0,86**

* $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$; *** $P \geq 0,999$

Во все возрастные периоды чистопородные калмыцкие баранчики превосходили как помесных, так и чистопородных грозненских. В 8-месячном возрасте чистопородные баранчики калмыцкой породы (II группа) имели среднюю живую массу 43,65 кг, что на 4,85 кг или 12,5 % ($td=3,85$) выше, по сравнению с помесными аналогами (III группа), и на 9,15 кг или 26,5 % ($td=7,44$) больше, по сравнению с чистопородными

грозненскими баранчиками (I группа). Помесные баранчики, полученные от спаривания баранов калмыцкой породы с матками грозненской (III группа), также превосходили чистопородных сверстников грозненской породы на 4,3 кг, или 12,46 % ($td=3,6$).

Данные по абсолютным и среднесуточным приростам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Абсолютный и среднесуточный прирост живой массы баранчиков, кг

Возрастной период, мес	Группа								
	I группа			II группа			III группа		
	живая масса, кг	абсолютный прирост, кг	среднесуточный прирост, г	живая масса, кг	абсолютный прирост, кг	среднесуточный прирост, г	живая масса, кг	абсолютный прирост, кг	среднесуточный прирост, г
4	3,95	21,51	179,25	4,50	23,92	199,33	4,25	22,58	188,17
6	25,46	4,69	78,17	28,42	8,75	145,83	26,83	6,03	100,50
8	30,15	4,35	72,50	37,17	6,48	108,00	32,86	5,94	99,00
4-8	34,50	30,55	127,29	43,65	39,15	163,13	38,80	34,55	143,96

Чистокровные баранчики калмыцкой курдючной породы имели наибольший абсолютный прирост за период опыта (39,15 кг). У сверстников – помесей, полученных от грозненских маток и баранов калмыцкой породы, абсолютный прирост составил 34,55 кг. Наименьший прирост был у чистопородных грозненских – 30,55 кг. Чистопородные калмыцкие баранчики превосходили чистопородных грозненских на 8,60 кг, помесных баранчиков – на 4,60 кг. За весь период опыта наибольший среднесуточный прирост наблюдался у чистопородных калмыцких баранчиков и составил 163,13 г, что на 35,84 г или 28,16 % и 19,17 г или 13,32 % больше, чем у чистопородных грозненских и помесных сверстников соответственно.

О мясных качествах животных свидетельствуют данные контрольных убоев. В соответствии с методикой исследований, контрольный убой животных был проведен в 8-месячном возрасте (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты контрольного убоя баранчиков в 8-месячном возрасте ($n=3$) ($M \pm m$)

Показатель	Группа		
	I группа	II группа	III группа
Масса, кг: предубойная	33,64 $\pm$ 0,67	42,55 $\pm$ 0,83***	37,83 $\pm$ 0,78***
охлажденной туши	11,81 $\pm$ 0,26	17,61 $\pm$ 0,34	15,13 $\pm$ 0,32
внутреннего жира	0,52 $\pm$ 0,05	0,87 $\pm$ 0,07	0,68 $\pm$ 0,06
курдюка, хвостового жира	-	2,58 $\pm$ 0,09	1,48 $\pm$ 0,08
убойная	12,33 $\pm$ 0,37	18,48 $\pm$ 0,52***	15,81 $\pm$ 0,48***
убойная с курдюком	-	21,06 $\pm$ 0,65	17,29 $\pm$ 0,57
Убойный выход, %	39,65	43,43	41,50
Убойный выход с курдюком, %	-	49,49	45,70

* $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$; *** $P \geq 0,999$

Предубойная масса баранчиков калмыцкой породы была наивысшей и составила 42,55 кг, что на 4,72 кг или 12,47 % ($td=4,14$) выше, по сравнению с помесными баранчиками, и на 8,91 кг или 26,49 % ($td=8,33$) по сравнению с чистопородными аналогами грозненской породы. Помесные баранчики также превосходили грозненских на 4,19 кг или 12,46 % ($td=4,07$). Аналогичная закономерность наблюдалась и по убойной массе.

Превосходство чистопородных калмыцких и помесных баранчиков над чистопородными грозненскими без учета курдючного жира составило 6,15 кг ($td=9,61$) и 3,48 кг ($td=5,70$) соответственно.

При этом убойный выход у калмыцких баранчиков, без учета курдючного жира, составил 43,43 % против 41,80 у помесных и 39,65 % у чистопородных грозненских баранчиков. Убойный выход с учетом курдюка у калмыцких баранчиков составил 49,49 %, а у помесных – 45,70 %. Масса туши животных не в полной мере отражает её пищевую ценность, так как в зависимости от возраста, упитанности, конституции животных изменяется соотношение компонентов. В связи с этим был изучен морфологический состав туш, что позволило определить содержание в них мякоти и несъедобных частей (таблица 4).

Таблица 4 – Морфологический состав туш

Показатель	Группа		
	I	II	III
Масса охлажденной туши, кг	11,81±0,26	17,61±0,34	15,13±0,32
Масса мякоти, кг	8,43±0,21	13,72±0,18	11,64±0,26
Выход мякоти, %	71,38	77,91	76,93
Масса костей, кг	3,24±0,14	3,77±0,05	3,37±0,16
Выход костей, %	27,43	21,41	22,28
Масса сухожилий, кг	0,14±0,38	0,12±0,9	0,12±0,12
Выход сухожилий, %	1,19	0,68	0,79
Мясо-костное отношение	2,60	3,64	3,45

Помесные баранчики из III группы по выходу мякоти превосходят чистопородных сверстников из I группы на 5,55 абс. процентов, но по данному показателю уступают баранчикам калмыцкой курдючной породы из II группы на 0,98 абс. процента. Наибольшим коэффициентом мясности характеризуются баранчики из II группы – 3,64.

Ценность туш животных зависит не только от массы, морфологического состава, но и химического состава мяса. По данным химического состава мякоти можно судить о зрелости мяса, его биологической и энергетической ценности.

Основными химическими компонентами мяса является сухое вещество и его составляющие: белок, жир и зольные элементы. При этом содержание в мясе белка главным образом определяет его пищевую и биологическую ценность, а энергетическая ценность является суммирующим показателем содержания в мясе жира и белка.

В наших исследованиях химический состав мяса и его энергетическая ценность были различны в зависимости от генотипа баранчиков (таблица 5).

Таблица 5 – Химический состав мякоти туш подопытных баранчиков

Показатель	Группа		
	I	II	III
Массовая доля, %: влаги	67,96	63,08	65,58
сухого вещества	32,04	36,92	34,42
белка	18,42	18,97	18,37
жира	12,66	16,98	15,16
зола	0,96	0,97	0,89
Энергетическая ценность мякоти, ккал/кг	1994	2348	2174

Полукровные помесные баранчики по содержанию сухого вещества в мясе превосходили чистопородных грозненских на 2,38 абс. процента. Наибольшее количество сухого вещества содержалось в мясе курдючных баранчиков калмыцкой породы – 36,92 %.

По содержанию белка в сухом веществе все 3 подопытные группы различались незначительно, но полукровные баранчики из III группы уступают по содержанию белка – на 0,05 % и 0,6 % чистопородным сверстникам грозненской тонкорунной и калмыцкой курдючной породы соответственно.

По содержанию жира наибольший показатель имели чистопородные баранчики калмыцкой курдючной породы – 16,98 %. Помесные баранчики из III группы превосходят сверстников из I группы на 2,5 абс. процента.

Различия по содержанию золы в мясе между подопытными группами баранчиков была незначительной и колебалась от 0,89 до 0,97 %.

Более высокой калорийностью характеризовалось мясо помесных животных. Так, у баранчиков III группы она была выше, чем у чистопородных баранчиков из I группы на 180 ккал/кг, или 9,03 %.

Заключение. Исходя из полученных результатов, следует, что помесные баранчики 1/2 кровности, полученные путем скрещивания грозненских маток с баранами калмыцкой породы, превосходят своих чистопородных сверстников грозненской породы по таким показателям, как масса в 8-месячном возрасте (12,46 %), абсолютный прирост живой массы (13,09 %), убойный выход (1,85 абс. процента). По пищевой и энергетической ценности полукровные баранчики из III группы также превосходили сверстников из I группы: выход мякоти (5,55 абс. процентов), коэффициент мясности (32,69 %), калорийность (9,03 %).

Библиографический список.

1. Зулаев, М.С. Состояние и перспективы развития овцеводства в Калмыкии [Текст]/ М.С. Зулаев // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – № 3. – С. 11-13.
2. Колосов, Ю.А. Мясные качества чистопородных и помесных баранчиков разного происхождения [Текст]/Ю.А. Колосов, Н.В. Широкова// Овцы, козы, шерстяное дело. – 2012. – № 3. – С. 39-41.
3. Мясная продуктивность и откормочные качества баранчиков разных генотипов [Текст]/ А.С. Филатов, Н.Г. Чамурлиев, И.С. Федоренко, А.А. Танашова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 4. – С. 147-151.
4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных [Текст]/ А.П. Калашников, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., 2003. – 456 с.
5. Овсянников, А.И. Основы опытного дела в животноводстве [Текст]/ А.И. Овсянников. – М.: Колос, 1976. – 134 с.
6. Плохинский, Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников [Текст]/Н.А. Плохинский. – М.: Колос, 1969.
7. Ульянов, А.Н. Вводное скрещивание овец южной мясной породы с отцовской породой тексель [Текст]/ А.Н. Ульянов, А.Я. Куликова // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2014. – № 4. – С. 18-20.
8. Филатов, А.С. Мясная продуктивность и убойные качества баранчиков кавказской породы и её помесей с эдильбаевской [Текст]/ А.С. Филатов, Н.Г. Чамурлиев // Инновации в интенсификации производства и переработки сельскохозяйственной продукции: мат. междунар. науч.-практ. конф. 17-18 июня 2015 г. – Волгоград, 2015. – С. 126-128.
9. Филатов, А.С. Интенсивность роста баранчиков различных генотипов [Текст]/ А.С. Филатов, А.Г. Мельников, Н.Н. Мороз // Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса: материалы V международной конференции / ФГБНУ ВНИИОК. – Ставрополь: Бюро новостей, 2016. – Том 1. – Вып. 9. – С. 223-226.
10. Чамурлиев, Н.Г. Интенсивность роста и мясные показатели баранчиков ставропольской породы и их помесей [Текст]/ Н.Г. Чамурлиев, А.Г. Мельников, А.С. Филатов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2. – С. 176-181.
11. Чамурлиев, Н.Г. Интенсивность роста и убойные качества баранчиков волгоградской породы и её помесей с эдильбаевской [Текст]/ Н.Г. Чамурлиев, А.С. Филатов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, Волгоград, Волгоградский ГАУ 2014. - № 1(33). – С. 176-179.

Reference

1. Zulaev, M. S. Sostoyanie i perspektivy razvitiya ovcevodstva v Kalmykii [Tekst]/ M. S. Zulaev // Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo. - 2012. - № 3. - S. 11-13.

2. Kolosov, Yu. A. Myasnye kachestva chistoporodnyh i pomesnyh baranchikov raznogo proisxozhdeniya [Tekst]/Yu. A. Kolosov, N. V. Shirokova// Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo. - 2012. - № 3. - S. 39-41.
3. Myasnaya produktivnost' i otkormochnye kachestva baranchikov raznyh genotipov [Tekst]/ A. S. Filatov, N. G. Chamurliiev, I. S. Fedorenko, A. A. Tanashova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 4. - S. 147-151.
4. Normy i raciony kormleniya sel'skoxozyajstvennyh zhivotnyh [Tekst]/ A. P. Kalashnikov, V. I. Fisinina, V. V. Scheglova, N. I. Klejmenova. - M., 2003. - 456 s.
5. Ovsyannikov, A. I. Osnovy opytnogo dela v zhivotnovodstve [Tekst]/ A. I. Ov-syannikov. - M.: Kolos, 1976. - 134 s.
6. Plohinskij, N. A. Rukovodstvo po biometrii dlya zootehnikov [Tekst]/N. A. Plohinskij. - M.: Kolos, 1969.
7. Ul'yanov, A. N. Vvodnoe skreschivanie ovec yuzhnoj myasnoj породы s otcovskoj породой teksej' [Tekst]/ A. N. Ul'yanov, A. Ya. Kulikova // Ovtsy, kozy, sherstyanoe delo. - 2014. - № 4. - S. 18-20.
8. Filatov, A. S. Myasnaya produktivnost' i ubojnye kachestva baranchikov kavkazskoj породы i ejo pomesej s jedil'baevskoj [Tekst]/ A. S. Filatov, N. G. Chamurliiev // Innovacii v intensivizacii proizvodstva i pererabotki sel'skoxozyajstvennoj produkcii: mat. mezhdunar. nauch. -- prakt. konf. 17-18 iyunya 2015 g. - Volgograd, 2015. - S. 126-128.
9. Filatov, A. S. Intensivnost' rosta baranchikov razlichnyh genotipov [Tekst]/ A. S. Filatov, A. G. Mel'nikov, N. N. Moroz // Innovacionnye razrabotki molodyh uchenykh - razvitiyu agropromyshlennogo kompleksa: materialy V mezhdunarodnoj konferencii / FGBNU VNIIOK. - Stavropol': Byuro novostej, 2016. - Tom 1. - Vyp. 9. - S. 223-226.
10. Chamurliiev, N. G. Intensivnost' rosta i myasnye pokazateli baranchikov stavropol'skoj породы i ih pomesej [Tekst]/ N. G. Chamurliiev, A. G. Mel'nikov, A. S. Filatov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 2. - S. 176-181.
11. Chamurliiev, N. G. Intensivnost' rosta i ubojnye kachestva baranchikov volgogradskoj породы i ejo pomesej s jedil'baevskoj [Tekst] / N. G. Chamurliiev, A. S. Filatov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 1(33). - S. 176-179.

E-mail: niimmp@mail.ru

УДК 619:616.1-091.5:636.7

**ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ПРИ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НА ФОНЕ ЧУМЫ СОБАК
PATHOMORPHOLOGICAL CHANGES OF BY-HEART INSUFFICIENCY
IN THE CASE OF PLAGUE IN DOGS**

**П.В. Колесников, кандидат ветеринарных наук, доцент
P.V. Kolesnikov**

*Волгоградский государственный аграрный университет
Volgograd State Agrarian University*

Являясь одной из самых распространенных, чума у плотоядных протекает в тяжелой форме с развитием различного рода осложнений. В связи с этим, изучение особенностей патогенетического развития осложнений при чуме у собак имеет важное значение. В статье изучены патоморфологические изменения в тканях органов у собак при развитии сердечной недостаточности на фоне чумы. Гистологически установлено, что для вируса чумы характерен нейротропное действие. В большей степени демиелизационные поражения, которые локализовались в головном мозге. При чуме в основном патоморфологические изменения в виде эозинофильных включений в нейронах, больше чем в глиальных клетках, некоторая демиелизация, которая содержалась первоначально в инфильтрированных астроцитах. Таким образом, при чуме собак

в осложненной форме течения первоначально патоморфологические изменения наблюдались в головном мозге, в последующем, т.е. второстепенно в легких, в виде интерстициальной пневмонии или бронхоинтерстициальной пневмонии, которая наблюдалась чаще при чуме в ассоциированном течении, пневмония была представлена синцитиальными клетками содержащих внутрицитоплазматические эозинофильные включения. В последующем при чуме возникали умеренные сердечные изменения, которые приводили к развитию сердечной недостаточности.

Being one of the most common, the plague in carnivores proceeds in severe form with the development of various kinds of complications. In this regard, the study of the pathogenetic development of complications in the case of plague in dogs has a particularly topical significance. The article examines pathomorphological changes in the tissues of organs in dogs with the development of heart failure against the background of the plague. It has been histologically established that the virus of the plague has a characteristic neurotropic effect. More demyelization lesions, which are localized in the brain. In the plague, mainly pathomorphological changes in the form of eosinophilic inclusions in neurons, more than in glial cells, some demyelization, which was originally contained in infiltrated astrocytes. Thus, in case of dog plague in the complicated form of the flow, pathomorphological changes were primarily observed in the brain, subsequently, that is, secondary in the lungs, in the form of interstitial pneumonia or bronchi-interstitial pneumonia, which was observed more often in plague in the associated course, pneumonia was represented by syncytial cells containing Intracytoplasmic eosinophilic inclusions. Later, with the plague, there were moderate cardiac changes that led to the development of heart failure.

Ключевые слова: патоморфологические изменения, сердечная недостаточность, чума собак.

Key words: pathomorphological changes, heart failure, plague of dogs.

Введение. Сердечная недостаточность у собак в зависимости от степени ее тяжести приводит к летальному исходу [9, 8, 10]. Причинами сердечной недостаточности могут быть любые заболевания сердечно-сосудистой системы, а также болезни заразной этиологии [1, 5]

Южно-Федеральный округ представляет собой зону со сложной эпизоотической обстановкой по инфекционным болезням, особое место среди инфекционных заболеваний собак занимает чума [2, 4, 3]. Являясь одной из самых распространенных, чума у плотоядных протекает в тяжелой форме с развитием различного рода осложнений [6, 7]. В связи с этим, изучение особенностей патогенетического развития осложнений при чуме у собак имеет важное значение.

Целью наших исследований явилось изучение патоморфологических изменений в тканях органов у собак при развитии сердечной недостаточности на фоне чумы.

Материалы и методы. Исследования проводили в ветеринарных лечебных учреждениях г. Волгограда за период с 2000 по 2016 годы, проведен анализ 6230 протоколов секционных случаев. Чуму у собак мы диагностировали иммунохроматографическим методом на определение CDVAg.

Патоморфологические изменения при сердечной недостаточности учитывали у 50 собак с подтвержденным диагнозом чума.

При аутопсии подвергли исследованию головной мозг, легкое, сердце, печень, селезенку, почки, желудок, двенадцатиперстную кишку, тонкий отдел кишечника, ободочную и слепую кишку, мочевой пузырь, средостенные лимфатические узлы, надпочечники. Для гистологического исследования ткань фиксировали в 10 % буферном растворе формалина, в последующем кусочки тканей включали в парафиновые блоки. Далее делали гистологические срезы толщиной 5 микрон, которые окрашивали гематоксилином и эозином. Дополнительно в выбранных примерах проводили специальное окрашивание по методу Грама, Романовского-Гимзе, проводили иммуногистохимические исследования.

Результаты. Макроскопически определили атрофию и истощение жировой ткани у 26 собак с признаками сердечной недостаточности при чуме.

В головном мозге и легких наблюдались значительные изменения в тканях. Причем в головном мозге до 84,6 % изменения локализовались в глиальных узлах, в виде мультифокального диффузного глиоза. Признаки менингита и энцефалита встречались реже.

Воспалительный инфильтрат локализовался вокруг менингеальной области (твердой оболочки) в виде лимфатической инфильтрации и присутствием гистиоцитов. Аналогичный инфильтрат был вокруг периваскулярной области рассредоточен в головном мозге. Однако патологические процессы в мозге были больше сосредоточены в сером веществе. Белое вещество было зачастую менее повреждено. Здесь большинство приходилось на мультифокальный глиоз, несмотря на то, что иногда наблюдалась демиелинизация.

Нейроны содержали интрацитоплазматические включения и многочисленные эозинофилы, которые располагались под менингеальными первично лимфоидным инфильтратом. В 10 % случаев нейроны были подвергнуты некрозу, без присутствия в клетках ассоциированных включений.

В белом веществе были менее выражены изменения. Некрозы в нейронах наблюдались в индивидуальных случаях и представлены в синцитиях клеток, без ассоциированных внутрицитоплазматических включений.

Патоморфологические изменения головного мозга были больше в головной коре, чем в других участках, включающих таламус, гипоталамус, продолговатый мозг и перивентрикулярные участки.

В легких в 56 % случаев содержались мультифокальные сращения, темно-красные уплотненные участки, затрагивающие основные доли легкого. Так же мультифокальные узелковые участки легкого и эмфизематозные образования.

Пневмония была найдена в большинстве случаев из всех исследованных с патоморфологическими изменениями в бронхоинтерстиции. Причем цитоплазматические эозинофильные включения были найдены в бронхиолах и бронхиальном эпителии, а также в синцитиальных клетках эпителия и гистиоцитах. Легочные синцитиальные клетки были больше обычного. Причем мультифокальные клеточные признаки некроза локализовались в бронхиолах и эпителии бронхиол. Воспалительный инфильтрат наблюдался вокруг бронхов, бронхиол и в локальных эпителиальных субплевральных тканях. Обычно пульмональный интерстиций был различно растянутый под воспалительным инфильтратом клеток, включающих инфильтраты, клеточную плазму и макрофаги.

У некоторых животных наблюдалась бронхопневмония. В этих случаях полиморфноядерные нейтрофилы были найдены в основном в альвеолах, смешаны в кластеры базофильных клеток.

Причем при чуме на фоне патоморфологических изменений в легких, одновременно отмечались изменения и в сердце, а именно в увеличении его объема. Сердечная мышца бледного цвета, напоминала цвет вареного мяса, истонченная, дряблая, рисунок на разрезе сглажен. На гистологических препаратах отчетливо выражена миокардиодистрофия в виде дилатационной или рестриктивной.

Дополнительно наблюдались эозинофильные интрацитоплазматические включения, которые были только иногда найдены в окружающих тканях, включающих эпителиальный биллиарный проток, эпителий мочевого пузыря, селезенки, эпителий эпителий, эпителий желудка, лимфатические узлы, интерстициальный эпителий, эпителий протоков поджелудочной железы.

При ассоциированном течении в некоторых случаях наблюдали лимфоидное обеднение (селезенка $n=7$, лимфатические узлы $n=1$), холангит ($n=3$), мультифокальные некрозы печени ($n=1$), цистит ($n=2$), гидропическую дистрофию в слизистом эпителии желудка ($n=1$). В остальных случаях вирусные включения наблюдались при отсутствии клеточных изменений. Дополнительные признаки наблюдались у инфицированных животных, в виде амилоида, рестриктивной и дилатационной кардиомиопатии, нефритов и т.д. В инфицированных нейронах были поражения в кластерах и коре головного мозга, в виде большого скопления макрофагов, вокруг оболочек.

При исследовании вакцинированных собак на фоне чумы. Наблюдались поражения головного мозга, которые были сконцентрированы в мультифокальном глиозе, выраженным воспалением в центральной нервной системе.

В легких присутствовали небольшие участки интерстициальной геморрагии, легочная ткань содержала внутриплазматические эозинофильные включения, которые локализовались в бронхиолах и эпителии бронхов. Мультифокальные миофибрильные изменения и некрозы в инфильтрации макрофагов наблюдались и в сердце умеренным лимфоидным истощением, которое было и в селезенке.

Многочисленные нейроны содержали внутриядерные и внутрицитоплазматические эозинофильные тельца включения. Типичное белое вещество небольшими участками с выраженной дегенерацией в аксонах, белое вещество было эвакуализировано и в глиозе.

Также отмечалась умеренная интерстициальная пневмония, при микроскопии наблюдались лимфатические гистиоциты.

Гистопатология показала, что для вируса чумы характерен нейротропное действие. В большей степени демиелизационные поражения, которые локализовались в головном мозге. При чуме в основном патоморфологические изменения в виде эозинофильных включений в нейронах, больше чем в глиальных клетках, некоторая демиелизация, которая содержалась первоначально в инфильтрированных астроцитах.

Обсуждение. Действительно болезни заразной этиологии у плотоядных протекают зачастую в тяжелой форме с развитием осложнений, одним из которых является чума плотоядных. Несомненно изучение патогенетических особенностей развития таких осложнений и поиск эффективных методов терапевтической коррекции, является особо актуальным направлением.

При изучении данного вопроса гистологически установлено, что для вируса чумы характерно нейротропное действие, а именно в виде эозинофильных включений в нейронах и в глиальных клетках.

При чуме собак в осложненной форме течения первоначально патоморфологические изменения наблюдались в головном мозге, второстепенно – в легких, в последующем при чуме развивалась сердечная недостаточность.

Заключение. Таким образом, при чуме собак в осложненной форме течения первоначально патоморфологические изменения наблюдались в головном мозге, в последующем, т.е. второстепенно в легких, в виде интерстициальной пневмонии или бронхоинтерстициальной пневмонии, которая наблюдалась чаще при чуме в ассоциированном течении, пневмония была представлена синцитиальными клетками содержащими внутрицитоплазматические эозинофильные включения. В последующем при чуме возникали умеренные сердечные изменения, которые приводили к развитию сердечной недостаточности.

Библиографический список

1. Белов, А.Д. Болезни собак [Текст]/А.Д. Белов, Е.П. Данилов, И.И. Дукур. – М: Изд-во «Колос», 2000. – 302 с.
2. Васильев, Д.А. Чума собак [Текст]/ Д.А. Васильев. – Ульяновск, 1997. – 52 с.
3. Груздев, К.Н. Чума плотоядных [Текст]/ К.Н. Груздев, А.В. Селиванов. – М.: Агропромиз-дат, 1996. – 35 с.
4. Защита животных против чумы плотоядных и рассмотрение новых подходов к решению данной проблемы [Текст]/К.Е. Гаврилов, А.Д. Середина, А.Д. Васильев, В.В. Макаров, В.И. Уласов // Вопросы микробиологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы. – Ульяновск, 1998. – С. 156-163.
5. Игнатов, П.Е. Очерки об инфекционных болезнях собак [Текст]/ П.Е. Игнатов. – М., 1995. – 63 с.
6. Игнатов, П.Е. Чума плотоядных. Новый взгляд на проблему [Текст]/ П.Е. Игнатов // Ветеринария. – 1995. – №2. – С. 45-49.
7. Лазовская, З.Г. Диагностика чумы плотоядных [Текст]/А.Л. Лазовская, З.Г. Воробьева// Ветеринария. – 1994. – № 2. – С. 53-54.
8. Ниманд, Х. Г. Болезни собак. Практическое руководство для ветеринарных врачей [Текст]/ Х. Г. Ниманд, П.Ф. Сутер. – 8 изд., перев. с нем. – М.: Аквариум, 1998. – 816 с.
9. Тяжелая сердечная недостаточность как проявление открытого артериального протока у собак [Текст]/ С.В. Бондаренко, Ю.В. Воронцова, И.В. Щуров, Е.В. Скаченко, Е.Ю. Ходеева //Материалы 10-го Международного ветеринарного конгресса. – М., 2002. – С. 231-232.
10. Horst, J. C. (1975). Diseases of Dogs Pergamon Press, N. Y. pp. 457-463.

Reference

1. Belov, A. D. Bolezni sobak [Tekst]/A. D. Belov, E. P. Danilov, I. I. Dukur. - M: Izd-vo "Kolos", 2000. - 302 s.
2. Vasil'ev, D. A. Chuma sobak [Tekst]/ D. A. Vasil'ev. - Ul'yanovsk, 1997. - 52 s.
3. Gruzdev, K. N. Chuma plotoyadnyh [Tekst]/ K. N. Gruzdev, A. V. Selivanov. - M.: Agropromiz-dat, 1996. - 35 s.
4. Zashchita zhivotnyh protiv chumy plotoyadnyh i rassmotrenie novyh podhodoov k resheniyu dannoj problemy [Tekst]/K. E. Gavrilov, A. D. Sereda, A. D. Vasil'ev, V. V. Makarov, V. I. Ulasov // Voprosy mikrobiologii, jepizootologii i veterinarno-sanitarnoj jekspertizy. - Ul'yanovsk, 1998. - S. 156-163.
5. Ignatov, P. E. Ocherki ob infekcionnyh boleznyah sobak [Tekst]/ P. E. Ignatov. - M., 1995. - 63 s.
6. Ignatov, P. E. Chuma plotoyadnyh. Novyj vzglyad na problemu [Tekst]/ P. E. Ignatov // Veterinariya. - 1995. - №2. - S. 45-49.
7. Lazovskaya, Z. G. Diagnostika chumy plotoyadnyh [Tekst]/A. L. Lazovskaya, Z. G. Vorob'eva// Veterinariya. - 1994. - № 2. - S. 53-54.
8. Nimand, H. G. Bolezni sobak. Prakticheskoe rukovodstvo dlya veterinarnykh vrachej [Tekst]/ H. G. Nimand, P. F. Suter. - 8 izd., perev. s nem. - M.: Akvarium, 1998. - 816 s.
9. Tyazhelyaya serdechnaya nedostatochnost' kak proyavlenie otkrytogo arterial'nogo protoka u sobak [Tekst]/ S. V. Bondarenko, Yu. V. Voroncova, I. V. Schurov, E. V. Skachenko, E. Yu. Hodeeva //Materialy 10-go Mezhdunarodnogo veterinarnogo kongressa. - M., 2002. - S. 231-232.
10. Horst, J. C. (1975). Diseases of Dogs Pergamon Press, N. Y. pp. 457-463.

E-mail: Kolesnikovpq@yandex.ru

УДК 574.522:639.3.07

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
(ЭМП) НА ВОДНЫЕ ОРГАНИЗМЫ С ПОЗИЦИИ
СОВРЕМЕННЫХ КОНЦЕПЦИЙ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРА****ANALYSIS OF THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS
(EMF) ON AQUATIC LIFE FROM THE PERSPECTIVE
OF MODERN CONCEPTIONS OF ACTION FACTOR****И.В. Мельник¹**, кандидат биологических наук, доцент**Е.Г. Васильева¹**, кандидат биологических наук**Н.В. Батаева²**, кандидат биологических наук**I.V. Melnik¹, E.G. Vasileva¹, N.B. Butaeva²**¹Астраханский государственный технический университет²Дагестанский государственный университет, г. Махачкала¹Astrakhan State Technical University²Dagestan State University, Makhachkala

В связи с увеличивающимся электромагнитным загрязнением водной среды проведены исследования в лабораторных условиях влияния фактора на некоторых гидробионтов. В опытах использованы икра и личинки пресноводных креветок *Neocaridina denticulate* var. red (Red cerri) и рыбы – тимиразевской тилапии (♀ *Tilapia mossambica* x ♂ *Tilapia nilotica*), головастики шпорцевой лягушки (*Xenopus laevis*), а также молодь тимиразевской тилапии. Облучение исследуемых организмов проводили непрерывно аппаратом «Матрикс» фирмы Техника, г. Москва. Использовали частоты ЭМП 5 Гц и 27 ГГц. В ходе опытов отмечено снижение смертности и корректировка показателей скорости роста у гидробионтов, подверженных воздействию обоих видов ЭМП. Показано увеличение массы и диаметра икры пресноводных креветок и тилапии под воздействием высокочастотного ЭМП. Результаты исследований физиолого-биохимических показателей молодежи тимиразевской тилапии показали достоверное воздействие высокочастотного электромагнитного поля на обводненность тканей, на изменение гематологических показателей (уровень гемоглобина, количество эритроцитов, наличие клеток с патологией) и индексов некоторых внутренних органов (сердце, селезенка, почки) рыб. Выдвинуты предположения о механизмах возникновения наблюдаемых эффектов влияния ЭМП.

In connection with the increasing electromagnetic pollution of the water environment, studies were conducted in the laboratory on the effect of the factor on some hydrobionts. In the experiments we used caviar and fresh chives of freshwater shrimps *Neocaridina denticulate* var. Red (Red cerri) and fish - Timiryazev tilapia (♀ *Tilapia mossambica* x ♂ *Tilapia nilotica*), Tadpole frog tadpoles (*Xenopus laevis*), and also young thymyrazevia tilapia. The irradiation of the investigated organisms was carried out continuously by the Matrix apparatus of Technika, Moscow. The EMF frequencies were 5 Hz and 27 GHz. In the course of the experiments, a decrease in mortality and an adjustment of growth rates in hydrobionts exposed to both types of EMF were noted. An increase in the weight and diameter of freshwater shrimp and tilapia eggs under the influence of high-frequency EMF is shown. The results of studies of physiological and biochemical indices of juveniles of Timiryazevskaya tilapia have shown a significant effect of high-frequency electromagnetic field on watercut of tissues, changes in hematological parameters (hemoglobin level, erythrocyte count, presence of cells with pathology) and indices of some internal organs (heart, spleen, kidneys) of fish. The assumptions about the mechanisms of the appearance of the observed effects of EMF influence have been advanced.

Ключевые слова: электромагнитное поле, гидробионты, тилапия, пресноводная креветка, шпорцевая лягушка, выживаемость, обводненность, индексы внутренних органов.

Key words: electromagnetic field, hydrobionts, tilapia, freshwater shrimp, shport frog, survival rate, watercut, indices of internal organs.

Введение. Повышенная чувствительность водных организмов к воздействию электромагнитных полей (ЭМП) доказана многочисленными экспериментальными работами [2, 13]. Неоднократно отмечалось, что воздействие ЭМП определенных частот и интенсивностей приводит к нарушениям физиологических функций и ориентации в пространстве и времени, изменению поведения организмов, подавлению двигательной активности и т.д. [7, 6]. Другие диапазоны электромагнитного излучения, напротив, могут вызывать эффекты повышенной регенерации, скорости роста и выживаемости [2, 12]. В последние десятилетия резко возросло воздействие на гидробионтов ЭМП антропогенного происхождения, источниками которых являются мощные радиостанции, радиолокаторы, высоковольтные линии электропередач и т.д. В связи с данными тенденциями, целью проводимых нами исследований являлся анализ эффектов влияния электромагнитных полей на водные организмы различных уровней организации, а также выдвижение предположений о механизмах, вызывающих регистрируемые реакции.

Материалы и методы. Объектами исследований, проводимых в 2014-2016 годах, являлись пресноводные креветки *Neocaridina denticulate* var. red (икра и личинки), рыба тиляпия (♀ *Tilapia mossambica* x ♂ *Tilapia nilotica*) – икра, личинки и молодь, а также шпорцевая лягушка *Xenopus laevis* (головастики), которые содержались в выростных аквариумах гидробиологической лаборатории ФГБОУ ВПО «АГТУ». Регулярно осуществлялся контроль качества воды. Облучение исследуемых организмов проводили с помощью аппарата «Матрикс» (Россия), непрерывно с частотами ЭМП 5 Гц ($E=90$ В/м, $H=1,9$ А/м) и 27 ГГц ($E=20$ В/м, $H=6,5$ А/м). Для креветок воздействие длилось с момента оплодотворения икры (период эмбрионального развития, вынашивание икры на плеоподах самки) до перехода креветок на стадию постличинки до возраста 26 суток. Для рыб – с момента начала вынашивания самкой икры в ротовой полости и в течение всей личиночной стадии до возраста 50 суток. Для лягушек – от момента оплодотворения икры до окончания метаморфоза. Облучение проводилось дистантно, расстояние между поверхностью воды и излучающим рупором не превышало 10 см. Уровень воды в опытных и контрольных аквариумах составлял 20 см. У всех опытных организмов были проанализированы некоторые параметры икры (размер, сухая и сырая масса), жизнеспособность на критических стадиях, а также показатели роста и развития гидробионтов. Для тиляпии дополнительно оценивались физиологические показатели: индексы внутренних органов и гематологический профиль.

Скорость роста организмов определяли по формуле: $\Delta t = \Delta w / (t_2 - t_1)$, где Δt – скорость роста, Δw – изменение массы, t_1 – начальное время, t_2 – конечное время [3]. Белок в теле рыб определяли модифицированным методом Кьельдаля, используя определенную величину как конверсионный показатель общего содержания азота в белке. Содержание жира определяли при экстракции ацетоном, золы – сжиганием органического вещества в муфельной печи при температуре 550 °С, сухое вещество – путем высушивания до постоянной массы в сушильном шкафу и взвешивания на аналитических весах [11]. Для определения лейкоцитарной формулы на каждом мазке подсчитывали не менее 200 клеток. При дифференцировании лейкоцитов использовались общепринятые методики [8]. Для выявления физиологического состояния рыб рассчитывали индексы внутренних органов (сердца, печени, почек, желудочно-кишечного тракта, жабр, гонад) [10]. Индекс органа определялся по формуле: $I = X / Y$, где X – масса органа; Y – общая масса тела.

Статистическую обработку результатов экспериментов осуществляли при помощи инструмента статистической обработки информации программы Excel пакета Microsoft Office 2010. В качестве критерия достоверности результатов использовался критерий Стьюдента, в качестве ошибок средних величин – стандартные ошибки среднего.

Результаты и обсуждение. Реакция опытных организмов исследовалась на ранних стадиях развития, поскольку они являются наиболее чувствительными к модифицирующему действию факторов, что позволяет проследить наличие или отсутствие изучаемых зависимостей. Воздействие высокочастотного ЭМП (27 ГГц) в наших экспериментах вызывало увеличение массы и диаметра икры пресноводных креветок и тилапии в среднем на 5-7 %, за счет чего возрастало содержание сырой массы (таблица 1). Низкочастотное ЭМП (5 Гц) не оказывало воздействия на морфометрические параметры ооцитов. На икру лягушек видимого влияния облучение не оказывало.

Таблица 1 – Влияние электромагнитного излучения на параметры икры водных организмов (6-е сутки)

Показатель икры	Контроль	ЭМП (5 Гц)	ЭМП (27 ГГц)
<i>Tilapia</i>			
Сырая масса икринок, мг	2,3±0,05	2,3±0,03	2,4±0,03
Сухая масса икринок, мг	1,3±0,03	1,2±0,02	0,9±0,05*
Диаметр икринок, мм	4,0±0,05	4,0±0,06	4,2±0,05*
<i>N. denticulate</i>			
Сырая масса икринок, мг	0,22±0,007	0,22±0,007	0,24±0,002*
Сухая масса икринок, мг	0,04±0,003	0,04±0,002	0,04±0,006
Диаметр икринок, мм	0,97±0,006	0,97±0,001	0,99±0,005*
<i>X. laevis</i>			
Сырая масса икринок, мг	0,85±0,02	0,87±0,02	0,88±0,01
Сухая масса икринок, мг	0,09±0,01	0,09±0,01	0,09±0,01
Диаметр икринок, мм	1,61±0,7	1,59±0,7	1,60±0,6

Примечание: * – различия достоверны в сравнении с контролем, $p < 0,05$

На «критических» для гидробионтов стадиях (*Tilapia* – стадия предличинки, *N. denticulate* – стадия мизис, *X. laevis* – период метаморфоза) важнейшим показателем является их выживаемость. Как видно из таблицы 2, у всех опытных организмов отчетливо прослеживалась положительная динамика данного показателя. Наиболее выраженные отклонения от контрольных значений зафиксированы для *N. denticulate* при обоих видах облучения. Анализ результатов исследований позволяет предположить, что снижение смертности у гидробионтов вызвано корректирующим воздействием электромагнитного поля на показатели роста, которое в каждом случае зависит от индивидуальных особенностей рассматриваемого организма.

Таблица 2 – Выживаемость гидробионтов на критических стадиях развития

Вид опытного организма	Средние значения выживаемости, %		
	контроль	5 Гц	27 ГГц
♀ <i>Tilapia mossambica</i> x ♂ <i>Tilapia nilotica</i>	77,2±2,1	75,6±2,6	88,1±4,5*
<i>Neocaridina denticulate</i>	43,8±3,8	74,1±1,5*	82,5±2,3*
<i>Xenopus laevis</i>	72,2±1,7	85,2±1,5*	83,4±2,2*

Примечание: * – различия достоверны в сравнении с контролем, $p < 0,05$

Во всех опытных вариантах отмечалась различная динамика изменения скорости роста гидробионтов. Для креветок начальный этап личиночного развития в облученных группах был подобен контрольному варианту и характеризовался снижением скорости роста. Начиная с 16 суток, наблюдалось сильное угнетение роста особей, на наш взгляд, обусловленное усилением эффекта «ферментативного кризиса» [9] под воздействием ЭМП обоих видов. Но через два-три дня рост выравнивался, достигая $0,005 \pm 0,001$ мг/сут, при

этом отставаний в развитии при переходе на следующую стадию выявлено не было. Напротив, некоторое замедление роста способствовало синхронизации показателя, снижению каннибализма и, как следствие, увеличению выживаемости.

У головастиков шпорцевой лягушки отмечено достоверное повышение скорости роста в опытных группах (5 Гц, 27 ГГц), по сравнению с контролем. При этом эффект воздействия ЭМП был более выражен в высокочастотном ЭМП ($31,5 \pm 1,0$ мг/сут). В ходе эксперимента аномалий в развитии у облученных особей не выявлено. Развитие происходило в пределах нормы, при этом увеличивалась масса головастиков, что положительно влияло на их жизнеспособность. Несмотря на более высокую скорость роста экспериментальных организмов, метаморфоз у них начался значительно позже контрольных особей, отличавшихся меньшей массой, и продолжался дольше. Полный метаморфоз головастиков в контроле проходил за 9 – 11 суток, в опыте он был длиннее и составлял от 12 до 15 суток.

Под воздействием ЭМП 5 Гц скорость роста тилляпии не изменялась. Непрерывное воздействие высокочастотного ЭМП на молодь рыб в течение 50 суток приводило к увеличению ее массы в среднем на 7–10 г по сравнению с контролем. Динамика изменения показателя была сложной. Первые тридцать суток отмечено небольшое снижение показателя, но в дальнейшем его резкое повышение до $0,23 \pm 0,03$ г/сут. Возможно, это обусловлено включением внутренних компенсаторных реакций рыб.

Таким образом, можно сделать вывод, что влияние ЭМП заданных частот на опытные организмы имеет различный характер. На креветок ЭМП оказывает угнетающее воздействие с одной стороны, замедляя скорость роста, но с другой, вследствие синхронизации линек и выравнивания скорости роста, способствующих снижению каннибализма, выживаемость в высокочастотном ЭМП возрастает. Можно предположить, что угнетение роста креветок данной частотой и силой ЭМП обусловлено незначительными размерами гидробионтов.

Для головастиков же шпорцевой лягушки и личинок тилляпии наблюдались схожие реакции воздействия на ЭМП – это увеличение скорости роста, масса тела и, как следствие, выживаемости (жизнеспособности особей), что наиболее ярко выражено в высокочастотном ЭМП. Следует отметить тот факт, что одно и то же излучение оказывает кардинально противоположное воздействие на опытные объекты, повышая рост головастиков лягушек, личинок рыб и при этом угнетая креветок. Учитывая, что основные внешние различия опытных организмов связаны с их морфометрическими показателями, можно предположить наличие прямой зависимости между резистентностью организмов и их размерами. Хотя, возможно, реакция организмов на ЭМП в большей степени обусловлена уровнем их организации и чем выше такой уровень, тем больше резистентность животных, что также находит подтверждение в результатах нашей работы.

Для понимания неоднозначных реакций гидробионтов на ЭМП необходимо изучение самого механизма такого воздействия. При опосредованном действии (т. е. через воду) энергия ЭМП значительно падает, но реакция опытных организмов на данный фактор в проведенных исследованиях отчетливо видна. Данные эффекты, безусловно, нельзя объяснить тепловой теорией действия ЭМП. Более приемлемым в данном случае является предположение информационного воздействия данного фактора, опосредованно, через изменение свойств воды. В настоящее время в некоторых исследованиях отмечены явления переноса информации о биологически активных веществах с помощью сверхслабых электромагнитных полей при дистантном воздействии [4]. При этом устойчивые изменения структурно-энергетических свойств и биологической активности водных систем не находят объяснения в рамках общепринятых концепций. Современные ученые, изучая действие космофизических

факторов на живой организм, приходят к выводам, что именно вода связывает между собой процессы флуктуации земного магнитного поля и биологические молекулы живых организмов [4,5]. Это утверждение позволило выдвинуть гипотезу о том, что любые внешние воздействия, которые могут изменить построение водных жидкокристаллических структур биополимеров, могут, тем самым воздействовать и на межмолекулярные энергетические потоки в живой материи [5]. В настоящее время существует целый ряд теорий, описывающих магнитобиологические эффекты, например теория параметрического резонанса и др. [1,4], однако роль воды в механизмах сверхслабых воздействий ЭМП подтверждается многими авторами [5, 14]. Они связывают регистрируемые изменения физико-химических характеристик живых клеток с изменением характера межмолекулярных взаимодействий воды.

Результаты, полученные нами, согласуются с рассмотренными положениями, поскольку дополнительные опыты показали безусловное воздействие, по крайней мере, высокочастотного электромагнитного поля на обводненность тканей (таблица 3). Под его действием изменялся биохимический состав тела молоди тилляпии, уменьшалось содержание белков на 38 %, липидов – на 31 %, золы – на 30 %, при повышении доли влаги на 7 %.

Таблица 3 – Биохимический состав тела тилляпии в опытных вариантах, %

Показатель	Контроль	ЭМП (5 Гц)	ЭМП (27 ГГц)
Влага	83,4±0,2	84,2±0,3	89,8±0,4*
Сухое вещество	16,6±0,1	15,8±0,1	10,2±0,3*
Сырой протеин	80,1±0,2	80,2±0,3	74,2±0,5*
Жир	8,3±0,5	7,8±0,2*	5,7±0,2*
Зола	2,1±0,07	1,8±0,04	1,5±0,02*

Примечание: * – различия достоверны в сравнении с контролем, $p < 0,05$

Воздействие ЭМП способствовало также достоверному снижению индексов отдельных внутренних органов в высокочастотном ЭМП (сердце, селезенка, почки на 25, 25 и 23 %, соответственно). В низкочастотном ЭМП достоверно отличался индекс почек. Он был ниже контрольного на 30 %. Возможно, одной из причин снижения индекса почек под воздействием ЭМП обоих видов являлось уменьшение интенсивности метаболических процессов. Это предположение приобретает особую вероятность, поскольку на фоне угнетения активности рыб отмечалось и снижение их рационов питания. Но, кроме этого, достоверное уменьшение в высокочастотном ЭМП индексов почек и селезенки может свидетельствовать об угнетающем влиянии фактора на кроветворные функции организма, что подтверждается снижением уровня гемоглобина до $54 \pm 0,85$ г/л при норме от 68 до 110 г/л, уменьшением количества эритроцитов до $1,38 \pm 0,02$ млн/мм³ в поле 27 ГГц и до $1,47 \pm 0,02$ млн/мм³ в поле 5 Гц (норма 1,5-1,9 млн/мм³), наличием клеток с патологическими изменениями (сегментация ядер, хроматинолиз).

Заключение. Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о том, что облучение как высокочастотным, так и низкочастотным ЭМП влечет за собой последствия для чувствительных ранних стадий развития опытных гидробионтов. Это отражается в увеличении выживаемости объектов на «критических» стадиях развития (Tilapia – стадия предличинки, N. denticulate – стадия мизис, X. laevis – период метаморфоза), предположительно за счет корректирующего воздействия ЭМП на скорость роста. Замедление роста креветок под влиянием облучения ведет к синхронизации линек и снижению каннибализма. Ускорение роста молоди рыб и головастиков лягушек способствует увеличению их размеров и как следствие жизнеспособности. Выявлено воздействие высокочастотного ЭМП (27 ГГц) на

обводненность икры креветок и рыб (увеличение сырой массы) и тканей тела тилипии (возрастание доли влаги). Отмечено влияние ЭМП на индексы внутренних органов и показатели крови тимирязевской тилипии. Чем сложнее уровень организации биологического объекта, тем труднее делать предположения о механизмах воздействия ЭМП, но вероятнее всего, отмеченные биоэффекты можно объяснить с позиции информационной теории влияния ЭМП на организмы.

Библиографический список

1. Бинги, В.Н. Первичный физический механизм биологических эффектов слабых магнитных полей [Текст] / В.Н. Бинги // Биофизика. – 2016. – Т. 61, № 1. – С. 201 – 208.
2. Влияние типичной магнитной бури на митоз зародышевых клеток и размерно-массовые показатели предличинок плотвы (*Rutilus rutilus* L.) [Текст] / М.Г. Таликина, В.В. Крылов, Ю.Г. Изюмов, Ю.В. Чеботарева // Биология внутренних вод. – 2013. – № 1. – С. 56-60.
3. Вундцеттель, М.Ф. Общая гидробиология [Текст] : учебное пособие / М.Ф. Вундцеттель. – Астрахань: Изд-во Астраханского государственного ун-та, 2003. – 153 с.
4. Галль, Л.Н. Механизм молекулярной передачи энергии и восприятия сверхслабых воздействий химическими и биологическими системами [Текст] / Л.Н. Галль, Н.Р. Галь // Биофизика. – 2009. – Т. 54, №3. – С. 563-574.
5. Галль, Л.Н. Роль воды в действии космофизических факторов на земную биоту [Текст] / Л.Н. Галль, Н.Р. Галь // Космос и биосфера: тезисы докладов X Международной крымской конференции. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2013. – С. 30-33.
6. Крылов, В.В. Ориентационное поведение животных в геомагнитном поле и механизмы магниторецепции [Текст] / В.В. Крылов, Е.А. Осипова, Ю.Г. Изюмов // Геофизические процессы и биосфера. – 2014. – Т. 13, № 4. – С. 60-81.
7. Магнитные поля и поведение рыб / В.В. Крылов, Ю.Г. Изюмов, Е.И. Извеков, В.А. Непомнящих [Текст] // Журнал общей биологии. – 2013. – Т. 74, № 5. – С. 354-365.
8. Селиверстов, В.В. Методические указания по проведению гематологического обследования № 13-4-2-/1487 от 02.02.99 г [Текст] / В.В. Селиверстов. – М.: Мин. сельского хозяйства и продовольствия, 1999. – 20 с.
9. Судник, С.А. Экологические аспекты репродуктивных стратегий креветок: автореф. дис. ... канд. биол. наук (03.00.16) [Текст] / Судник Светлана Александровна. – Калининград: Изд-во Калининград. гос. техн. ун-та, 2008. 26 с.
10. Шварц, С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии позвоночных [Текст] / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский. – Свердловск, 1968. – 387 с.
11. AOAC. Official methods of analysis. – 16th edn, 4th revision [Текст] // Washington, DC: Association of Official Analytical Chemistry, 1998. – P. 23.
12. Krulov, V.V. Effects of electromagnetic fields on parthenogenic eggs of *Daphnia magna* Straus / V.V. Krulov [Текст] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2010. – V. 73, №. 1. – P. 62 – 66.
13. Schultz, I.R. Effects of electromagnetic fields on fish and invertebrates [Текст] / I.R. Schultz, W.J. Pratt, D.L. Woodruff, G. Roesijadi, K.E. Marshall task 2.1.3: Effects on aquatic organisms. – Pacific northwest national laboratory, Richland, Washington. – 2012. – 68 p.
14. Shatalov, V.M. Nanoobjects temperature is going up in a weak microwave irradiated bioliquids [Текст] / V.M. Shatalov, A.E. Filipov, I.V. Noga // Biophysics. – 2012. – Vol.57 – P. 121 – 127.

Reference

1. Bingi, V. N. Pervichnyj fizicheskij mehanizm biologicheskikh jffektov slabyh magnitnyh polej [Tekst] / V. N. Bingi // Biofizika. - 2016. - T. 61, № 1. - S. 201 - 208.
2. Vliyanie tipichnoj magnitnoj buri na mitoz zarodyshevyh kletok i razmerno-massovye pokazateli predlichinok plotvy (*Rutilus rutilus* L.) [Tekst] / M. G. Talikina, V. V. Krylov, Yu. G. Izyumov, Yu. V. Chebotareva // Biologiya vnutrennih vod. - 2013. - № 1. - S. 56-60.
3. Vundcettel', M. F. Obschaya gidrobiologiya [Tekst] : uchebnoe posobie / M. F. Vundcettel'. - Astrahan': Izd-vo Astrahanskogo gosudarstvennogo un-ta, 2003. - 153 s.

4. Gall', L. N. Mehanizm molekulyarnoj peredachi [nergii i vospriyatiya sverhslabyh vozdeystvij himicheskimi i biologicheskimi sistemami [Tekst] / L. N. Gall', N. R. Gal' // Biofizika. - 2009. - T. 54, №3. - S. 563-574.
5. Gall', L. N. Rol' vody v dejstvii kosmofizicheskikh faktorov na zemnuyu biotu [Tekst] / L. N. Gall', N. R. Gal' // Kosmos i biosfera: tezisy dokladov X Mezhdunarodnoj krymskoj konferencii. - Simferopol': IT "ARIAL", 2013. - S. 30-33.
6. Krylov, V. V. Orientacionnoe povedenie zhivotnyh v geomagnitnom pole i mehanizmy magnitorecepcii [Tekst] / V. V. Krylov, E. A. Osipova, Yu. G. Izyumov // Geofizicheskie processy i biosfera. - 2014. - T. 13, № 4. - S. 60-81.
7. Magnitnye polya i povedenie ryb / V. V. Krylov, Yu. G. Izyumov, E. I. Izvekov, V. A. Nepomnyaschih [Tekst] // Zhurnal obschej biologii. - 2013. - T. 74, № 5. - S. 354-365.
8. Seliverstov, V. V. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu gematologicheskogo obsledovaniya № 13-4-2-/1487 ot 02.02.99 g [Tekst] / V. V. Seliverstov. - M.: Min. sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya, 1999. - 20 s.
9. Sudnik, S. A. Jekologicheskie aspekty reproduktivnyh strategij krevetok: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk (03.00.16) [Tekst] / Sudnik Svetlana Aleksandrovna. - Kaliningrad: Izd-vo Kaliningrad. gos. tehn. un-ta, 2008. 26 s.
10. Shvarc, S. S. Metod morfofiziologicheskikh indikatorov v [kologii pozvonocnyh [Tekst] / S. S. Shvarc, V. S. Smirnov, L. N. Dobrinskij. - Sverdlovsk, 1968. - 387 s.
11. AOAC. Official methods of analysis. - 16th edn, 4th revision [Tekst] // Washington, DC: Association of Official Analytical Chemistry, 1998. - P. 23.
12. Krulov, V.V. Effects of electromagnetic fields on parthenogenic eggs of *Daphnia magna* Straus / V.V. Krulov [Tekst] // Ecotoxicology and Environmental Safety. - 2010. - V. 73, №. 1. - P. 62 - 66.
13. Schultz, I.R. Effects of electromagnetic fields on fish and invertebrates [Tekst] / I.R. Schultz, W.J. Pratt, D.L. Woodruff, G. Roesijadi, K.E. Marshall task 2.1.3: Effects on aquatic organisms. - Pacific northwest national laboratory, Richland, Washington. - 2012. - 68 p.
14. Shatalov, V.M. Nanoobjects temperature is going up in a weak microwave irradiated bioliquids [Tekst] / V.M. Shatalov, A.E. Filipov, I.V. Noga // Biophysics. - 2012. - Vol.57 - P. 121 - 127.

E-mail: irina-1melnik@mail.ru

УДК 639.3:636.084.52

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЙОДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM)

STUDY OF THE INFLUENCE OF ORGANIC IODINE ON THE PRODUCTIVITY OF YOUNG RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM)

И.В. Поддубная, кандидат биологических наук

I.V. Poddubnaya

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Saratov state agrarian University named after N.I. Vavilova

В статье отражены исследования по использованию в кормлении радужной форели органического йода в составе дрожжей. Органические соединения йода наиболее полно усваиваются организмом животных, вступают в реакции обмена, повышают устойчивость к неблагоприятным условиям среды, резистентность к возбудителям заболеваний, ускоряют метаболические процессы в организме рыб, приводящие к интенсивному росту линейных размеров, массы тела и рыбопродуктивности в целом. Исследования были проведены в два этапа с целью установления оптимальной дозы йода. Было выявлено, что йод в количестве 300 мкг на 1 кг массы тела рыбы оказывает на рыб ростостимулирующее воздействие при уменьшении затрат корма на единицу прироста, повышает сохранность рыбы, позволяет получить дополнительную прибыль от реализации посадочного материала и достигает рентабельности производства 55,48 %.

The article reflects the research on the use of juvenile rainbow trout organic iodine in the yeast composition in feeding. Organic compounds of iodine are most fully absorbed by the organism of animals, they enter exchange reactions, increase resistance to unfavorable environmental conditions, resistance to pathogens, accelerate metabolic processes in the fish body, leading to intensive growth of linear dimensions, body weight and fish productivity in general. The studies were carried out in two stages in order to establish the optimal dose of iodine. It was found that iodine in the amount of 300 µcg per 1 kg of body weight exerts a growth-stimulating effect on fishes with a decrease in feed costs per unit of growth, improves fish safety, allows to obtain additional profit from the sale of planting material and achieves profitability of production of 55.48 %.

Ключевые слова: органический йод, дрожжи, корма, кормление радужная форель.

Key words: organic iodine, yeast, feed, feeding, rainbow trout.

Введение. Йоддефицитные заболевания, связанные с недостаточным поступлением йода в организм, стали проблемой мирового масштаба. Дефицит йода на территориях, где он отмечен, вызывает высокий уровень мертворождений, перинатальной смертности, слабоумия уже в детском возрасте, врожденных пороков развития [4, 11, 12]. По заключению Всемирной организации здравоохранения, решение проблемы дефицита йода будет самым важным достижением человечества и превзойдет по своему значению искоренение оспы.

Пути борьбы с дефицитом йода за последнее столетие были весьма различны. Это и йодирование соли, йодирование молока, яиц и других сельскохозяйственных продуктов, используемых в питании человека. Проведены ряд научных исследований по введению как неорганического, так и органического йода в рационы сельскохозяйственных животных, чтобы поднять количество йода в сельскохозяйственной продукции до оптимальных значений, необходимых организму человека [1, 9, 13, 14]. Кроме накопления йода в сельскохозяйственной продукции, были отмечены устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды, резистентность организма к заболеваниям, повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, птиц и ценных видов рыб [2].

В исследованиях по влиянию йода на продуктивность молоди радужной форели была использована кормовая добавка – йодированные дрожжи, – выпускаемые ООО «Биоамид» г. Саратов. Это желтый порошок с характерным запахом дрожжей. Йод в дрожжах содержится в количестве 2,0 % в легкоусвояемой органической форме. Йодированные белки при воздействии температур не теряют стабильность.

Проведенные ранее исследования по использованию йодированных дрожжей в кормлении ленского осетра показали, что органический йод в составе дрожжей способен ускорять метаболические процессы в организме рыб, приводящие к интенсивному росту линейных размеров, массы тела и рыбопродуктивности в целом [3, 10, 5, 7].

Цель данной работы – оценка влияния органического йода в составе йодированных дрожжей на продуктивность молоди радужной форели при выращивании в лотках.

Материалы и методы. Эксперименты по изучению влияния биологически активной добавки – йодированные дрожжи – на продуктивность радужной форели были проведены в 2015-2016 гг.

Исследования проведены в два этапа: прогнозируемый в научно-исследовательской лаборатории «Технологии кормления и выращивания рыбы» кафедры «Кормление, зоогигиена и аквакультура» и научно-хозяйственный на базе ФГУП «Тепловский рыбопитомник» в Новобурасском районе Саратовской области за счет средств гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МД – 6254.2014.4. по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема исследований

Этап	Тип кормления	Группа	Количество особей
Прогнозируемый опыт	Продукционный экструдированный комбикорм (ОР)	контрольная	12
	ОР с йодом в количестве 200 мкг на 1 кг массы рыбы	1-я опытная	11
	ОР с йодом в количестве 250 мкг на 1 кг массы рыбы	2-я опытная	11
	ОР с йодом в количестве 300 мкг на 1 кг массы рыбы	3-я опытная	11
Научно-хозяйственный опыт	Стартерный и продукционный экструдированный комбикорм (ОР)	контрольная	310
	ОР с йодом в количестве 300 мкг йода на 1 кг массы рыбы	опытная	310

Прогнозируемый опыт проводили в аквариумах научно-исследовательской лаборатории «Технологии кормления и выращивания рыбы», объемом 250 л [6]. Для разработки оптимальной нормы скармливания йодированной добавки была отобрана молодь радужной форели и распределена на 4 группы: по 11 особей в 3 опытные группы и 12 особей в контрольную группу. Средняя масса рыбы в начале эксперимента была около 95 г. Опыт длился в течение 49 дней. Рыбы опытных и контрольной групп получали сбалансированный по питательным веществам продукционный экструдированный комбикорм. Опытные группы получали ОР с йодированными дрожжами в различных концентрациях. Кормили форель 4 раза через равные промежутки времени в светлое время суток.

Научно-хозяйственный опыт был проведен в течение 168 дней с мая по октябрь на территории ФГУП «Тепловский рыбопитомник» Новобурасского района Саратовской области. Для эксперимента отобрали молодь радужной форели, средней массой около 3 г и разместили их по 310 особей в опытную и контрольную группы. Форель содержалась в лотках размером 3,0х0,7х1,0 м.

По мере роста рыбам контрольной и опытной групп скармливали сбалансированные по всем питательным веществам экструдированные комбикорма в зависимости от возраста и массы тела: стартерные и продукционные с соответствующим диаметром гранул. Контрольная группа получала только гранулированный комбикорм (ОР), а молодь опытной группы скармливали комбикорм с биологически активной добавкой – йодированные дрожжи, – содержащей йод в дозе 300 мкг на 1 кг массы тела. Кормление радужной форели в период научно-хозяйственного опыта проводилось 6-8 раз через равные промежутки в дневное время суток.

Суточную норму кормления рассчитывали с учетом температуры воды, содержания в воде растворенного кислорода и массы рыбы [8]. Ежедневно следили за поедаемостью корма и выживаемостью рыбы. Для корректировки суточных норм кормления через каждую неделю на протяжении всего опыта рыбу взвешивали и определяли среднюю массу. На основании контрольных взвешиваний был рассчитан абсолютный, относительный и среднесуточный прирост радужной форели. Ежедневно в 12:00 ч определяли температуру воды, содержание растворённого кислорода, рН.

Гидрохимические показатели воды определяли как в начале, так и в конце опытов. Полученные в опытах данные обработаны биометрическим методом регрессионного анализа с использованием программного пакета MS Excel 2007.

Результаты и обсуждение. В течение прогнозируемого опыта температура воды находилась в пределах физиологической нормы для радужной форели и составляла 10-14 °С. Значения рН, количество растворенного кислорода и другие гидрохимические показатели были в оптимальных пределах для содержания и выращивания форели согласно ОСТ 15.282-83.

Результаты прогнозируемого опыта показали, что радужная форель в 3-й опытной группе, получавшая органический йод в составе йодированных дрожжей, в количестве 300 мкг йода на 1 кг массы рыбы, имела большую скорость роста при наименьших затратах корма на 1 кг прироста, по сравнению с рыбами контрольной и других опытных групп (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты научных исследований

Показатель	Прогнозируемый опыт				Научно-хозяйственный опыт	
	кон- трольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная	кон- трольная	опыт- ная
Средняя масса рыбы в начале опыта, г	96,2 ± 2,1	95,5 ± 2,3	95,6 ± 2,3	94,8 ± 2,4	3,45 ± 0,003	3,42 ± 0,003
Средняя масса рыбы в конце опыта, г	197,9 ± 3,1	209,4 ± 3,1*	220,7 ± 2,7***	234,9 ± 3,2***	59,14 ± 2,0	69,64 ± 4,1
Абсолютный прирост рыбы, г	101,7	113,9	125,1	140,1	55,7	66,2
Относительный прирост, %	105,7	119,3	130,9	147,8	1614,5	1935,7
Среднесуточный прирост рыбы, г	2,1	2,3	2,6	2,9	0,4	0,5
Затраты комбикорма на 1 кг прироста рыбы, кг	1,10	1,02	0,97	0,92	1,17	1,08
Выживаемость, %	100	100	100	100	95,5	97,7

*P>0,95; ** P>0,99; ***P>0,999

Научно-хозяйственный опыт проводился в лотках объемом 2,1 м³ под открытым небом. Водообеспечение лотков осуществлялось из пруда-отстойника, который заполнялся водой из артезианской скважины. Температура воды на протяжении опыта колебалась в пределах 6-14°С. Содержание растворенного кислорода было на уровне 9-11 мг/л. Активная реакция среды рН – 6,5-7. Качество воды в лотках соответствовало оптимальным нормам ОСТ 15.282-83 и ОСТ 15.247-81 и была пригодна для выращивания радужной форели.

На основании данных опыта установлено, что при введении в рацион молоди радужной форели йодированных дрожжей в опытной группе повысилась сохранность рыбы на 2,2 %, по сравнению с контрольной группой. Абсолютный прирост массы рыбы в опытной группе вырос на 15,86 %, а затраты комбикорма на 1 килограмм прироста снизились на 7,69 %, по сравнению с контролем.

На основании полученных в конце опыта рыбоводно-биологических показателей была определена экономическая эффективность использования йодированных дрожжей в кормлении молоди радужной форели (таблица 3).

Затраты на выращивание сеголетков радужной форели в опытной группе были на 0,66 тыс. руб. больше, чем в контрольной за счет введения в рацион опытной группы биологически активной добавки, увеличения стоимости скормленных комбикормов и, соответственно, рыбы.

Таблица 3 – Экономическая эффективность

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Ихтиомасса мальков форели в начале, кг	1,07	1,06
Ихтиомасса сеголетков форели в конце, кг	17,51	21,10
Прирост молоди форели, кг	16,45	20,03
Количество мальков форели в начале, экз.	310	310
Выживаемость сеголетков, %	95,5	97,7
Стоимость мальков форели, тыс. руб.	1,07	1,06
Затраты комбикорма на 1 кг прироста молоди форели, кг	1,17	1,08
Стоимость всего скормленного корма, руб.	2825,27	3307,61
Выручка от реализации сеголетков форели, тыс. руб.	7,88	9,50
Себестоимость сеголетков форели, тыс. руб.	5,45	6,11
Прибыль от реализации сеголетков форели, тыс. руб.	2,43	3,39
Дополнительно полученная прибыль от реализации сеголетков, тыс. руб.		0,96
Рентабельность производства, %	44,59	55,48

При этом наибольший прирост ихтиомассы в опытной группе позволил получить большую прибыль от реализации рыбы, по сравнению с контрольной группой. Это позволило повысить рентабельность производства в опытной группе на 10,89 %, по сравнению с контролем.

Затраты на выращивание сеголетков радужной форели в опытной группе были на 0,66 тыс. руб. больше, чем в контрольной за счет введения в рацион опытной группы биологически активной добавки, увеличения стоимости скормленных комбикормов и, соответственно, рыбы.

При этом наибольший прирост ихтиомассы в опытной группе позволил получить большую прибыль от реализации рыбы, по сравнению с контрольной группой. Это позволило повысить рентабельность производства в опытной группе на 10,89 %, по сравнению с контролем.

Заключение. Результаты исследований установили положительное влияние биологически активной добавки –йодированные дрожжи – в количестве 300 мкг на 1 кг массы рыбы, используемой в кормлении молоди радужной форели при выращивании в лотках на повышение общего прироста ихтиомассы и качества рыбной продукции. Применение органического йода в кормлении радужной форели снижает затраты кормов на один килограмм прироста массы рыбы, позволяет получить дополнительную прибыль от реализации посадочного материала и достигает рентабельности производства 55,48 %.

Библиографический список

1. Авдосьева, Н.В. Содержание йода в прудах и уровень его накопления при экспериментальном внесении [Текст] / Н.В. Авдосьева // Развитие прудового рыбоводства и рациональное освоение водоемов и водохранилищ. – М.: ВНИИПРХ, 1971. – 364 с.
2. Берзинь, Я.М. Микроэлементы в животноводстве [Текст] / Я.М. Берзинь, В.Т. Самохин. – М.: Знание, 1968. – 32 с.
3. Влияние йода на продуктивность ленского осетра [Текст] / А.А. Васильев, И.В. Поддубная, И.В. Акчурина, О.Е. Вилутис, А.А. Карасев, А.В. Пономарев // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 82-84.
4. Герасимов, Г.А. Йоддефицитные заболевания. Диагностика, методы профилактики и лечения (обзор) [Текст] / Г.А. Герасимов, Н.Ю. Свириденко // Терапевтический архив. – 1997. – Т 69. – № 10. – С. 17-19.

5. Карасев, А.А. Эффективность применения в кормлении двухлеток карпа повышенной дозы йода в условиях садкового выращивания [Текст] / А.А. Карасев, И.В. Поддубная, А.А. Васильев // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 10. – С. 28-30.

6. Лабораторная установка для научных исследований по кормлению и выращиванию рыбы [Текст]: патент на полезную модель № 95972 Российская Федерация, МПК А 01 К 63/00 (2006.01)/ Васильев А.А., Волков А.А., Гусева Ю.А., Коробов А.П., Хандожко Г.А. // патентообладатель федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова». – 2010109565/22; заявл. 15.03.2010; опубл. 20.07.2010, Бюл. № 20.

7. Масленников, Р.В. Оценка эффективности применения йодированных дрожжей в кормлении ленского осетра при выращивании в садках [Текст] / Р.В. Масленников, И.В. Поддубная, А.А. Васильев // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 5. – С. 20-23.

8. Пономарев, С.В. Биологические основы разведения осетровых и лососевых рыб на интенсивной основе. [Текст] / С.В. Пономарев, Е.Н. Пономарева. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003. – 255 с.

9. Спиридонов, А.А. Обогащение йодом продукции животноводства. Нормы и технологии. [Текст] / А.А. Спиридонов, Е.В. Мурашова. – СПб.: ООО «Типография «Береста», 2010. – 96 с.

10. Эффективность использования йодированных дрожжей в кормлении ленского осетра [Текст] / Ю.Н. Зименс, А.А. Васильев, И.В. Акчурина, И.В. Поддубная, А.С. Семькина // Аграрный научный журнал (Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова). – 2014. – № 10. – С. 20–23.

11. Horn-Ross, P.L. Iodine and thyroid cancer risk among women in a multiethnic population: the Bay Area Thyroid Cancer Study [Text] / P.L. Horn-Ross, J.S. Morris, M. Lee // Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. - 2001. – Vol. 10. – P. 979-985

12. Huda, S.N. Biochemical hypothyroidism secondary to iodine deficiency is associated with poor school achievement and cognition in Bangladeshi children [Text] / S.N. Huda, S.M. Grantham Mc. Gregor, K.M. Rahman // J. Nutr. - 1999. - Vol. 129(5). - P. 980—987.

13. Kaufmann, S. Iodine in milk by supplementing feed: An additional strategy to erase iodine deficiency [Text] / S. Kaufmann, J. Kursa, V. Kroupova, W.A. Rambeck. // Vet. Med. — Czech. - 1998. - 43 - P. 173–178.

14. Schmid, S. Marine algae as natural source of iodine in the feeding of freshwater fish - a new possibility to improve iodine supply of man [Text] / S. Schmid, D. Ranz, M.L. He, S. Burkard, M.V. Lukowicz, R. Reiter, R. Arnold, H. Le Deit, M. David and W.A. Rambeck // Revue Méd. Vét. – 2003. - № 10. - P. 645-648.

Reference

1. Avdos'eva, N. V. Soderzhanie joda v prudah i uroven' ego nakopleniya pri [k]sperimental'nom vnesenii [Tekst] / N. V. Avdos'eva // Razvitie prudovogo rybovodstva i racional'noe osvoenie vodoemov i vodohranilisch. - M.: VNIIPRH, 1971. - 364 s.

2. Berzin', Ya. M. Mikro]lementy v zhivotnovodstve [Tekst] / Ya. M. Berzin', V. T. Samohin. - M.: Znanie, 1968. - 32 s.

3. Vliyanie joda na produktivnost' lenskogo osetra [Tekst] / A. A. Vasil'ev, I. V. Poddubnaya, I. V. Akchurina, O. E. Vilutis, A. A. Karasev, A. V. Ponomarev // Rybnoe hozyajstvo. - 2014. - № 3. - S. 82-84.

4. Gerasimov, G. A. Joddeficitnye zabolevaniya. Diagnostika, metody profilaktiki i lecheniya (obzor) [Tekst] / G. A. Gerasimov, N. Yu. Sviridenko // Terapevticheskij arhiv. - 1997. - T 69. - № 10. - S. 17-19.

5. Karasev, A. A. Jeffektivnost' primeneniya v kormlenii dvuhletok karpa povyshennoj dozy joda v usloviyah sadkovogo vyrashchivaniya [Tekst] / A. A. Karasev, I. V. Poddubnaya, A. A. Vasil'ev // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2015. - № 10. - S. 28-30.

6. Laboratornaya ustanovka dlya nauchnyh issledovaniy po kormleniyu i vyrashchivaniyu ryby [Tekst]: patent na poleznuyu model' № 95972 Rossijskaya Federaciya, MPK A 01 K 63/00 (2006.01)/ Vasil'ev A. A., Volkov A. A., Guseva YuA., Korobov A. P., Handozhko G. A. // patentoobladatel'

federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya «Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N. I. Vavilova». - 2010109565/22; zayavl. 15.03.2010; opubl. 20.07.2010, Byul. № 20.

7. Maslennikov, R. V. Ocenka jeffektivnosti primeneniya jodirovannyh drozhzhej v kormlenii lenskogo osetra pri vyraschivanii v sadkah [Tekst] / R. V. Maslennikov, I. V. Poddubnaya, A. A. Vasil'ev // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. - 2015. - № 5. - S. 20-23.

8. Ponomarev, S. V. Biologicheskie osnovy razvedeniya osetrovyyh i lososevyh ryb na intensivnoj osnove [Tekst] / S. V. Ponomarev, E. N. Ponomareva. - Astrahan': Izd-vo AGTU, 2003. - 255 s.

9. Spiridonov, A. A. Obogaschenie jodom produkcii zhivotnovodstva. Normy i tehnologii. [Tekst] / A. A. Spiridonov, E. V. Murashova. - SPb.: ООО «Типография "Beresta"», 2010. - 96 s.

10. Jeffektivnost' ispol'zovaniya jodirovannyh drozhzhej v kormlenii lenskogo osetra [Tekst] / Yu. N. Zimens, A. A. Vasil'ev, I. V. Akchurina, I. V. Poddubnaya, A. S. Semykina // Agrarnyj nauchnyj zhurnal (Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova). - 2014. - № 10. - S. 20-23.

11. Horn-Ross, P.L. Iodine and thyroid cancer risk among women in a multiethnic population: the Bay Area Thyroid Cancer Study [Text] / P.L. Horn-Ross, J.S. Morris, M. Lee // Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. - 2001. - Vol. 10. - P. 979-985

12. Huda, S.N. Biochemical hypothyroidism secondary to iodine deficiency is associated with poor school achievement and cognition in Bangladeshi children [Text] / S.N. Huda, S.M. Grantham Mc. Gregor, K.M. Rahman // J. Nutr. - 1999. - Vol. 129(5). - P. 980-987.

13. Kaufmann, S. Iodine in milk by supplementing feed: An additional strategy to erase iodine deficiency [Text] / S. Kaufmann, J. Kursá, V. Kroupová, W.A. Rambeck. // Vet. Med. - Czech. - 1998. - 43 - P. 173-178.

14. Schmid, S. Marine algae as natural source of iodine in the feeding of freshwater fish - a new possibility to improve iodine supply of man [Text] / S. Schmid, D. Ranz, M.L. He, S. Burkard, M.V. Lukowicz, R. Reiter, R. Arnold, H. Le Deit, M. David and W.A. Rambeck // Revue Md. Vt. - 2003. - № 10. - R. 645-648.

E-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

УДК 637.146.344

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯПОНСКОГО ЧАЯ МАТЧА

ELABORATION PRODUCTION TECHNOLOGY OF YOGURT USING JAPANESE MATCHA TEA

Т.Т. Ву¹, магистрант

И.В. Мгебришвили¹, ассистент

В.Н. Храмова^{1,2}, доктор биологических наук, профессор

Т.Ю. Животова³, кандидат биологических наук, старший преподаватель

T.T. Vu¹, I.V. Mgebrishvili¹, V.N. Hramova^{1,2}, T.S. Zhivotova³

¹Волгоградский государственный технический университет,

²ГНУ Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

³Донской государственный аграрный университет, Ростовская обл.

¹Volgograd State Technical University

²Volga region Meat and Dairy Products Processing Research Institute

³Donskoy State Agrarian University

В статье изложены материалы, посвященные проблеме расширения ассортимента кисломолочных продуктов функциональной направленности. Проанализировано состояние отечественного рынка йогуртов. Обоснована необходимость разработки продуктов питания, обогащенных незаменимыми нутриентами. С этой целью была разработана технология производства йогуртов с исполь-

зованием японского чая Матча. Научно обоснован и экспериментально доказан положительный эффект от применения чая Матча в рецептуре кисломолочных продуктов. Для максимального сохранения полезных свойств чайных листьев в конечном продукте предложен способ экстрагирования чайного порошка молоком-сырьем. Проведен ряд экспериментов с использованием в рецептуре нового кисломолочного продукта модифицированных крахмалов. Представлены органолептические и физико-химические показатели экспериментальных образцов. В ходе исследования были определены такие физико-химические показатели, как массовая доля сухих веществ и вязкость. Причем значение вязкости определялось методом капиллярной вискозиметрии в динамике, то есть при различных температурных режимах, что также позволило оценить стабильность исследуемых пищевых систем. Посредством этого исследования выявлена стадия технологического процесса наиболее рациональная для внесения крахмала в йогуртовую массу. Для изготовления экспериментальных образцов адаптировали технологию производства йогуртов к лабораторным условиям, и на базе лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» ВолгГТУ были произведены контрольный и опытные образцы.

The article presents materials on the problem of expanding the range of fermented milk product functional orientation. It analyses the state of the domestic market of yogurts, the necessity of the elaboration of food products enriched with irreplaceable nutrients. For this purpose, the production technology of yogurt has been elaborated using the Japanese tea Matcha. Scientifically substantiated and experimentally proven the positive effect of the use of Matcha in the recipe of fermented milk products. For maximal preservation of useful properties of tea leaves in the final product, a method for extracting tea powder with raw milk is proposed. some experiments are carried out with the use of modified starches in the recipe of a new fermented milk product. Presented organoleptic and physico-chemical characteristics of experimental specimen. During research, it has been determined such as mass fraction of solids and the viscosity. The value of viscosity was determined by the method of capillary viscosimetry in dynamics, that is in different temperature regimes, which also made it possible to evaluate the stability of the investigated food systems. Through this study was identified the stage of technology process; That is the most efficient for making a starch to yogurt mass. For the manufacture of experimental specimen, the technology of yoghurt production was adapted to laboratory conditions and control and on the basis of the laboratory of the Department "Technology of food productions" of VSTU was produced control and experimental specimen.

Ключевые слова: кисломолочный продукт, йогурт, чай Матча, крахмал, массовая доля сухих веществ, кислотность, вязкость.

Key words: fermented milk product, yogurt, Matcha tea, starch, mass fraction of solids, acidity, viscosity.

Введение. В настоящее время вопросы производства продуктов функционального назначения находятся в центре внимания специалистов, занимающихся разработкой современных технологий и критериев качества пищевых продуктов [3]. В России традиционно выпускают широкий ассортимент кисломолочных продуктов, клинические испытания которых показали их высокое лечебно-профилактическое действие при различных желудочно-кишечных заболеваниях [1]. Интерес к продуктам, направленным на нормализацию состава или повышение биологической активности нормальной микрофлоры кишечника, увеличивается с каждым годом [5]. Эксперты ММФ называют их «продуктами здоровья» и считают, что в XXI веке эти продукты будут занимать наибольший объем в производстве молочных продуктов [4]. В связи с вышеприведенными фактами, расширение ассортимента йогуртов с помощью нетрадиционных сырьевых ингредиентов, проявляющих необходимые функционально-технологические свойства, приобретает особую актуальность и является целью данной технологической разработки.

Материалы и методы. Материал исследования составляли сырьевые ингредиенты, а именно, молоко коровье, японский чай Матча, DVS-закваска прямого внесения Danisco YO-MIX, состоящая из смеси чистых культур: болгарской палочки (*Lactobacillus bulgaricus*) и термофильного стрептококка (*Streptococcus thermophilus*), кукурузный модифицированный крахмал gletel BAW и, непосредственно, выработанный йогурт.

Каждый из компонентов разработанной рецептуры в отдельности обладает рядом полезных свойств, что не дает усомниться в положительном эффекте от употребления продукта в целом. Выбор в качестве ингредиента растительного происхождения японского чая Матча обусловлен комплексом его функционально-технологических свойств [7].

Благодаря уникальной обработке и технологии изготовления, чай Матча является одним из самых полезных напитков в мире. В нем содержится в 137 раз больше антиоксидантов и в 10 раз больше питательных веществ, чем в обычном листовом чае. В его листьях найдены белки – 20-22 %, сахара – 3-15 %, гемицеллюлоза – 6-18 %, пектиновые вещества – 10-12 %, а также органические кислоты и смолы, эфирные масла, другие соединения, участвующие в формировании неповторимого чайного аромата [8].

На организм человека экстракт чая Матча воздействует как продукт, обладающий не только пищевыми свойствами, но и тонизирующим действием. Это обусловлено тем, что в чае содержится большое разнообразие веществ, находящихся к тому же в легкоусвояемой форме. В чайном листе присутствуют алкалоиды – кофеин и сопутствующие ему теофиллин и теобромин, которые придают чаю тонизирующие свойства. Установлено также, что чайное растение синтезирует в больших количествах различные катехины и другие полифенольные соединения, обладающие свойствами витамина Р. Помимо этого, в чае накапливаются и другие витамины и витаминоподобные соединения – аскорбиновая кислота, тиамин, рибофлавин, никотиновая, пантотеновая и фолиевая кислоты, каротиноиды [9]. Чай Матча является богатым источником минеральных веществ. В таблице 1 приведен химический состав, обнаруженный в листьях чая [10].

Таблица 1 – Химический состав листьев чая Матча

Наименование показателя	Содержание, %
Белки	20-22
Сахара	3-15
Гемицеллюлоза	6-18
Пектиновые вещества	10-12

Важно отметить, что авторами статьи разработан способ внесения чая Матча при производстве нового йогурта, таким образом, что заварка не выбрасывается, а в измельченном виде в полном объеме присутствует в конечном продукте. Это и обуславливает широкий спектр полезных свойств инновационного кисломолочного продукта.

Оценка качества экспериментальных образцов йогурта проводилась по следующим общепринятым методикам: титруемая кислотность – титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92; массовая доля сухих веществ – методом высушивания по ГОСТ 3626-73; плотность – ареометрическим методом по ГОСТ Р 54758-2011. Определение наиболее рациональной стадии для внесения загустителя в йогуртовую массу осуществлялось методом капиллярной вискозиметрии с помощью вискозиметра типа ВЗ-246 согласно ГОСТ 9070-75.

Результаты. По результатам исследований разработаны рецептура и технология инновационного йогурта со вкусом японского чая Матча. При производстве йогурта отобранное по качеству и очищенное молоко нормализуют по массовой доле жира и сухих веществ [6]. Нормализованное молоко подогревают до 80 °С, вносят сухие ингредиенты: японский чай Матча и сахар. Смесь настаивают в течение 15 минут при постоянном перемешивании. Полученную смесь фильтруют и гомогенизируют при давлении 15±2,5 МПа и температуре 65-70 °С. Профильтрованную и гомогенизированную смесь пастеризуют при 92±2 °С с выдержкой 2-8 мин или при 87±2 °С с выдержкой 10-15 мин. После пастеризации и гомогенизации смесь охлаждают до температуры 40±2 °С. В пастеризованную и охлажденную смесь вносят DVS-закваску Danisco YOMIX. После внесения закваски смесь перемешивают 15 минут. Сбраживание производят в резервуарах для кисломолочных напитков с охлаждаемой рубашкой, снабженных специальными мешалками. Процесс сквашивания проводят в течение 3-4 часов до получения требуемой консистенции и титруемой кислотности 75-80 °Т. Полученный сгусток перемешивают и направляют на розлив [2].

Для оптимизации технологического процесса производства нового кисломолочного продукта по разработанной технологии была произведена экспериментальная выработка нескольких образцов йогурта: контрольного – без добавления крахмала, образца № 1 – с добавлением крахмала перед стадией сквашивания, образца № 2 – с добавлением крахмала во время сквашивания (после 3 ч) и образца № 3 – с добавлением крахмала после сквашивания. Каждый из выработанных образцов подвергался органолептическому и физико-химическому анализам. Сенсорные показатели исследуемых образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели образцов йогурта

Наименование показателя	Образец			
	контрольный	№ 1	№ 2	№ 3
Внешний вид и консистенция	однородная, с нарушенным сгустком, в меру вязкая	однородная, с нарушенным сгустком, в меру вязкая, с наличием включений нерастворимых частиц чая	однородная, с нарушенным сгустком, сметанообразная, с наличием включений нерастворимых частиц чая	
Вкус и запах	чистые, кисломолочные, без постоянных привкусов и запахов	зеленого чая, кисломолочные, сладкий вкус, с привкусом чая		
Цвет	молочно-белый, однородный	зеленоватый, с вкраплениями нерастворимых частиц		

Внесение модифицированного кукурузного крахмала gletel BAW в выработанные экспериментальные образцы йогуртов никак не повлияло на вкус, запах и цвет продуктов. Все образцы имели зеленоватый цвет, сладкий вкус, приятный привкус и запах зеленого чая. Внешний же вид и консистенция существенно отличались. Контрольный образец и образец № 1 имели структуру свойственную питьевым йогуртам, образцы № 2 и 3 характеризовались как более плотные и вязкие пищевые системы, консистенция которых сходна с консистенцией кисломолочных продуктов, полученных термостатным способом, без нарушения сгустка.

Физико-химический анализ заключался в определении таких показателей, как массовая доля сухих веществ и кислотность. Показатели качества исследуемых образцов представлены в таблице 3.

Результаты физико-химического анализа говорят о повышении массовой доли сухих веществ пропорционально количеству сухих ингредиентов в смеси, что является очевидным фактом, а также о незначительном понижении кислотности в той же закономерности.

Таблица 3 – Физико-химические показатели образцов йогурта

Наименование показателя	Образец			
	контрольный	№ 1	№ 2	№ 3
Массовая доля сухих веществ, %	16	18	18	18
Кислотность, °Т	98	96	96	96

На следующем этапе экспериментальных исследований определяли вязкость образцов йогурта с помощью метода капиллярной вискозиметрии посредством использования вискозиметра типа ВЗ-246. Вязкость определяли в температурном диапазоне, начиная от температуры хранения $4 \pm 2^\circ\text{C}$ и заканчивая комнатной температурой. По полученным данным построили графики зависимости вязкости от температуры (рисунок 1).

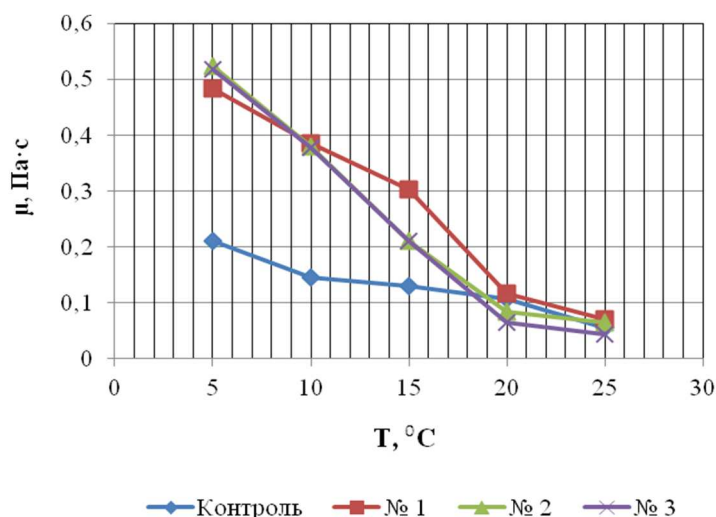


Рисунок 1 – Кривые вязкости опытных образцов

При сравнении значений динамической вязкости у опытных образцов йогурта видно, что наименьшее значение вязкости у контрольного образца, наибольшее значение имеют образцы № 2 и № 3. Но при этом контрольный образец является самой устойчивой пищевой системой, так как при повышении температуры до 25°C значение динамической вязкости у всех образцов примерно одинаково. Таким образом, можно сделать вывод, что внесение крахмала gletel BAW после завершения процесса сквашивания придает охлажденному продукту наиболее густую консистенцию, но при комнатных температурах структура продукта без стабилизатора аналогична структуре продукта со стабилизатором, то есть крахмал gletel BAW не обеспечивает стабильности пищевой системы при повышенных температурах.

Таким образом, учитывая совокупность результатов полученных при органолептическом, физико-химическом и реологическом анализах можно сделать вывод, что для получения питьевых йогуртов, расфасованных в ПЭТ бутылки или упаковку Tetra Pak, внесение крахмала не является обязательной стадией технологического процесса. Для получения же йогуртов классической консистенции наиболее рационально добавлять стабилизатор после стадии заквашивания.

Новизна разработки заключается в обосновании эффективности использования чая Матча в рецептуре йогуртов. Использование зеленого чая Матча в рецептуре йогуртов положительно влияет на их реологические свойства и повышает пищевую ценность продуктов. Технология изготовления инновационных йогуртов пригодна для широкого производства, а разработанный способ внесения чая Матча обеспечивает широкий спектр полезных свойств, так как заварка не выбрасывается, а в измельченном виде в полном объеме присутствует в конечном продукте. В результате получается инновационный кисломолочный продукт, обладающий отличными органолептическими показателями, высокой пищевой и биологической ценностью. Практическая и социальная значимость исследования проявляются в расширении ассортимента кисломолочных продуктов функциональной направленности.

Библиографический список

1. Бессонова, Л.П. Качество молочных продуктов как гарантия повышения конкурентоспособности [Текст] / Л.П. Бессонова, А.В. Черкасова // Молочная промышленность. – 2015. – № 4. – С. 22-25.
2. Крус, Г. Н. Технология молока и оборудование предприятий молочной промышленности [Текст]: учеб. пособие / Г. Н. Крус, В. Г. Тиняков, Ю. Ф. Фофанов. – М. : Агропромиздат, 1986. – 280 с.
3. Мгебришвили, И.В. Создание функциональных десертных продуктов с использованием вторичных ресурсов и растительного регионального сырья / И.В. Мгебришвили, В.Н. Храмова, А.А. Короткова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2. – С. 205-207.
4. Развитие производства функциональных пищевых продуктов [Электронный ресурс]. – [2016]. – Режим доступа: <http://www.milkbranch.ru/publ/view/270.html>
5. Системные технологии в обеспечении качества продуктов питания [Текст] : монография / И.Ф. Горлов, М.И. Сложенкина, А.А. Короткова, Н.И. Мосолова, Е.Ю. Злобина, В.Н. Храмова / ВолгГТУ. – Волгоград, 2015. – 191 с.
6. Технология молока и молочных продуктов [Текст] : учеб. для вузов / Г.В. Твердохлеб, З. Х. Диланян, Л.В. Чекулаева и др. – М.: Агропромиздат, 1991. – 462 с.
7. Тинь, В.Т. Производство йогурта с использованием чая Матча [Текст] / В.Т. Тинь // Смотр-конкурс научных, конструкторских и технологических работ студентов Волгоградского государственного технического университета (г. Волгоград, 10-13 мая 2016 г.) : тез. докл. / редкол.: А.В. Навроцкий (отв. ред.) [и др.] ; ВолгГТУ, Совет СНТО. – Волгоград, 2016. – С. 189.
8. Belza A. The effect of caffeine, green tea and tyrosine on thermogenesis and energy intake / A. Belza, S. Toubro, A. Astrup // European Journal of Clinical Nutrition. – (2009) 63– P. 57-64.
9. V. R. Sinija, & H. N. Mishra. Green tea: Health benefits. / Journal of Nutritional & Environmental Medicine. – 2008. – 17(4). – P. 232–242.
10. Fujiki H, Suganuma M, Kurusu M, Okabe S, Imayoshi Y, Taniguchi S, Yoshida T. New TNF-alpha releasing inhibitors as cancer preventive agents from traditional herbal medicine and combination cancer prevention study with EGCG and sulindac or tamoxifen. / Mutat Res. – 2003. – P. 523-524:119-25.

Reference

1. Bessonova, L. P. Kachestvo molochnyh produktov kak garantiya povysheniya konkurentosposobnosti [Tekst] / L. P. Bessonova, A. V. Cherkasova // Molochnaya promyshlennost'. - 2015. - № 4. - S. 22-25.
2. Krus', G. N. Tehnologiya moloka i oborudovanie predpriyatij molochnoj promyshlennosti [Tekst]: ucheb. posobie / G. N. Krus', V. G. Tinyakov, Yu. F. Fofanov. M. : Agropromizdat, 1986. ? 280 s.
3. Mgebrishvili, I. V. Sozdanie funktsional'nyh desertnyh produktov s ispol'zovaniem vtorichnyh resursov i rastitel'nogo regional'nogo syr'ya / I. V. Mgebrishvili, V. N. Hramova, A. A. Korotkova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 2. - S. 205-207.

4. Razvitie proizvodstva funkcional'nyh pischevyh produktov [Elektronnyj resurs]. - [2016]. - Rezhim dostupa: <http://www.milkbranch.ru/publ/view/270.html>
5. Sistemnye tehnologii v obespechenii kachestva produktov pitaniya [Tekst] : monografiya / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, A. A. Korotkova, N. I. Mosolova, E. Yu. Zlobina, V. N. Hramova / VolgGTU. - Volgograd, 2015. - 191 s.
6. Tehnologiya moloka i molochnyh produktov [Tekst] : ucheb. dlya vuzov / G. V. Tverdohleb, Z. X. Dilanyan, L. V. Chekulaeva i dr. - M.: Agropromizdat, 1991. - 462 c.
7. Tin', V. T. Proizvodstvo jogurta s ispol'zovaniem chaya Matcha [Tekst] / V. T. Tin' // Smotr-konkurs nauchnyh, konstruktorskih i tehnologicheskikh rabot studentov Volgogradskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (g. Volgograd, 10-13 maya 2016 g.) : tez. dokl. / redkol.: A. V. Navrockij (otv. red.) [i dr.] ; VolgGTU, Sovet SNTU. - Volgograd, 2016. - С. 189.
8. Belza A. The effect of caffeine, green tea and tyrosine on thermogenesis and energy intake / A. Belza, S. Toubro, A. Astrup // European Journal of Clinical Nutrition. - (2009) 63- P. 57-64.
9. V. R. Sinija, & H. N. Mishra. Green tea: Health benefits. / Journal of Nutritional & Environmental Medicine. - 2008. - 17(4). - P. 232-242.
10. Fujiki H, Suganuma M, Kurusu M, Okabe S, Imayoshi Y, Taniguchi S, Yoshida T. New TNF-alpha releasing inhibitors as cancer preventive agents from traditional herbal medicine and combination cancer prevention study with EGCG and sulindac or tamoxifen. / Mutat Res. - 2003. - P. 523-524:119-25.

E-mail: hramova_vn@mail.ru

УДК 636.4.082.087.7

ПОВЫШЕНИЕ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ХРЯКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

INCREASE OF REPRODUCTIVE QUALITY OF BOARS-PRODUCERS AT USE IN ANIMAL FEEDS

Д.С. Юшкин¹, аспирант

Д.К. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.Т. Варакин^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. Харламова¹, кандидат биологических наук, старший преподаватель

D.S. Yushkin¹, D.K. Kulik¹, A.T. Varakin^{1,2}, E.A. Kharlamova¹

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Федеральный научный центр агроэкологии,
мелиорации и защитного лесоразведения РАН

¹Volgograd State Agrarian University

²Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective afforestation
of the Russian Academy of Sciences

Использование в рационе природного бишофита волгоградского месторождения отдельно и совместно с селенорганическим препаратом «Селенопиран» способствует повышению качества спермопродукции, воспроизводительных качеств хряков-производителей, переваримости и использования ими питательных веществ рационов. В главный период научно-хозяйственного опыта хряки контрольной группы получали основной рацион, а I и II опытных групп - в дополнение в основному рациону соответственно 8 мл бишофита на 1 голову в сутки и 8 мл бишофита на 1 голову в сутки совместно с препаратом «Селенопиран» из расчёта 0,833 мг на 1 кг комбикорма. За главный период опыта (75 дней), объём эякулята в среднем у 1 хряка I опытной группы был больше на 8,23 и II опытной – на 9,76 %, чем у аналогов контрольной группы (328 мл). Концентрация спермиев в 1 мл спермы, по сравнению с контрольной (0,217 млрд) в среднем у хряков I и II опытных групп повысилась соответственно на 5,53 и 7,83 %. В среднем активность спермиев по сравнению с контролем (8,8 баллов), в I и II опытных группах повысилась на 6,82 и 9,09 %. Спермой каждого хряка сравниваемых групп было осеменено по 5 свиноматок. В среднем живая масса по-

поросят при рождении была больше у свиноматок I и II опытных групп, в сравнении с контролем (1,37 кг), соответственно на 3,65 и 5,84 %. По данному показателю, по сравнению с контролем (6,20 кг), при отъёме в возрасте 24 дней от свиноматок преимущество в опытных группах составило соответственно 6,45 и 7,10 %. Количество поросят к отъёму в среднем от одной свиноматки в контроле составило 10,9 голов, что меньше, чем в I и II опытных группах, соответственно на 7,34 и 9,17 %.

Use in the diet of the natural bishofit of the Volgograd deposit separately and together with the selenoplane preparation "Selenopiran" contributes to the improvement of the quality of sperm production, the reproductive qualities of boars-producers, digestibility and their use of nutrients in rations. In the main period of the scientific and economic experience, the boars of the control group received the basic diet, and in the first and second experimental groups, in addition to the main ration, respectively, 8 ml of bishofit per head per day and 8 ml of bishofit per head per day, together with the preparation "Selenopiran" from the calculation of 0.833 mg per 1 kg of mixed fodder. For the main period of the experiment (75 days), the average ejaculate volume in 1 boar of the 1st test group was 8.23 more and the experimental group 9.76% than in the control group (328 ml). The concentration of spermatozoa in 1 ml of sperm compared to the control (0.217 billion) in average in boars of the I and II test groups increased by 5.53 and 7.83%, respectively. On average, the activity of spermatozoa in comparison with the control (8.8 points) in the I and II trial groups increased by 6.82 and 9.09%. The sperm of each boar of the compared groups were inseminated for 5 sows. On average, the live weight of piglets at birth was higher in sows I and II of the experimental groups, compared with the control (1.37 kg), respectively, at 3.65 and 5.84%. In this indicator, compared with the control (6.20 kg) when weaning at the age of 24 days from the sows, the advantage in the experimental groups was 6.45 and 7.10%, respectively. The number of pigs to weaning averaged from one sow in the control was 10.9 heads, which is less than in the I and II test groups, respectively, by 7.34 and 9.17%.

Ключевые слова: хряки-производители, воспроизводительные качества, природный бишофит, селенорганический препарат, рацион, питательные вещества.

Key words: boars-producers, reproductive qualities, natural bishofit, selenium, ration, nutrients.

Введение. На продуктивные показатели сельскохозяйственных животных значительное влияние оказывают их наследственные качества [4] и условия содержания [2, 7]. При этом важными условиями для увеличения производства продукции животноводства, повышения продуктивных показателей сельскохозяйственных животных, совершенствования пород и улучшения генетического потенциала являются обеспечение полноценности рационов [3, 5] с использованием кормов высокого качества [9].

Причём, существенное влияние на продуктивность сельскохозяйственных животных оказывает обеспеченность их рационов минеральными элементами [6, 10]. В связи с этим, в практике животноводства, и в частности в свиноводстве, необходимо шире использовать минеральные добавки для балансирования рационов по недостающим макро- и микроэлементам.

Проблема обеспеченности рационов свиней минеральными элементами наиболее остро обозначилась в последние годы в связи с новыми научными данными и существенными изменениями в кормлении животных на комплексах промышленного типа, по сравнению с фермской технологией производства свинины.

В повышении эффективности ведения свиноводства особая роль отводится хрякам-производителям как улучшателям продуктивных качеств маточного поголовья с применением их искусственного осеменения спермой высокого качества. Максимальное использование метода искусственного осеменения находится в зависимости от правильной их эксплуатации, условий содержания, полноценности кормления.

При этом научный и практический интерес представляет применение в свиноводстве для улучшения минерального питания животных и повышения полноценности рационов природного бишофита волгоградского месторождения [1, 8].

Природный бишофит является минералом, основу которого составляет хлорид магния с комплексом жизненно необходимых макро- и микроэлементов. Содержание в бишофите многих жизненно необходимых минеральных элементов обусловило возможность использования его в качестве комплексной минеральной добавки в рационах животных.

Существенный интерес для науки и практики представляет использование данной природной минеральной кормовой добавки для хряков-производителей.

Целью проведённых нами исследований являлось изучение воспроизводительных качеств хряков-производителей при использовании в рационах природного бишофита волгоградского месторождения отдельно и совместно с селеноорганическим препаратом «Селенопиран».

Материалы и методы. Для достижения намеченной цели на свиноводческом комплексе ООО «ТопАгро» Городищенского района Волгоградской области был проведен научно-хозяйственный опыт. Исследования на животных были проведены методом групп. При постановке опыта были сформированы три группы хряков-производителей (одна контрольная и две опытных) по 5 голов в каждой. Подбор хряков в группы проводили по принципу аналогов с учётом породы, возраста, живой массы, интенсивности использования и качества спермопродукции. Условия содержания и ухода были одинаковыми для всех подопытных животных сравниваемых групп. Исследования провели согласно схеме научно-хозяйственного опыта, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Период	Группа хряков	Количество, голов	Продолжительность, дней	Характеристика кормления
Предварительный	Контрольная, I, II опытные	15	10	Основной рацион (ОР)
Переходный	Контрольная	5	5	ОР
	I опытная	5	5	ОР + 8 мл бишофита - приучение
	II опытная	5	5	ОР + 8 мл бишофита + «Селенопиран» (0,833 мг на 1 кг комбикорма) - приучение
Главный	Контрольная	5	75	ОР
	I опытная	5	75	ОР + 8 мл бишофита
	II опытная	5	75	ОР + 8 мл бишофита + «Селенопиран» (0,833 мг на 1 кг комбикорма)

В течение предварительного (уравнительного) периода научно-хозяйственного опыта хряки-производители всех групп получали основной рацион. В переходном периоде опыта хряки контрольной группы получали основной рацион, а их аналогов из I и II опытных групп приучали к испытуемым рационам. В главном (учётном) периоде научно-хозяйственного опыта животные контрольной группы получали основной рацион, а I и II опытных групп – испытуемые рационы. В кормлении подопытных хряков-производителей использовали полнорационный комбикорм. Рационы для подопытных хряков были разработаны по детализированным нормам кормления ВИЖа.

Результаты. Полученные результаты научно-хозяйственного опыта свидетельствуют о том, что использование в рационах природного бишофита волгоградского месторождения отдельно и совместно с селенорганическим препаратом «Селенопиран» оказало положительное влияние на качественные показатели полученной спермопродукции от хряков-производителей.

Так, за главный период научно-хозяйственного опыта, продолжительностью 75 дней, в среднем от одного хряка контрольной группы был получен эякулят объёмом 328 мл, I опытной группы 355 и II опытной 360 мл. В связи с этим, по сравнению с животными контрольной группы, объём эякулята у хряков-производителей I опытной группы был больше на 27 мл или 8,23 % при разнице статистически достоверной и значении уровня вероятности $P < 0,01$ и II опытной группы – на 32 мл или 9,76 % при разнице статистически достоверной и значении $P < 0,01$.

Согласно полученным данным в научно-хозяйственном опыте, концентрация спермиев в 1 мл спермы в среднем у хряков-производителей контрольной группы составила 0,217 млрд., I опытной – 0,229 и II опытной группы – 0,234 млрд. В связи с этим, по сравнению с аналогами контрольной группы у хряков I опытной группы изучаемый показатель повысился на 0,012 млрд или 5,53 % при разнице статистически достоверной и уровне вероятности $P < 0,05$ и II опытной группы – на 0,017 млрд или 7,83 % при разнице достоверной и уровне вероятности $P < 0,01$.

В научно-хозяйственном опыте установлено, что в среднем активность спермиев у хряков-производителей контрольной группы была 8,8 баллов, I опытной – 9,4 и II опытной группы – 9,6 баллов. Причём, по сравнению с животными контрольной группы, у их аналогов из I опытной группы исследуемый показатель повысился на 0,6 балла или 6,82 % при разнице статистически достоверной и уровне вероятности $P < 0,05$ и из II опытной группы – на 0,8 балла или 9,09 % при разнице достоверной и уровне вероятности $P < 0,01$.

На фоне научно-хозяйственного опыта нами были проведены физиологические исследования по изучению гематологических показателей подопытных хряков-производителей, переваримости и использования ими питательных веществ рационов. Полученные результаты исследований свидетельствовали о том, что у животных сравниваемых групп морфологические и биохимические показатели крови находились в пределах физиологической нормы. В сравнении с хряками контрольной группы у их аналогов из опытных групп были выявлены более высокие показатели переваримости сухого и органического вещества рационов, сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ, баланса азота и минеральных элементов (кальция, фосфора, магния). Наиболее высокие показатели переваримости и использования питательных веществ рационов установлены у хряков-производителей II опытной группы, получавших в дополнение к основному рациону природный бишофит из расчёта 8 мл на одну голову в сутки и селенорганический препарат «Селенопиран» (0,833 мг на 1 кг комбикорма).

Использование в рационах природного бишофита волгоградского месторождения отдельно и совместно с селенорганическим препаратом «Селенопиран» также оказало положительное влияние на воспроизводительные качества хряков-производителей.

Спермой каждого подопытного хряка-производителя сравниваемых групп было осеменено по 5 свиноматок. Полученные результаты исследований свидетельствовали о том, что в среднем живая масса поросят при рождении была больше у свиноматок из I и II опытных групп, в сравнении с контрольной группой (1,37 кг), соответственно на

0,05 или 3,65 % и 0,08 кг или 5,84 %. По изучаемому показателю в сравнении с контрольной группой (6,20 кг) при отъёме в возрасте 24 дней от свиноматок преимущество в опытных группах составило соответственно 0,40 или 6,45 % и 0,44 кг или 7,10 %.

В исследованиях выявлено, что количество поросят к отъёму в среднем от одной свиноматки в контрольной группе составило 10,9 голов, что меньше, чем у свиноматок I и II опытных групп, соответственно на 0,8 или 7,34 % и 1,0 головы или 9,17 %.

Обсуждение. Следовательно, использование природного бишофита волгоградского месторождения отдельно и совместно с селенорганическим препаратом «Селенопиран» способствовало повышению полноценности рационов хряков-производителей за счет лучшей обеспеченности их минерального питания, что оказало положительное влияние на переваримость и использование ими питательных веществ корма, а также позволило повысить продуктивные качества у хряков опытных групп. Лучший результат при этом установлен у хряков, получавших в дополнение к рациону природный бишофит и селенорганический препарат «Селенопиран». Морфологические и биохимические показатели крови у хряков-производителей сравниваемых групп были в пределах физиологической нормы.

Заключение. Таким образом, использование в рационах природного бишофита волгоградского месторождения отдельно и совместно с селенорганическим препаратом «Селенопиран» позволяет повысить качество спермопродукции хряков-производителей и их воспроизводительные показатели, переваримость и использование ими питательных веществ корма. При этом лучший результат достигается при использовании на одного хряка в сутки в дополнение к основному рациону 8 мл природного бишофита и селенорганического препарата «Селенопиран» из расчёта 0,833 мг на 1 кг комбикорма.

Библиографический список

1. Воспроизводительные качества хряков-производителей при использовании в рационе природного бишофита [Текст] / Д.С. Юшкин, Д.К. Кулик, А.Т. Варакин, В.В. Саломатин, Е.А. Харламова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 4 (44). – С. 177-182.
2. Карамаев, С.В. Научные и практические аспекты интенсификации производства молока: монография [Текст] / С.В. Карамаев, Х.З. Валитов, Е.А. Китаев. – Кинель, РИЦ СГСХА, 2009. – 252 с.
3. Коробов, А.П. Эффективность использования стартерного комбикорма в кормлении поросят-сосунов [Текст] / А.П. Коробов, А.А. Васильев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2001. – № 3. – С. 43.
4. Коханов, А.П. Совершенствование селекционного стада коров голштинской породы [Текст] / А.П. Коханов, М.А. Коханов, Н.В. Журавлев // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы Междунар. науч. – практ. конф. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. – Том 1. – С. 292-296.
5. Мясная продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров при использовании в рационах триптофана совместно с «Ходротан» [Текст] / В.П. Зволинский, В.В. Саломатин, В.А. Злепкин, А.Ф. Злепкин, Р.А. Гашук // Современные тенденции развития аграрного комплекса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2016. – С. 1088-1091.
6. Разработка и использование премиксов в кормлении сельскохозяйственных животных [Текст] / С.И. Николаев, О.Ю. Брюхно, А.К. Карапетян, М.А. Шерстюгина // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. – Том 1. – С. 200-204.
7. Репродуктивные и продуктивные качества первотёлочек, полученных от коров в условиях интенсивной технологии [Текст] / Х.Б. Баймишев, А.А. Перфилов, О.Н. Пристяжнюк, Н.Н. Едренин // Известия Самарской ГСХА. – 2009. – Вып. 1. – С. 22-24.

8. Физиологические показатели и мясная продуктивность молодняка свиней на откорме при включении в рационы кормовой добавки Биштреон [Текст] / А.Т. Варакин, В.В. Саломатин, О.В. Чепрасова, Д.В. Николаев // Зоотехния. – 2012. – № 3. – С. 20-22.

9. Хакимов, И.Н. Откормочные качества бычков при скармливании силоса, консервированного бактериальной закваской [Текст] / И.Н. Хакимов, Р.М. Мударисов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 1 (37). – С. 133-138.

10. Чехранова, С.В. Обмен азота и молочная продуктивность коров при скармливании премиксов [Текст] / С.В. Чехранова, О.Ю. Брюхно // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. – Том 1. – С. 214-218.

Reference

1. Vosproizvoditel'nye kachestva hryakov-proizvoditelej pri ispol'zovanii v racione prirodnogo bishofita [Tekst] / D. S. Yushkin, D. K. Kulik, A. T. Varakin, V. V. Salomatin, E. A. Harlamova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 4 (44). - S. 177-182.

2. Karamaev, S.V. Nauchnye i prakticheskie aspekty intensivifikacii proizvodstva moloka: monografiya [Tekst] / S.V. Karamaev, H.Z. Valitov, E.A. Kitaev. - Kinel', RIC SGSXA, 2009. - 252 s.

3. Korobov, A. P. Jeffektivnost' ispol'zovaniya starternogo kombikorma v kormlenii porosyat-sosunov [Tekst] / A. P. Korobov, A. A. Vasil'ev // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. - 2001. - № 3. - S. 43.

4. Kohanov, A. P. Sovershenstvovanie selekcionnogo stada korov golshtinskoj породы [Tekst] / A. P. Kohanov, M. A. Kohanov, N. V. Zhuravlev // Nauchnye osnovy strategii razvitiya APK i sel'skih territorij v usloviyah VTO: materialy Mezhdunar. nauch. - prakt. konf. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2014. - Tom 1. - S. 292-296.

5. Myasnaya produktivnost' i kachestvo myasa cyplyat-brojlerov pri ispol'zovanii v racionalah triptofana sovmestno s "Hodrotan" [Tekst] / V. P. Zvolinskij, V. V. Salomatin, V. A. Zlepkin, A. F. Zlepkin, R. A. Gashuk // Sovremennye tendencii razvitiya agrarnogo kompleksa: materialy Mezhdunar. nauch. -- prakt. konf. - s. Solenoe Zajmische: FGBNU "Prikaspijskij NII aridnogo zemledelija, 2016. - S. 1088-1091.

6. Razrabotka i ispol'zovanie premiksov v kormlenii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh [Tekst] / S. I. Nikolaev, O. Yu. Bryuhno, A. K. Karapetyan, M. A. Sherstyugina // Nauchnye osnovy strategii razvitiya APK i sel'skih territorij v usloviyah VTO: materialy Mezhdunar. nauch. -- prakt. konf. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2014. - Tom 1. - S. 200-204.

7. Reproduktivnye i produktivnye kachestva pervotjolak, poluchennyh ot korov v usloviyah intensivnoj tehnologii [Tekst] / H. B. Bajmishev, A. A. Perfilov, O. N. Pristjazhnyuk, N. N. Edrenin // Izvestiya Samarskoj GSXA. - 2009. - Vyp. 1. - S. 22-24.

8. Fiziologicheskie pokazateli i myasnaya produktivnost' molodnyaka svinej na otkorme pri vključenii v raciony kormovoj dobavki Bishtreon [Tekst] / A. T. Varakin, V. V. Salomatin, O. V. Cheprasova, D. V. Nikolaev // Zootehniya. - 2012. - № 3. - S. 20-22.

9. Hakimov, I. N. Otkormochnye kachestva bychkov pri skarmlivanii silosa, konservirovannogo bakterial'noj zakvaskoj [Tekst] / I. N. Hakimov, R. M. Mudarisov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 1 (37). - S. 133-138.

10. Chehranova, S. V. Obmen azota i molochnaya produktivnost' korov pri skarmlivanii premiksov [Tekst] / S. V. Chehranova, O. Yu. Bryuhno // Nauchnye osnovy strategii razvitiya APK i sel'skih territorij v usloviyah VTO: materialy Mezhdunar. nauch. -- prakt. konf. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2014. - Tom 1. - S. 214-218.

E-mail: zootexnia@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК: 631.674.5:504.064.36

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ
РАССРЕДОТОЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ****THE SPATIAL ORGANIZATION OF THE FUNCTIONAL MODULES
OF THE DISPERSED INFORMATION SYSTEM
OF MONITORING AND CONTROL OF THE IRRIGATION****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**Federal state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of hydraulic engineering
and land reclamation them. A. N. Kostyakova*

В работе рассматриваются актуальные вопросы создания современных автоматизированных систем мониторинга и управления в гидромелиоративном секторе агропромышленного комплекса России. Цель исследований заключается в обосновании научных подходов к оптимальной пространственной организации функциональных модулей рассредоточенной информационной системы мониторинга и управления орошением. Материалами исследований являются известные классификации систем реального времени, классические положения теории информационных систем, модели мониторинга и управления орошением в системе планового водопользования. Рассмотрены классические компоновки информационных систем с сервером и на основе прямой трансляции мониторинговой и управляющей информации без серверной части. Признаны перспективными варианты с объединением операционно-вычислительного модуля и автоматизированного рабочего места в без серверной информационной системе, а также аппаратного совмещения операционно-вычислительного модуля и сервера в серверной информационной системе. Показано, что схема организации информационной системы без сервера целесообразна лишь в частных случаях, с одним оператором контроля и управления, то есть применима в относительно несложных системах. Серверная информационная система с объединенными функциями сервера и операционно-вычислительного модуля позволяет обойтись организацией двух каналов передачи данных в прямом направлении и еще двух, – для организации интерактивного взаимодействия. При этом сохраняется полный функционал классической серверной информационной системы.

In operation topical issues of creation of the modern automated monitoring systems and control in irrigation farming of agro-industrial complex of Russia are considered. The purpose of researches consists in justification of scientific approaches to the optimum spatial organization of the functional modules of the dispersed information system of monitoring and control of an irrigation. Materials of researches are known classifications of systems of real time, classical provisions of the theory of information systems, models of monitoring and control of an irrigation in system of plan water use. Classical configurations of information systems with the server and on the basis of a live broadcast of monitoring and controlling information without a server part are considered. Options with combining of the operational and computing module and an automated workplace in without a server information system, and also the hardware combination of the operational and computing module and the server in a server information system are recognized perspective. It is shown that the diagram of the organization of an information system without the server is expedient only in special cases, with one operator of monitoring and control, that is applicable in rather simple systems. The server information system with the integrated functions of the server and the operational and computing module allows to manage the organization of two data links in the direct direction and two more, - for the organization of interactive interaction. The complete functionality of a classical server information system thus remains.

Ключевые слова: орошение, мониторинг, управление, информационная система, система реального времени.

Key words: irrigation, monitoring, control, information system, system of real time.

Функция интеллектуального автоматизированного управления позиционируется качественной характеристикой гидромелиоративных систем нового поколения [8]. Этот уровень развития техники и технологий предполагает исключение человека из операционного процесса, с участием на более высоких управляющих уровнях. Наряду с совершенствованием алгоритмов стратегического и среднесрочного планирования, гидромелиоративные системы нового поколения предполагают качественное усиление функции контроля и управления орошением в режиме реального времени. Специфика систем реального времени требует решения целого комплекса задач, важнейшей из которых является оптимальная организация контролирующих и исполнительных функциональных модулей [2-3].



Рисунок 1 – Информационная система мониторинга и управления орошением с серверной схемой организации обмена информацией

Материалы и методы. Современное развитие информационных систем стало возможным и достигло своего уровня в большой степени благодаря совершенствованию технологий передачи данных. Современные протоколы радиосвязи, GSM, GPRS, интернет-технологии определили возможность создания и эффективного использования пространственно-рассредоточенных информационных систем, в которых отдельные аппаратные модули могут не только удаленно размещаться друг относительно дру-

га, но и выполняться в мобильных форматах [5]. Вместе с тем, трансляция данных является одним из наиболее уязвимых мест информационных систем и, в особенности, – систем реального времени. Поэтому, рассредоточение функциональных модулей информационной системы мониторинга и управления орошением следует рассматривать как технологическую возможность, целесообразность использования которой должна быть проверена на соответствие требованиям систем реального времени. Другим, важным направлением совершенствования информационных систем реального времени является объединение ресурсов функциональных блоков. Особенно актуально это в отношении информационной цепочки «операционно-вычислительный модуль – сервер – автоматизированное рабочее место».

Цель исследований – разработать научные подходы к оптимальной пространственной организации функциональных модулей рассредоточенной информационной системы мониторинга и управления орошением. В качестве материалов исследований использованы известные классификации систем реального времени, классические положения теории информационных систем, модели мониторинга и управления орошением в системе планового водопользования [9, 6, 7]. Методология исследований основана на известных положениях методики проектирования систем реального времени, теории управления процессами, теории приоритетного обслуживания и критических ресурсов, современных методов функционального анализа в области информационных технологий [4, 10, 1].

Результаты и обсуждение. Рассмотрим наиболее известные и перспективные варианты организации функциональных модулей в единой информационной системе мониторинга и управления орошением.

Всё многообразие информационных систем условно можно разделить на серверные и не серверные. Сервер в современном понимании информационной системы является, по сути, специализированными выделенными ресурсами, обеспечивающими интерактивное взаимодействие со множеством автоматизированных рабочих мест и одним или несколькими операционно-вычислительными модулями. Сервер выполняет специализированные, типизированные функции, обеспечивая хранение и обмен информацией, возможность доступа работы с информацией с различных рабочих мест. Это ключевой функциональный блок при организации «коллективной» работы, с возможностью управления доступом к информации, полномочий на использование, внесение и изменение данных. На рисунке 1 представлена типизированная информационная система мониторинга и управления орошением с серверной схемой организации обмена информацией. Здесь структурно выделяются, по крайней мере, четыре функциональных блока, соединение между которыми связано с необходимостью организации трансляции данных:

– система мониторинга и исполнения управляющих действий. Функционально и по составу аппаратной части, безусловно, необходимо разделять систему мониторинга и систему исполнения управляющих действий. Однако, обе системы, в данном случае привязаны к одному и тому же объекту управления и могут быть объединены в плане использования каналов и аппаратного обеспечения функции передачи-приема информации. Данная система транслирует значения измеренных данных (мониторинговой информации) и принимает информацию (инструкции) для выполнения управляющих действий;

– операционно-вычислительный модуль. Это главный модуль, ответственный за обработку данных и создание информационных полей. Он обеспечивает обработку первичной (мониторинговой) информации, производит модельные вычисления, определение оптимальных областей управляющих решений. Модуль может содержать как собственные инструкции по обработке данных и выработке информации, так и запрашивать их с сервера. В общем случае модуль транслирует обработанную мониторинговую информацию, результаты моделирования контролируемых объектов или процессов, ранжированный список управляющих решений и осуществляет прием мониторинговых данных, инструкций с сервера и т.д.;

– сервер обеспечивает хранение данных и обмен информацией между различными функциональными блоками информационной системы. В рамках рассматриваемой информационной модели сервер осуществляет трансляцию обработанных мониторинговых данных, результаты моделирования контролируемых объектов или процессов, ранжированный список управляющих решений и осуществляет прием инструкций, настроек, априорной информации со стороны оператора автоматизированного рабочего места;

– автоматизированное рабочее место обеспечивает взаимодействие с оператором информационной системы. Как функциональный блок системы автоматизированное рабочее место обеспечивает вывод в наиболее удобной для восприятия форме информации о состоянии объекта (процесса), необходимости выполнения управляющих действий, возможных и оптимальных управляющих действиях, позволяет организовать интерактивное взаимодействие оператора со всеми функциональными модулями информационной системы, а также системы управления. В рамках рассматриваемой информационной модели автоматизированное рабочее место оператора осуществляет прием обработанных мониторинговых данных, результаты моделирования контролируемых объектов или процессов, ранжированный список управляющих решений и обеспечивает трансляцию информации о настройках и инструкциях работы сервера, инструкциях для операционно-вычислительного модуля, информацию об управляющих действиях для системы управления объектом (процессом).

Таким образом, организация информационной системы по представленной схеме требует не менее трех каналов связи для передачи информации в одну сторону и еще столько же – для организации интерактивного взаимодействия. При этом важно учитывать, что на организацию трансляции каждого из потоков информации, его передачу и прием, регистрацию полученных данных тратится время, что в свою очередь снижает эффективность работы систем реального времени.

Одним из применяемых сегодня вариантов сокращения времени взаимодействия между модулями информационной системы является организация без серверной информационной системы (рисунок 2).

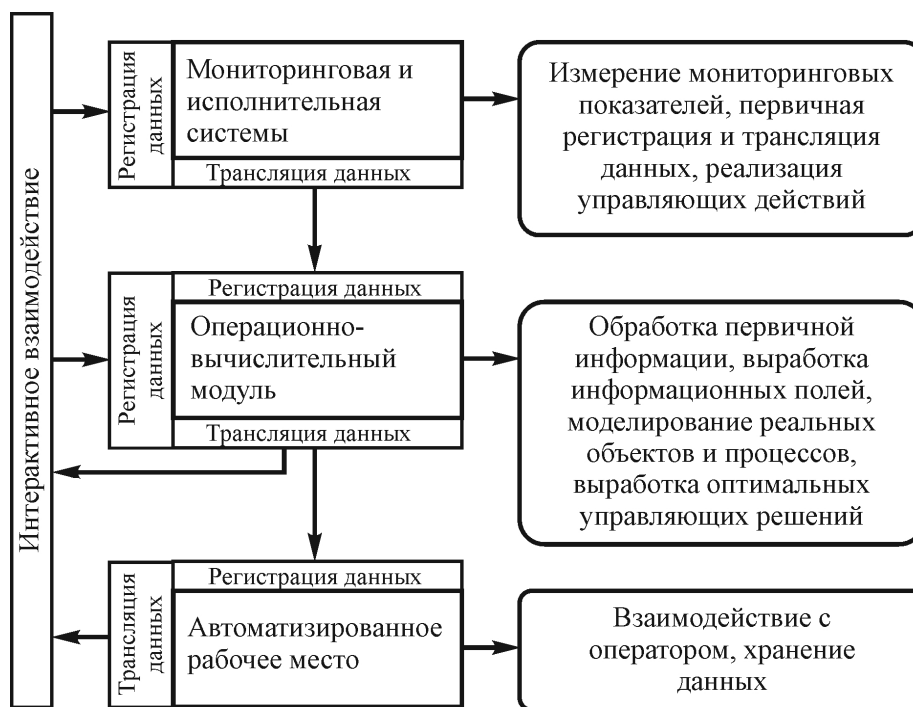


Рисунок 2 – Информационная система мониторинга и управления орошением со схемой организации обмена информацией без сервера

В этом случае система мониторинга и исполнения управляющих действий и операционно-вычислительный модуль работают по стандартным алгоритмам, а аппаратная часть автоматизированного рабочего места оператора реализует часть функций сервера в части организации хранения информации. В зависимости от ресурсов автоматизированного рабочего места могут быть использованы полнофункциональные базы данных (например, на стационарных автоматизированных рабочих местах) или реализована возможность частичного (временного) хранения информации (в частности, для вариантов с мобильным автоматизированным рабочим местом). Организация информационной системы мониторинга и управления орошением по бессерверной схеме позволяет сократить число каналов передачи информации до 2-х плюс еще столько же для организации интерактивного взаимодействия. Следует признать, подобная схема организации информационной системы целесообразна лишь в частных случаях, с одним оператором контроля и управления, то есть применима в относительно несложных системах.

Современный уровень развития микроэлектроники позволяет создавать эффективные, компактные вычислительные системы, мощность которых вполне обеспечивает возможность решения многих задач по обработке информации и принятию оптимальных решений в области управления орошением. Это позволяет даже в мобильном варианте аппаратно совмещать функции операционно-вычислительного модуля и автоматизированного рабочего места оператора (рисунок 3). В этом случае требуется всего два канала связи: один – для передачи информации в прямом направлении и еще один, – для интерактивного взаимодействия с системой мониторинга и управления орошением. Недостатком такой схемы является существенный рост потребности в вычислительных ресурсах и, как следствие, стоимости автоматизированного рабочего места оператора. Кроме того, при наличии нескольких операторов для каждого из них требуется организация дополнительных каналов связи, непосредственно, между объектом управления и автоматизированным рабочим местом.

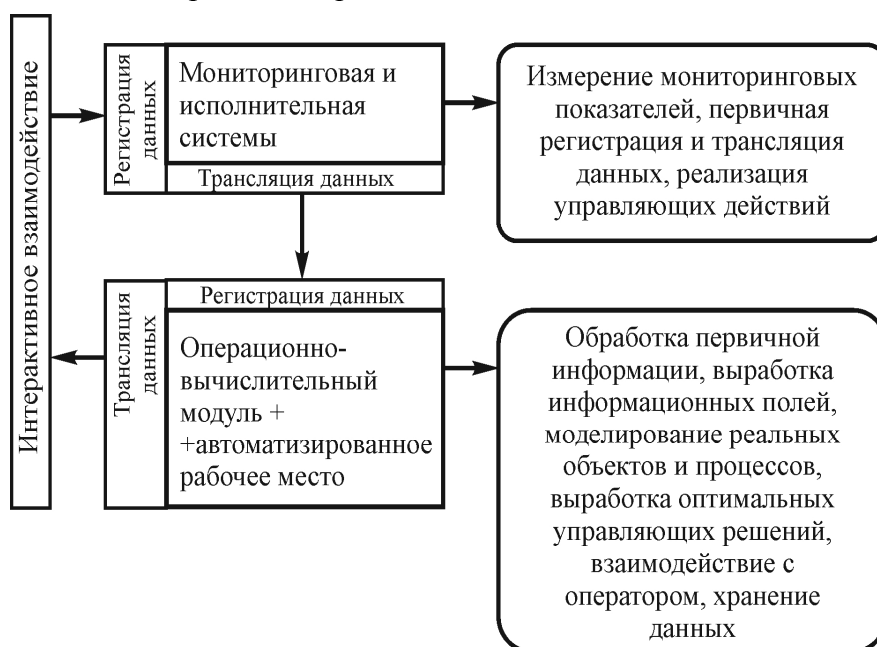


Рисунок 3 – Информационная система мониторинга и управления орошением с модульным объединением операционно-вычислительного центра и автоматизированного рабочего места оператора управления

В этом случае целесообразно использовать серверную информационную систему с аппаратным объединением функций сервера и операционно-вычислительного модуля (рисунок 4).



Рисунок 4 – Информационная система мониторинга и управления орошением с модульным объединением операционно-вычислительного центра и сервера

Серверная информационная система с объединенными функциями сервера и операционно-вычислительного модуля позволяет обойтись организацией двух каналов передачи данных в прямом направлении и еще двух, – для организации интерактивного взаимодействия. При этом сохраняется полный функционал классической серверной информационной системы.

Заключение. Таким образом, в зависимости от пространственной организации функциональных модулей рассредоточенной информационной системы мониторинга и управления орошением существенно зависит потребность в каналах передачи данных. Применение предложенных схем аппаратного объединения функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением позволяет сократить число используемых каналов связи, что отражается на быстродействии информационной системы и позволяет организовать ее работу в режиме реального времени.

Библиографический список

1. Андреев, В.К. Вопросы прикладного функционального анализа [Текст]/ В.К. Андреев. – Красноярск: КрасГУ, 2007. – 128 с.
2. 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. – С. 48-52.
3. 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. – С. 168-177.

4. Древис, Ю.Г. Системы реального времени: технические и программные средства [Текст]/ Ю.Г. Древис. – М.: МИФИ, 2010. – 320 с.
5. Коголовский, М.Р. Перспективные технологии информационных систем [Текст]/ М.Р. Коголовский. – М.: ДМК Пресс, М.: Компания АйТи, 2003. – 288 с.
6. Кизяев, Б.М. Водопользование и водоучет на водохозяйственных и мелиоративных системах агропромышленного комплекса страны [Текст]/ Б.М. Кизяев, А.Е. Погодаев, Е.Г. Филиппов. – М.: ВНИИА, 2004. – 132 с.
7. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов [Текст]/ В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (40). – С. 21-28.
8. Оросительные системы России: от поколения к поколению [Текст] : монография / В.Н. Щедрин, А.В. Колганов, С.М. Васильев, А.А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.
9. Планирование водопользования при орошении сельскохозяйственных культур [Текст]/ Г.В. Ольгаренко, Т.А. Капустина, Д.Г. Ольгаренко, Ф.К. Цекоева. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 172 с.
10. Чефранов, А.Г. Проектирование систем реального времени [Текст]/ А.Г. Чефранов, Р.В.Троценко. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 226 с.

References

1. Andreev, V. K. Voprosy prikladnogo funktsional'nogo analiza [Tekst]/ V. K. Andreev. - Krasnoyarsk: KrasGU, 2007. - 128 s.
2. Borodychev, V. V. Apparatnoe obespechenie monitoringa raboty dozhdeval'noj tehniki na osnove tehnologij global'nogo sputnikovogo pozicionirovaniya [Tekst] / V. V. Borodychev, E. Je. Golovinov, M. N. Lytov // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. - 2016. - № 2. - S. 48-52.
3. Borodychev, V. V. Geopozitsionnyj 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. - S. 168-177.
4. Drevis, Yu. G. Sistemy real'nogo vremeni: tehicheskie i programmnye sredstva [Tekst]/ Yu. G. Drevis. - M.: MIFI, 2010. - 320 s.
5. Kogalovskij, M. R. Perspektivnye tehnologii informacionnyh sistem [Tekst]/ M. R. Kogalovskij. - M.: DMC Press, M.: Kompaniya AjTi, 2003. - 288 s.
6. Kizyaev, B. M. Vodopol'zovanie i vodouchet na vodohozyajstvennyh i meliorativnyh sistemah agropromyshlennogo kompleksa strany [Tekst]/ B. M. Kizyaev, A. E. Pogodaev, E. G. Filippov. - M.: VNIIA, 2004. - 132 s.
7. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitel'nyh algoritmov [Tekst]/ V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 4 (40). - S. 21-28.
8. Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu [Tekst] : monografiya / V. N. Schedrin, A. V. Kolganov, S. M. Vasil'ev, A. A. Churaev. - V 2 ch. - Novocherkassk: Gelikon, 2013. - 590 s.
9. Planirovanie vodopol'zovaniya pri oroshenii sel'skohozyajstvennyh kul'tur [Tekst]/ G. V. Ol'garenko, T. A. Kapustina, D. G. Ol'garenko, F. K. Cekojeva. - M.: FGBNU "Rosinformagroteh", 2014. - 172 s.
10. Chefranov, A. G. Proektirovanie sistem real'nogo vremeni [Tekst]/ A. G. Chefranov, R. V. Trocenko. - Taganrog: Izd-vo TRTU, 2005. - 226 s.

E-mail: vkovniigim@yandex.ru

УДК 631.67:631.51.633.18 (470.44/47)

**ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ
РАЗЛИЧНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ
РИСОВЫХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**
**MODIFICATION OF SOIL DENSITY UNDER INFLUENCE OF DIFFERENT
MELIORATIVE RECEIVES FOR PROCESSING OF DRAWING FIELDS
UNDER CONDITIONS OF SARPIN LOWER**

Е.П. Боровой, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е.М. Душкина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А.А. Наливаева, кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент

E.P. Borovoy, E.M. Dushkina, A.A. Nalivaeva

Волгоградский государственный аграрный университет
Volgograd State Agrarian University

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния мелиоративных приемов обработки почв рисовых полей, таких как: зяблевая вспашка на глубину 0,2-0,22 м (контроль); – зяблевая вспашка с почвоуглублением до 0,4 м; – зяблевая вспашка + щелевание на глубину 0,4-0,5 м; – зяблевая вспашка + кротование на глубину 0,4-0,5 м на их водно-физические свойства. Исследовано строение почвенного профиля на опытном участке. Проанализированы экспериментальные данные по водно-физическим показателям. Установлено, что наибольшую эффективность обеспечивают комбинированные приемы обычной вспашки в сочетании с щелеванием и кротованием, при которых снижается плотность сложения верхнего горизонта почвы и, следовательно, эти мелиоративные приемы способствуют эффективному улучшению агрофизических свойств почв рисовых полей, прослеживающемуся на протяжении всего вегетационного периода, и сохраняющемуся в последующий сезон возделывания риса.

The article presents the results of studies on the effect of meliorative methods of soil treatment in rice fields, such as: autumn plowing to a depth of 0.2-0.22 m (control); - autumn plowing with soil tillage up to 0.4 m; - autumn plowing + creasing to a depth of 0.4-0.5 m; - autumn plowing + mowing to a depth of 0.4-0.5 m on their water-physical properties. The structure of the soil profile in the experimental plot was studied. The experimental data on water-physical parameters are analyzed. It is established that the most effective methods are provided by combined methods of ordinary plowing combined with crevice and mulching in which the density of the upper soil horizon is reduced and, consequently, these meliorative methods contribute to an effective improvement of the agro-physical properties of the rice field soils that can be traced throughout the growing season and persists in the subsequent season of cultivation of rice.

Ключевые слова: мелиоративные приемы, кротование, щелевание, плотность сложения, пористость, уплотнение.

Key words: reclamation methods, mending, creasing, addition density, porosity, compaction

Введение. При возделывании риса значительно изменяются водно-физические и химические свойства почвы. Посев риса при затоплении вызывает сильное уплотнение верхних горизонтов почвы, в результате чего уменьшается их водопроницаемость. Поэтому агротехнические мероприятия должны быть в первую очередь направлены на оструктурирование почв рисовых полей и улучшение их водно-физических свойств, уничтожение слитности при наименьшей глыбистости, изолирование верхних горизонтов от капиллярного увлажнения солеными грунтовыми водами, усиление аэрации и окислительных процессов. Эти мероприятия заключаются, прежде всего, в тщательной обработке почвы. Требования риса к глубине, рыхлости и плотности пахотного слоя определяют современную систему разноглубинной обработки почвы. При выборе той или иной системы обработки почвы должны быть учтены специфические почвенно-климатические условия земледелия и биологические особенности возделывания риса. [1, 11, 2, 10].

Хорошие результаты по снижению плотности почв дают такие мелиоративные приемы, как щелевание и кротование. Большинство авторов рассматривают данные приемы как средство регулирования водного и воздушного режимов активного слоя почвы мощностью 50-60 см. Кротование и щелевание обычно применяют на тяжелых избыточно увлажненных почвах для отвода воды и улучшения аэрации почвы [5, 10].

Материалы и методы. Исследования по изучаемой теме проводили в 2012-2014 гг. на рисовом инженерном участке ФГУП «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия. В полевом эксперименте изучали два фактора. Схема опыта по предшественнику риса (фактор А) предусматривала два варианта: А 1 – рис, А 2 – люцерна 3-го года жизни. Агромелиоративные приемы (фактор В) включали следующие варианты: В 1 – зяблевая вспашка на глубину 0,2-0,22 м (контроль); В2 – зяблевая вспашка с почвоуглублением до 0,4 м; В3 – зяблевая вспашка + щелевание на глубину 0,4-0,5 м; В4 – зяблевая вспашка + кротование на глубину 0,4-0,5 м. Варианты опытов размещались в рисовых чеках на площади по 4 га. Полевые опыты закладывали методом организованных повторений на двух предшествующих культурах – риса и люцерны 3-го года жизни [3]. Основная обработка почвы включала зяблевую вспашку на глубину 0,2-0,22 м (контрольный вариант). Ранней весной проводили дискование зяби и выравнивание поверхности рисовых полей под нулевую плоскость. Щелевание и кротование поверхности почвы на глубину 0,4 м осуществляли после посева риса перед его затоплением с помощью специальных орудий – с щелерезом и кротователем. Ширина щелей до 0,05 м, диаметр кротовин – 0,08 м, расстояние между щелями и кротодренами – 1,5 м. В качестве основного способа полива риса во всех вариантах опыта применяли режим укороченного затопления с оросительной нормой 18-19 тыс. м³/га.

Зональные бурые полупустынные почвы опытного рисового участка имеют сложный гранулометрический состав, который и определяют структурные водно-физические их свойства, существенно изменяющиеся по глубине профиля (таблица 1). Если верхний слой (0...0,2 м) слагают средние суглинки, то далее (в горизонтах 0,2...1,2 м) размещаются тяжёлые суглинки с периодическими небольшими прослоями глин, а глубже их подстилают глины лёгкого и среднего состава [6, 8].

Таблица 1 – Строение почвенного профиля на опытном участке

Горизонт	Глубина залегания, см	Описание почвенного разреза
А	0...20	Светло-бурый, увлажненный, суглинистый, бесструктурный, имеются корни растений, переход в следующий горизонт заметный.
В	20...45	Темно-бурый, влажный, суглинистый, глыбистый, плотный, имеются корни растений, переход в следующий горизонт заметный.
С ₁	45...65	Темно-палевый, влажный, суглинистый, уплотненный, комковатый, переход в следующий горизонт постепенный..
С ₂	65...90	Темнее предыдущего горизонта, влажный, суглинистый, уплотненный, имеются пятна белоглазки.
С ₃	90...125	Темно-бурый, влажный, суглинистый, бесструктурный, уплотнен, имеются гнезда солей.
С ₄	125...160	Темно-коричневый, влажный, глинистый, бесструктурный, уплотненный, имеются включения солей.

Следует также учитывать, что в рисовых севооборотах Сарпинской низменности, помимо основной культуры, в качестве главной сопутствующей выступает люцерна, являющаяся не только хорошим предшественником для риса, но и структуроулучшителем тяжёлых почв [9].

Результаты и обсуждение. Изучение водно-физических свойств почв рисовых полей показало, что при использовании стандартной технологии зяблевой вспашки (принятой за контрольный вариант) наибольшие величины плотности сложения почв наблюдались в варианте, где предшествующей культурой являлся рис, возделываемый при режиме постоянного или укороченного затопления: в слое 0...0,2 м они в среднем составляли 1,35 т/м³, в слое 0...0,4 м – 1,38 т/м³ и в слое 0...0,6 м – 1,44 т/м³.

Если предшественником выступает люцерна, возделываемая в течение 2...3 лет при периодических поливах, то весной, перед затоплением риса, показатели плотности сложения почв по выше рассмотренным горизонтам составляли, соответственно, 1,32; 1,37 и 1,40 т/м³. Это на 1,5...2,8 % ниже, по сравнению с вариантами риса в качестве предшественника. Далее, в более глубоких слоях почвы, плотность их сложения приобретает практически одинаковые величины при всех вариантах опытов и плавно увеличивается по мере утяжеления гранулометрического состава (в слое 0,6...1,1 м – с 1,47 до 1,58 т/м³, в слое 1,1...1,4 м – до 1,66 т/м³ и в слое 1,44...2,2 м – до 1,70 т/м³) (таблица 2).

Таблица 2 – Водно-физические свойства зональных бурых полупустынных почв опытного участка в зависимости от способов мелиоративной обработки (предшественник – люцерна) в период (2012...2014 гг.)

Горизонт почв, см	Плотность сложения почвы, т/м ³				Плотность твёрдой фазы почвы, т/м ³	Пористость, %			
	способ обработки почвы					способ обработки почвы			
	обычная вспашка	вспашка с почвоуглуб- лением	вспашка + щелевание	вспашка + кротование		обычная вспашка	вспашка с почвоуглуб- лением	вспашка + щелевание	вспашка + кротование
0...10	1,30	1,30	1,18	1,19	2,47	47,37	47,37	52,23	51,82
10...20	1,34	1,33	1,20	1,20	2,50	46,40	46,80	52,00	52,00
20...30	1,40	1,36	1,28	1,27	2,53	44,66	46,88	49,41	49,80
30...40	1,43	1,38	1,34	1,35	2,56	44,14	46,09	47,66	47,27
40...50	1,46	1,44	1,43	1,44	2,58	43,41	44,19	45,74	45,74
50...60	1,47	1,46	1,46	1,47	2,59	43,24	43,63	43,63	43,24
60...70	1,48	1,49	1,48	1,48	2,60	43,08	42,69	43,08	43,08
70...80	1,52	1,52	1,52	1,52	2,66	42,86	42,86	42,86	42,86
80...90	1,53	1,53	1,53	1,53	2,68	42,91	42,91	42,91	42,91
90...100	1,56	1,56	1,56	1,56	2,69	42,01	42,01	42,01	42,01
100...110	1,58	1,58	1,58	1,58	2,70	41,48	41,48	41,48	41,48
110...120	1,64	1,65	1,64	1,64	2,71	39,48	39,11	39,48	39,48
120...140	1,66	1,66	1,66	1,66	2,72	38,97	38,97	38,97	38,97
140...160	1,68	1,68	1,68	1,68	2,73	38,42	38,42	38,42	38,42
160...180	1,68	1,68	1,68	1,68	2,74	38,69	38,69	38,69	38,69
180...200	1,69	1,69	1,69	1,69	2,74	38,32	38,32	38,32	38,32
200...220	1,70	1,70	1,70	1,70	2,74	37,96	37,96	37,96	37,96

Плотность твёрдой фазы также имеет тенденцию к возрастанию по глубине и изменяется от 2,47 до 2,74 т/м³. Пористость почвы, зависящая от соотношения плотности сложения к плотности её твёрдой фазы, по глубине плавно уменьшалась в горизонте 0...1,0 м с 46...47 до 43 % от объёма почвы, а в слое 1,0...2,4 м – до 38 %.

Применение таких специальных мелиоративных приёмов более глубокой обработки почв рисовых полей, как зяблевая вспашка с почвоуглублением до 0,4 м, зяблевая вспашка и ранневесеннее щелевание на глубину 0,4...0,5 м, а также зяблевая вспашка с весенним кротованием на глубину 0,4...0,5 м, как показали исследования, оказывают положительное влияние на изменение водно-физических свойств в верхнем слое почвы (до 0,6 м) [5].

Анализ полученных экспериментальных данных по водно-физическим показателям в весенний период – до первоначального затопления риса показывает, что наибольшую эффективность обеспечивают комбинированные приёмы обычной вспашки в сочетании со щелеванием и кротованием [7]. Плотность сложения верхнего горизонта почвы (0...0,2 м) снижается при предшественнике – люцерне до 1,19...1,20 т/м³ и до 1,24...1,25 т/м³ при предшественнике – рисе, что на 10...13 % меньше, по сравнению с обычной обработкой (таблица 3).

Таблица 3 – Водно-физические свойства зональных бурых полупустынных почв опытного участка в зависимости от способов мелиоративной обработки (предшественник – рис) в период (2012...2014 гг.)

Горизонт почв, см	Плотность сложения почвы, т/м ³				Плотность твёрдой фазы почвы, т/м ³	Пористость, %		
	способ обработки почвы					способ обработки почвы		
	обычная вспашка	вспашка с почвоуглуб- лением	вспашка + щелевание	вспашка + кротование		обычная вспашка	вспашка с почвоуглуб- лением	вспашка + щелевание
0...10	1,34	1,34	1,24	1,23	2,48	45,97	45,97	50,00
10...20	1,36	1,35	1,26	1,26	2,52	46,04	46,43	50,00
20...30	1,44	1,38	1,33	1,32	2,54	43,31	45,67	47,64
30...40	1,46	1,41	1,38	1,37	2,57	43,19	45,14	46,30
40...50	1,46	1,45	1,42	1,43	2,61	44,06	44,44	45,59
50...60	1,47	1,47	1,46	1,47	2,65	44,53	44,53	44,91
60...70	1,48	1,48	1,48	1,48	2,68	44,78	44,78	44,78
70...80	1,50	1,50	1,50	1,50	2,70	44,44	44,44	44,44
80...90	1,52	1,52	1,52	1,52	2,71	43,91	43,91	43,91
90...100	1,56	1,56	1,56	1,56	2,70	42,28	42,28	42,28
100...110	1,58	1,58	1,58	1,58	2,71	41,70	41,70	41,70
110...120	1,66	1,66	1,66	1,66	2,73	39,20	39,20	39,20
120...140	1,67	1,67	1,67	1,67	2,74	39,05	39,05	39,05
140...160	1,68	1,68	1,68	1,68	2,74	38,69	38,69	38,69

Аналогичная картина наблюдается и глубже, но с убывающим эффектом – в слое 0...0,4 м уплотнение несколько ниже (6,2...11,0 %), а в слое 0...0,6 м – всего уже на 6,5...7,0 %.

Проведение вспашки с почвоуглублением также обеспечивает уменьшение плотности сложения почв, по сравнению с контролем, но только в горизонте 0,2...0,4 м (на 2,9...4,4 %). В то же время эти показатели уступают щелеванию и кротованию при предшественнике – рисе на 3,0...3,8 %, а при предшественнике – люцерне ещё больше (на 3,2...7,0 %).

В ходе исследований установлено, что на плотность твёрдой фазы почвы рисовых полей приёмы мелиоративной обработки существенного влияния не оказывают. Но отмечено, что при проведении щелевания и кротования, по сравнению с контрольным вариантом, на 6,6...10,6 % возрастает пористость в верхнем слое 0...0,6 м.

Также установлено, что наименьшая влагоёмкость почвы рисовых полей напрямую зависит от уровня плотности их сложения. На контрольном варианте (обычная вспашка) она изменялась в слое 0...0,5 м в сторону уменьшения с 25,8...26,0 до 24,2...24,7% (от объёма почвы). Возделываемые культуры на её величины влияния не оказывали. В то же самое время проведение таких приёмов обработки, как щелевание и кротование способствовало увеличению значений НВ в верхнем слое (0...20 см) до 27,4...28,5 % от объёма, что на 7,5...9,6 % выше, по сравнению с контролем. В слое 0...0,4 м зафиксирован такой же прирост. Далее по глубине по всем вариантам опытов наблюдаются одинаковые значения наименьшей влагоёмкости: на тяжёлосуглинистых почвах – уменьшение до 22%, а на глинистых – возрастание до 31,3 %, что совпадает с ранее опубликованными данными Н.С. Кандаурова [4].

Исследования выявили, что к концу сезона при возделывании риса на всех вариантах опытов наблюдалось ухудшение водно-физических свойств почв, но только в верхнем слое – 0...0,5 м.

Особенно сильно подвергается уплотнению самый верхний 0,3-м горизонт, так как именно здесь проявляется максимальное воздействие тяжёлой сельскохозяйственной техники на почвы при уборочных работах.

Так, плотность сложения самого верхнего горизонта почвы 0...0,2 м осенью на контрольном варианте (обычная вспашка) составляла 1,40...1,41 т/м³, что на 4,4...6,1 % превышало весенние показатели. В слое 0,2...0,4 м уплотнение было гораздо меньше и достигало уже всего 1,4...2,8 %. Соответственно, произошло и уменьшение значений пористости почвы: в горизонте 0...0,2 м – на 5,5...7,7 % и в слое 0,2...0,4 м – на 2,7...5,4 %. Вместе с тем, далее по глубине плотность сложения и пористость сохраняли величины, совершенно идентичные весенним данным, что свидетельствует о стабильности, достигнутой в результате многолетней регулярной эксплуатации рисовых систем.

При вспашке с почвоуглублением до 0,4 м к осени верхний слой почвы (0...0,2 м) имел уровень уплотнения, ничем не отличающийся от контрольного варианта. В горизонте 0,2...0,4 м наблюдалось увеличение плотности сложения на 2,2...4,8 %, но в целом они были на 7,0...10,5 % меньше, по сравнению с контролем. Пористость почвы уменьшилась, соответственно, на 6,0...7,6 % и 2,6...6,1 %.

В вариантах вспашки с дополнительным щелеванием и кротованием прослеживались наиболее хорошие тенденции. Хотя к осени плотность сложения почвы в верхних слоях 0...0,2 и 0,2...0,4 м возросла, соответственно, на 9,2...11,3 % и 4,4...8,8 %, однако, по сравнению с контролем, плотность этих горизонтов всё равно оставалась более низкой – на уровне 1,33...1,36 и 1,40...1,41 т/м³, т.е. меньше на 3,7...5,2 %. Пористость в слое 0...0,2 м уменьшилась с 50...52 % до 45,6...46,4 % или в 1,15 раза, а в горизонте 0,2...0,4 м – с 46,3...48,0 % до 44,8...45,4 % (в 1,05...1,12 раза).

Заключение. Полученные экспериментальные данные показали, что наибольшую эффективность обеспечивают комбинированные приемы обычной вспашки в сочетании с щелеванием и кротованием при которых снижается плотность сложения верхнего горизонта почвы и, следовательно, эти мелиоративные приемы способствуют эффективному улучшению агрофизических свойств почв рисовых полей, прослеживающемуся на протяжении всего вегетационного периода, и сохраняющемуся в последующий сезон возделывания риса.

Библиографический список

1. Багненко, В.К. Режим орошения в связи со способами получения всходов [Текст]/ В.К. Багненко // Вестник с/х. науки. – 1980. – №2. – С. 115-119.
2. Дедова, Э.Б. Эколого-мелиоративное состояние рисовых земель в лиманной части Сарпинской низменности [Текст]/ Э.Б. Дедова, Е.А. Ли, С.Н. Чимидов // Устойчивое производство риса: состояние и перспективы: материалы Международной науч.-практ. конф. – Краснодар, 2006.
3. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст]/ Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
4. Кандауров, Н.С. Возделывание риса на уплотнённой почве [Текст]/ Н.С. Кандауров, П.Н. Патрин, Ю.Г. Шабельников // Земледелие. – №6. – С. 74-78.
5. Костяков, А.Н. Основы мелиорации [Текст] / А.Н. Костяков. – М., 1960. – 621 с.
6. Практикум по почвоведению [Текст]/ Под ред. И.С. Кауричева – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
7. Рау, А. Г. Водораспределение на рисовых системах [Текст]/ А.Г. Рау. – М.: Агропромиздат, 1988. – 86 с.
8. Роде, А.А. Почвоведение [Текст] / А.А. Роде, В.Н. Смирнов. – М., 1972. – 479 с.
9. Смыков, А.В. Влияние люцерны на мелиоративное состояние, плодородие бурой полупустынной почвы и урожайность сортов риса в Сарпинской низменности Республики Калмыкия [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / А.В. Смыков. – Саратов, 2003. – 22 с.
10. Тулякова З.Ф. Рис на засоленных землях [Текст] / З.Ф. Тулякова. – Изд.2-е, перераб. и доп. – М., «Колос», 1978. – 239 с.
11. Эколого-энергетическая эффективность рисовых агроландшафтов Сарпинской низменности [Текст]/ В.В. Бородычев, А.В. Левина, Э.Б. Дедова, Е.Н. Очирова // Плодородие. – 2011. – №2. – С. 21-23.

References

1. Bagnenko, V. K. Rezhim orosheniya v svyazi so sposobami polucheniya vsxodov [Tekst]/ V. K. Bagnenko // Vestnik s/h. nauki. - 1980. - №2. - S. 115-119.
2. Dedova, Ye. B. Jekologo-meliorativnoe sostoyanie risovyh zemel' v limannoj chasti Sarpinskoj nizmennosti [Tekst]/ } B. Dedova, E. A. Li, S. N. Chimidov // Ustojchivoe proizvodstvo risa: sostoyanie i perspektivy: materialy Mezhdunarodnoj nauch. -- prakt. konf. - Krasnodar, 2006.
3. Dospehov, B. A. Metodika polevogo opyta [Tekst]/ B. A. Dospehov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 352 s.
4. Kandaurov, N. S. Vozdelyvanie risa na uplotnjonnoj pochve [Tekst]/ N. S. Kandaurov, P. N. Patrin, Yu. G. Shabel'nikov // Zemledelie. - №6. - S. 74-78.
5. Kostyakov, A. N. Osnovy melioracii [Tekst] / A. N. Kostyakov. - M., 1960. - 621 s.
6. Praktikum po pochvovedeniyu [Tekst]/ Pod red. I. S. Kauricheva - M.: Agropromizdat, 1986. - 336 s.
7. Rau, A. G. Vodoraspredelenie na risovyh sistemah [Tekst]/ A. G. Rau. - M.: Agropromizdat, 1988. - 86 s.
8. Rode, A. A. Pochvovedenie [Tekst] / A. A. Rode, V. N. Smirnov. - M., 1972. - 479 s.
9. Smykov, A. V. Vliyanie lyucerny na meliorativnoe sostoyanie, plodorodie buroy polupustynnoj pochvy i urozhajnost' sortov risa v Sarpinskoj nizmennosti Respubliki Kalmykiya [Tekst]: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk / A. V. Smykov. - Saratov, 2003. - 22 s.
10. Tulyakova Z. F. Ris na zasolennyh zemlyah [Tekst] / Z. F. Tulyakova. - Izd.2-e, pererab. i dop. - M., "Kolos", 1978. - 239 s.
11. Jekologo-]nergeticheskaya jeffektivnost' risovyh agrolandshaftov Sarpinskoj nizmennosti [Tekst]/ V. V. Borodychjov, A. V. Levina, Ye. B. Dedova, E. N. Ochirova // Plodorodie. - 2011. - №2. - S. 21-23.

E-mail: dushkinalen@yandex.ru

УДК 631.354.2

РАБОТА ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА БИОТОПЛИВЕ
THE OPERATION OF THE TRACTOR ENGINE ON BIOFUEL**Б. П. Загородских**, доктор технических наук, профессор**B. P. Zagorodskih***Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова**Saratov state agrarian University named after N. I. Vavilov*

Представлены данные о использовании биотоплива на основе рапсового и сафлорового масел, обработанных ультразвуком. Установлено, что смесевое биотопливо на основе сафлорового и рапсового масел имеет ряд недостатков, препятствующих его широкому использованию в дизельных двигателях. Показано влияние ультразвуковой обработки на свойства биотоплива и технико-экономические показатели двигателя Д-243 при работе на таких топливах, при этом смесевое биотопливо при его обработке ультразвуком менее склонно к расслоению, повышается износостойкость деталей двигателя за счет повышения содержания олеиновой кислоты. Известно, что эффективная мощность дизеля при работе на биотопливе снижается, тогда, как при обработке ультразвуком приближается к работе на минеральном дизельном топливе, при этом снижается удельный расход топлива. Основным недостатком смесового биотоплива является повышенная вязкость. Для приближения вязкости биотоплива к вязкости минерального дизельного топлива необходимо производить его нагрев. Также при обработке ультразвуком повышаются мощностные показатели дизельного двигателя. Работа двигателя на биотопливе с использованием сафлорового масла обеспечивает более высокие показатели, по сравнению с биотопливом на основе рапсового масла. Помимо этого, улучшаются экологические показатели при незначительном снижении эффективной мощности и ухудшении топливной экономичности, по сравнению с работой дизеля на минеральном дизельном топливе.

Presents data on the use of biofuels based on rapeseed and safflower oils treated with ultrasound. Found that biofuel mixture on the basis of safflower and rapeseed oils has several disadvantages that prevent its wide use in diesel engines. Shows the effect of ultrasonic treatment on the properties of biofuels and techno-economic parameters of the engine D-243 when operating on such fuel, at the same biofuel mixture when it is processed by the ultrasound is less prone to delamination, increases the durability of engine parts due to the increase of oleic acid content. It is known that the effective power of the diesel engine when operating on biofuel is reduced, whereas when the ultrasound treatment is coming to work on mineral diesel fuel, thus reducing fuel consumption. The main drawback of the spot is biofuel increased viscosity. For the approximation of viscosity of the biofuel to the viscosity of mineral diesel fuel necessary to produce heat. Also, when the ultrasound treatment increase the power characteristics of the diesel engine. Engine running on biofuel with the use of safflower oil ensures a higher performance compared to biofuels based on rapeseed oil. In addition, improved environmental performance with a slight decrease of the effective power and the deterioration in fuel economy compared with the engine's operation on mineral diesel fuel.

Ключевые слова: *смесевое биотопливо, обработка ультразвуком, минеральное дизельное топливо, показатели работы двигателя.*

Key words: *biofuel mixture, ultrasonic treatment, mineral diesel fuel, the performance of the engine*

Введение. В последнее время научно-исследовательские центры моторостроительных фирм проводят исследования по замене минерального дизельного топлива биотопливом [2, 10].

К преимуществам использования смесового биотоплива в агропромышленном комплексе относятся: возобновляемость, экологичность, экономия минерального дизельного топлива, повышение ресурса двигателя, применение биотоплива без конструктивных изменений [1, 6].

Недостатками, сдерживающими использование биотоплива в тракторных двигателях, являются: повышенная вязкость, расслоение на исходные составляющие, снижение мощности двигателя (до 7 %), повышенный удельный расход топлива (на 7-11 %).

Одним из путей улучшения показателей двигателя, работающего на биотопливе, является обработка смесового биотоплива ультразвуком. При этом происходит улучшение его физико-механических свойств, что способствует повышению мощности и улучшению экологических показателей [4].

Материалы и методы. Целью работы является исследование основных показателей двигателя Д-243 (4С11/12,5) с использованием топлива, обработанного ультразвуком. В качестве исследуемых топливных композиций использовались: товарное минеральное дизельное топливо (ДТ), смесовое биотопливо, состоящее на 20 % из рапсового или сафлорового масел и на 80 % из минерального дизельного топлива (топливо В20); смесовое биотопливо, состоящее на 20 % из рапсового или сафлорового масел и на 80 % из минерального дизельного топлива, дополнительно обработанное ультразвуком (топливо В20+УЗ).

Для обработки биотоплива применялось разработанное ультразвуковое устройство, которое встраивалось в систему питания двигателя трактора МТЗ-82 топливом. Для обеспечения работы ультразвукового устройства оно подключалось к электрической системе трактора [5]. Для измерения дымности и концентрации вредных веществ в отработавших газах при работе на каждом виде топлива (В20, В20+УЗ, ДТ) использовался дымомер КИД-2 и газоанализатор «Автотест СО-СН-Д».

Результаты и обсуждение. Сафлор (*Carthamus tinctorius*) является старым культурным растением Средней и Передней Азии. Урожайность сафлора обычно составляет 20...30 ц/га, но бывает до 40 ц/га. Сафлор является теплолюбивым, засухоустойчивым растением, не очень требовательным к азоту в почве, хорошо приспособлен к континентальному климату. Семена сафлора содержат до 47 % масла, содержание жирных кислот в масле: линолевая – 73-79 %; олеиновая – 14-21 %; пальмитиновая – 6-7,5 %; стеариновая – 1,5-4 %; арахидовая – около 0,4 %; миристиновая – до 0,2 %; линоленовая – около 0,2 %. В последние годы в Южной Европе выращивают сорта сафлора с высоким содержанием олеиновой кислоты (до 75 %). Сафлор является оптимальной масличной культурой для выращивания в условиях рискованного земледелия [9].

Ультразвуковая обработка биотоплива способствует его активации и изменяет физико-химические свойства, при распространении ультразвуковых колебаний наблюдается эффект, называемый ультразвуковой кавитацией, что увеличивает время расслоения смесового биотоплива. Экспериментальные исследования показали, что время расслоения при обработке биотоплива ультразвуком увеличивается в 17 раз, по сравнению с топливом, не обработанным ультразвуком.

В биотопливе на основе рапсового и сафлорового масел содержится олеиновая кислота, способствующая образованию на поверхности деталей двигателя поверхностно активных веществ (ПАВ), что приводит к повышению их износостойкости. Обработка топлива ультразвуком повышает содержание в нем олеиновой кислоты с 5 до 9 %, при этом, как показали износные испытания, проведенные на машине трения, износ образцов снизился на 16 % [1, 3].

Улучшение качества биотоплива достигается за счет того, что акустическое кавитационное воздействие на топливо в диапазоне ультразвуковых частот приводит к целому ряду положительных изменений, улучшающих его калорийность и качество сгорания. Под действием кавитации молекулярные цепочки органических топлив нарушаются, образуя при этом большое количество активных молекул, которые вступают в процесс окисления одновременно и значительно быстрее.

При процессе кавитации происходит разрыв связей самих молекул с образованием радикалов, которые имеют гораздо большую способность к возгоранию, чем замкнутые молекулы. Полимерные цепочки воды, находящиеся в топливе, также разрушаются и вода переходит в мелкодисперсное состояние с образованием свободных радикалов Н и ОН, которые участвуют в процессе горения значительно активнее и образуют нестабильные, легко окисляемые соединения со свободными радикалами органического топлива. Сера и парафины в процессе кавитационного дробления образуют поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые, соединяясь с поверхностью микрокапсул эмульсии, препятствуют их дальнейшей коагуляции [8, 10].

Результаты проведенных моторных исследований дизеля Д-243 по мощностным и топливно-экономическим и экологическим показателям при использовании различных видов топлива в условиях регуляторной характеристики с частотой вращения коленчатого вала от 1400 мин⁻¹ (режим максимального крутящего момента) до 2200 мин⁻¹ (режим максимальной мощности) представлен на рисунке 1 [7].

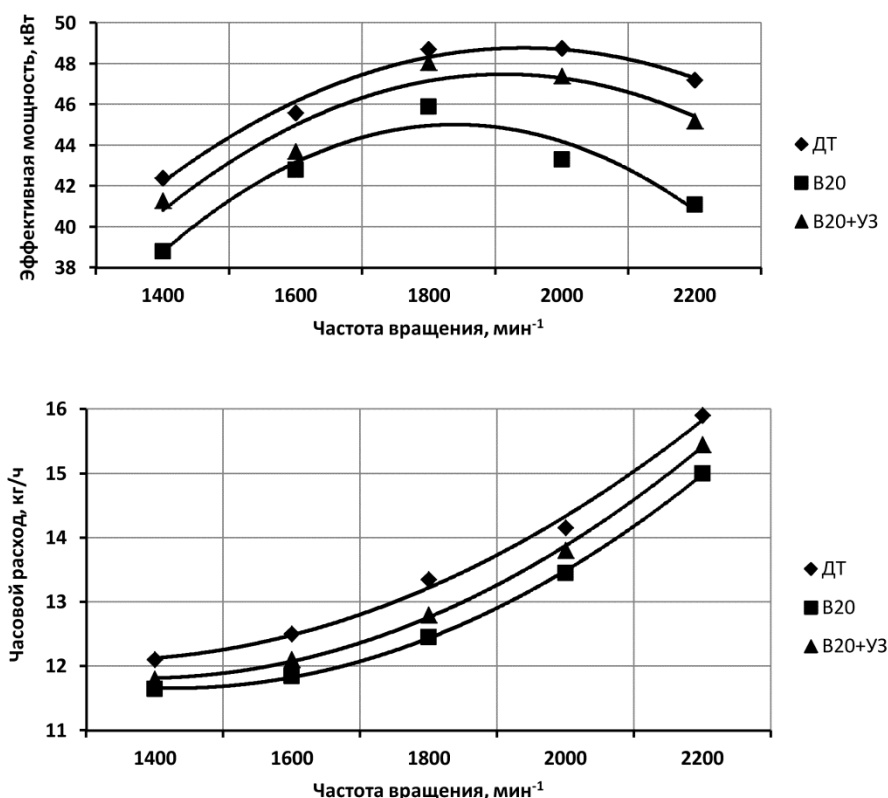


Рисунок 1 – Зависимость мощности и часового расхода топлива от частоты вращения коленчатого вала двигателя Д-243 в условиях регуляторной характеристики

Установлено, что эффективная мощность при работе на биотопливе, не обработанном ультразвуком, снижается на 1,5-6,5 %, по сравнению с товарным дизельным топливом, тогда как на обработанном ультразвуком топливе снижается только на 0,5-0,8 %. Часовой расход смесового биотоплива, не обработанного ультразвуком, возрастает на 1,7-5,7 %; при этом при работе на смесовом биотопливе, обработанном ультразвуком, часовой расход увеличивается только на 1-3 %.

Основным достоинством использования биотоплива в двигателях является снижение вредных выбросов с отработавшими газами. Так, выбросы оксидов азота (NO_x) уменьшаются на 15-20 %, сажи – на 30-35 %, окиси углерода (CO) на 10-15 % (рисунок 2).

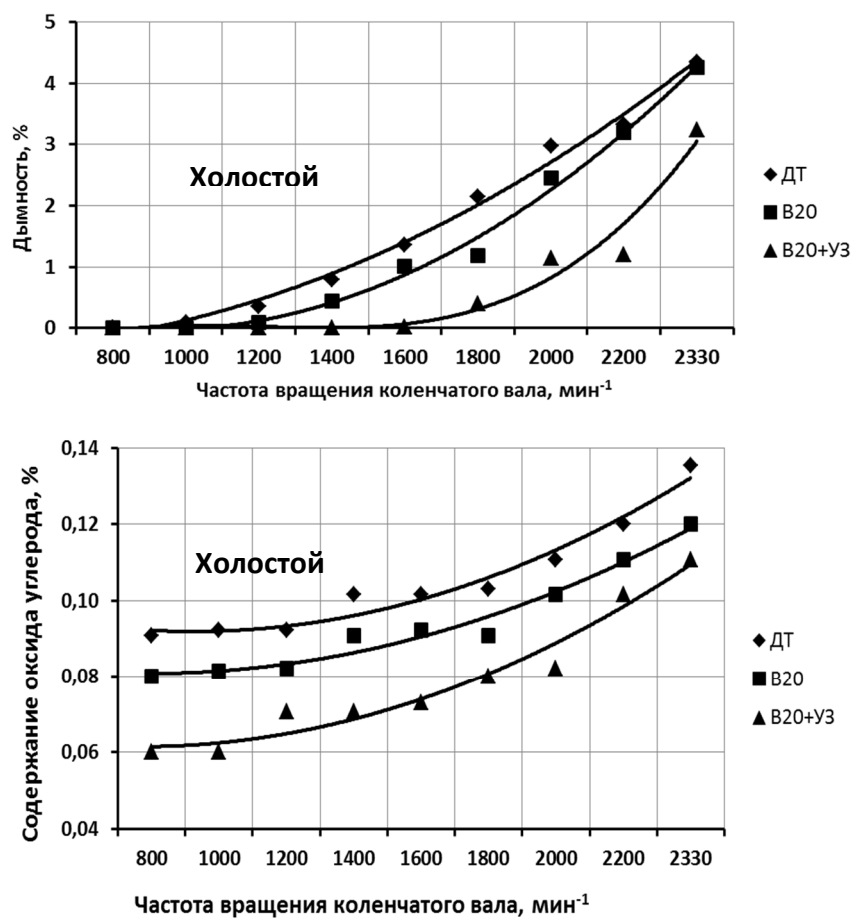


Рисунок 2 – Изменение экологических показателей дизеля Д-243 в условиях характеристики холостого хода при работе на топливах различного состава

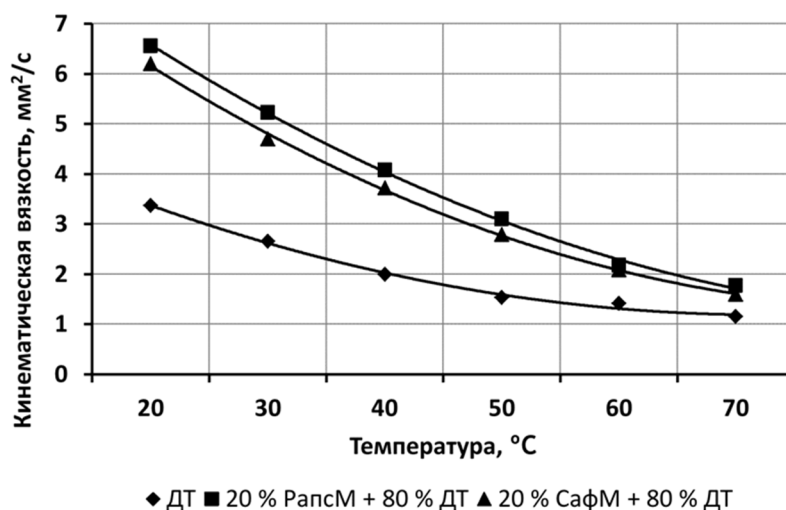


Рисунок 3 – Изменение вязкости биотоплива в зависимости от температуры

Как уже отмечалось, к недостаткам биотоплива относится его повышенная вязкость. Вязкость биотоплива на основе рапсового масла выше в среднем на 5 %, чем у биотоплива на основе сафлорового масла (рисунок 3). Поэтому для приближения вязкости

биотоплива к минеральному дизельному топливу необходим его подогрев. Проведенные исследования показали, что цикловая подача при работе на биотопливе при температуре 20-30 °С увеличивается на 8-8,5 %, а при подогреве до 60-70 °С соответствует требуемой.

Заключение. Эксперименты показали, что дымность при работе на смесевом биотопливе с использованием рапсового и сафлорового масел, обработанных ультразвуком, снизилась на 12,0-18,7 %. Также испытания показали, что работа двигателя на смесевом биотопливе на основе сафлорового масла по таким показателям, как эффективная мощность, максимальный крутящий момент, соизмерима с работой на топливе на основе рапсового масла. По удельному же расходу топлива и дымности такое топливо даже превосходит смесевое биотопливо на основе рапсового масла.

Библиографический список

1. Загородских, Б. П. Сафлоровое масло вместо рапсового [Текст] / Б. П. Загородских, А. А. Кожевников, С. А. Фадеев // Сельский механизатор. – 2010. – № 6. – С. 34-35.
2. Митин, С. Г. Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития [Текст] / С. Г. Митин, Л. С. Орзик, Н. Т. Сорокин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 204 с.
3. Савельев, Г. С. Биологическое моторное топливо для дизелей на основе рапсового масла [Текст] / Г. С. Савельев, Н. В. Краснощеков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 10. – С. 11-16.
4. Савельев, Г. С. Производство и использование биодизельного топлива из рапса [Текст] / Г. С. Савельев. – М.: ГНУ ВИМ, 2007. – 96 с.
5. Устройство для ультразвуковой обработки биотоплива [Текст] : пат. 88396 Российская Федерация, МПК F02M 27/08. / Загородских Б. П., Фадеев С. А.; заявитель и патентообладатель Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова. – № 2009127033/22; заявл. 14.07.2009; опубл. 10.11.2009. Бюл. № 31. – 5 с.
6. Уханов, А. П. Рапсовое биотопливо [Текст] / А. П. Уханов, В. А. Рачкин, Д. А. Уханов. – Пенза: РИО ПГСХА, 2008. – 229 с.
7. Фадеев, С. А. Улучшение показателей тракторного дизеля при работе на биодите, обработанном ультразвуком [Текст] / С. А. Фадеев, Б. П. Загородских, А. П. Уханов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – № 12. – С. 4-6.
8. Федоренко, В. Ф. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе [Текст] / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 136 с.
9. Шпаар, Д. Возобновляемое растительное сырье [Текст] : учеб.-практ. пособ. по производству и использованию возобновляемого растительного сырья : в 2 кн. / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Кн. 1. – С-Пб., Пушкин: [б. и.], 2006. – 382 с.
10. McDonnel, K. P. Results of engine and venicle testing of semirefined rapeseed oil [Text] / K. P. McDonnel, S. M. Ward, P. B. McNulty, R. Howard-Hildige // Transaction of the ASAE. – St. Joseph (Mich.). – Vol. 43(6). – 2000. – P. 1309-1316.

References

1. Zagorodskih, B. P. Saflorovoe maslo vmesto rapsovogo [Tekst] / B. P. Zagorodskih, A. A. Kozhevnikov, S. A. Fadeev // Sel'skij mehanizator. - 2010. - № 6. - S. 34-35.
2. Mitin, S. G. Biojenergetika: mirovoj opyt i prognozy ravitiya [Tekst] / S. G. Mitin, L. S. Orsik, N. T. Sorokin [i dr.]. - M.: FGNU "Rosinformagroteh", 2007. - 204 s.
3. Savel'ev, G. S. Biologicheskoe motornoe toplivo dlya dizelej na osnove rapsovogo masla [Tekst] / G. S. Savel'ev, N. V. Krasnoschekov // Traktory i sel'skohozyajstvennyye mashiny. - 2005. - № 10. - S. 11-16.
4. Savel'ev, G. S. Proizvodstvo i ispol'zovanie biodizel'nogo topliva iz rapsa [Tekst] / G. S. Savel'ev. - M.: GNU VIM, 2007. - 96 s.
5. Ustrojstvo dlya ul'trazvukovoj obrabotki biotopliva [Tekst] : pat. 88396 Rossijskaya Federaciya, MPK F02M 27/08. / Zagorodskih B. P., Fadeev S. A.; zayavitel' i patentoobladatel' Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N. I. Vavilova. - № 2009127033/22; zayavl. 14.07.2009; opubl. 10.11.2009. Byul. № 31. - 5 s.

6. Uhanov, A. P. Rapsovoe biotoplivo [Tekst]/ A. P. Uhanov, V. A. Rachkin, D. A. Uhanov. - Penza: RIO PGSXA, 2008. - 229 s.

7. Fadeev, S. A. Uluchshenie pokazatelej traktornogo dizelya pri rabote na biodite, obrabotannom ul'trazvukom [Tekst] / S. A. Fadeev, B. P. Zagorodskih, A. P. Uhanov // Traktory i sel'skohozyajstvennyye mashiny. - 2009. - № 12. - S. 4-6.

8. Fedorenko, V. F. Rezul'taty ispytaniy i perspektivy jekspluatscii dizelej na biotoplive [Tekst] / V. F. Fedorenko [i dr.]. - M.: FGNU "Rosinformagroteh", 2008. - 136 s.

9. Shpaar, D. Vozobnovlyаемое rastitel'noe syr'e [Tekst] : ucheb. -- prakt. posob. po proizvodstvu i ispol'zovaniyu vozobnovlyаемого rastitel'nogo syr'ya : v 2 kn. / D. Shpaar [i dr.]; pod red. D. Shpaara. - Kn. 1. - S-Pb., Pushkin: [b. i.], 2006. - 382 s.

10. McDonnel, K. P. Results of engine and venicle testing of semirefined rapeseed oil [Text] / K. P. McDonnel, S. M. Ward, P. B. McNulty, R. Howard-Hildige // Transaction of the ASAE. - St. Joseph (Mich.). - Vol. 43(6). - 2000. - P. 1309-1316.

E-mail: bpz_2010@mail.ru.

УДК 634.93:631.616:528

**ФИТОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОЕ
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПЕСЧАНОГО МАССИВА «КАНДАГАШ»
ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
PHYTOECOLOGICAL ASSESSMENT AND FOREST RECLAMATIVE MAPPING
OF SAND MASSIVE «KANDAGASH», THE WESTERN KAZAKHSTAN REGION
THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

В.Ф. Лобойко¹, доктор технических наук, профессор

Б.Ж. Есмагулова²

Н.А. Ткаченко³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ Волгоградский государственный аграрный университет

² Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск

³ ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук»

V.F. Loboiko¹, B.Zh. Esmagulova², N.A. Tkachenko³

¹ Volgograd State Agrarian University

² West Kazakhstan agrarian-technical university named Zhangir khan

³ Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of
Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences»

Для рационального освоения аридных земель Западно-Казахстанской области, используемых в настоящее время преимущественно в качестве пастбищных угодий, требуется учет и тщательный анализ их фитоэкологических условий. Используя лесомелиоративную классификацию, разработанную во ВНИАЛМИ, на основе применения ландшафтного подхода, данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий проведена фитоэкологическая оценка песчаного массива «Кандагаш». Проведено камеральное дешифрирование космических снимков высокого разрешения и экологическое профилирование песчаного массива. Составлены ландшафтно-экологическая и лесомелиоративная карты на территорию исследования. Определено долевое участие различных лесомелиоративных категорий (ЛМК), типов (ЛМТ) и выделов (ЛМВ) песчаного массива. Выделены три категории (ЛМК I, ЛМК II, ЛМК III) и нелесопригодные участки (солончаки и соленые депрессии). Преобладающей категорией является ЛМК II (75,4 %) – слабозаросшие пески с разбросанными язвами дефляции, а также территории с песчаными пустынными почвами. Участки с доступными грунтовыми водами (ГВ) (ЛМТa) занимают 11,9 % территории, ограниченно доступными ГВ (ЛМТб) – 69,2 %, участки с перераспределенными атмосферными осадками (ЛМТв) занимают 17,6 % от общей площади песчаного массива, остальная территория

относится к нелесопригодным участкам. Сочетание ЛКМ и ЛМТ на ключевом участке позволило выделить 5 ЛМВ, из них наибольшую площадь занимает ЛМВ II б (103 га). Таким образом, применение лесомелиоративной классификации совместно с геоинформационными технологиями позволило оценить песчаный массив «Кандагаш» с позиций нуждаемости в лесомелиорации.

The thorough consideration and analysis of phytocological state of arid territories of the Western Kazakhstan region, which are currently used as pasture lands, is necessary for their rational development. The phytocological assessment of sand massive “Kandagash” was conducted with the use of the forest reclamation classification developed in the All-Russian Scientific Research Agroforest Reclamative Institute (VNIALMI) on the basis of landscape approach, remote sensing of the Earth and geographic information technologies. The laboratory deciphering of space images of high resolution and the ecological profiling of sand massive was conducted. The landscape-ecological and forest ameliorative maps for the test territory were developed. The part of different forest reclamation categories (FRC), types (FRT) and sites (FRS) was determined. The three categories (FRC I, FRC II, FRC III) and sites unsuitable for forest growing (saline soils and salted depressions) were identified. The predominating category is FRC II (75.4 %) represented by weakly grown sands with separate deflation events, as well as territories with sandy desert soils. The sites with available groundwater (FRTa) occupy 11,9% of the territory, those with limited availability of groundwater (FRTb) – 69,2 %, the sites with reorganized precipitations (FRTc) – 17,6 % of the total area of sand massive. The rest of the territory is unsuitable for forest growing. The combination of FRC and FRT allowed identifying the contours of 5 FRS. The largest area concerns to FRS II b (103 hectares) – grown and weakly grown sands with separate deflation events, and the territories with sandy desert soils and limited availability of groundwater. So, the use of forest reclamation classification together with the geographic information technologies provided the assessment of sand massive “Kandagash” and its need in forest reclamation.

Ключевые слова: лесомелиорация, космические снимки, дешифрирование, картографирование, аридные территории, пески, Кандагаш Западно-Казахстанская область.

Key words: forest reclamation, space images, deciphering, mapping, arid territories, sands, Kandagash, the Western Kazakhstan region.

Введение. Вследствие интенсивных антропогенных нагрузок, нерационального использования пастбищных угодий, а также специфических природно-климатических условий за последнее 30 лет на территории Западно-Казахстанской области (ЗКО) возник целый ряд экологических проблем, среди которых наибольшее значение приобрела деградация земель. Во многих районах области возникли обстоятельства экологического бедствия: в некоторых поселках песком заносятся дороги, животноводческие стоянки, жилые дома. Растительность пастбищ с каждым годом становится все более скудной, снижается её видовое разнообразие и продуктивность. В связи с этим, в регионе возникла необходимость проведения комплексных лесомелиоративных мероприятий по закреплению песков, восстановлению и сохранению естественного травостоя деградированных пастбищ, организации пастбищеоборотов и т.д. Однако, из-за пестроты ландшафтно-экологических условий территории, планируемые лесомелиоративные мероприятия не всегда приносят ожидаемого результата. Поэтому для организации научно-обоснованных мелиоративных мероприятий по восстановлению высокопродуктивных пастбищных экосистем региона первоочередным этапом должна стать фитоэкологическая оценка территории, проводимая с использованием современных методов получения и обработки информации: данных дистанционного зондирования Земли (космоснимков) и геоинформационных технологий.

Материалы и методы. Песчаный массив «Кандагаш» расположен в Бокейординском районе ЗКО, в 9-9,5 км к юго-востоку от поселка Урда. Он является частью Рын-песков и представляет собой чередование возвышенных лент песков (нарынов) с долинообразными понижениями (ашиками) [4, 8, 14].

Вопросами лесоразведения и закрепления подвижных песков на рассматриваемой территории занимались такие ученые, как А. Г. Гаель [3], В. И. Петров [12], К. Н. Кулик [8, 11], Ф. М. Касьянов [7], Н. С. Зюзь [6], А. С. Манаенков [9, 10]. Их работы являются фундаментом в изучении возникших негативных проблем ЗКО, связанных с нерациональным использованием ресурсов и приведших к деградации сельскохозяйственных угодий.

Для ландшафтно-экологической характеристики и фитоэкологического картографирования песчаного массива использовались следующие материалы:

- космические снимки высокого разрешения (5 – 7 м) с информационно-поискового веб-сервиса Google Earth;
- разновременные космические снимки Landsat 5 и 8 с портала EarthExplorer (Геологическая служба США) с разрешением 30 м;
- почвенная карта региона, полученная в Государственном научно-производственном центре земельных ресурсов и землеустройства ЗКО;
- карты уровня и минерализации грунтовых вод, полученные в Комитете «Жаик-гидрогеология» ЗКО;
- отчеты Управления природных ресурсов и регулирования природопользования ЗКО.

На основе космических снимков проводилась лесомелиоративная классификация земель. В ее основу положены ландшафтные признаки: состояние почвенно-растительного покрова, наличие и виды дополнительных источников увлажнения [1, 2, 5, 8].

В соответствии с лесомелиоративной классификацией [2, 8, 12], деградированные пастбища делятся на 4 лесомелиоративные категории (ЛМК), различающиеся между собой по состоянию почвенно-растительного покрова.

К категориям, выделяемым в ЛМК I, относятся очаги опустынивания, возникшие в результате чрезмерной нагрузки скота у водопоев, кошар и населенных пунктов, а также участки пастбищ, подвергшиеся опустыниванию и выведение из хозяйственного оборота из-за распашки. В зависимости от площади очага опустынивания относят к мелким (менее 100 га), средним (100 – 500 га) и крупным (более 500 га).

ЛМК II – заросшие и слабозаросшие пески разных форм рельефа в различных стадиях почвообразовательного процесса, часто с разобщенными язвами дефляции, а также территории с песчаными пустынными почвами. Они легко теряют почвенно-растительный покров и подвергаются опустыниванию при повышенной нагрузке скотом и даже при частичной распашке широкими лентами.

ЛМК III – площади с супесчаными зональными (светло-каштановыми, бурыми полупустынными, серо-бурыми пустынными, такыровидными пустынными) почвами, способными дефлировать при сплошной распашке.

ЛМК IV – имеют суглинистые и глинистые почвы, практически не подвергающиеся ветровой эрозии не только при интенсивном выпасе, но и при распашке.

Для картографирования ЛМТ были взяты карты с точками уровня грунтовых вод (УГВ) и их минерализации (МГВ) и в программе Surfer с применением интерполяционного метода «кригинг» построены изолинейные карты УГВ и МГВ. Для работы в Surfer электронные таблицы данных содержали три столбца данных: первые два столбца данных – координаты X и Y, третий столбец является величиной Z, назначенной в точку X, Y [15]. В нашем случае X и Y – это координаты центра ячейки регулярной сетки, которая накладывается на космический снимок, а Z представляет либо данные об УГВ, либо об МГВ.

В пределах каждой ЛМК по изолинейным картам УГВ и МГВ выделены следующие ЛМТ: ЛМТ а – доступные грунтовые воды (ГВ), глубина их залегания от 0 до 4 м, минерализация до 1 г/л; ЛМТ б – ограниченно доступные ГВ, глубина их залегания

от 4 до 8 м, с минерализацией свыше 1 г/л; ЛМТ в – перераспределенные атмосферные осадки (снегонакопление, поверхностный сток); ЛМТ г – недоступные ГВ и лишенные указанных источников увлажнения.

Все природное разнообразие деградированных пастбищ рассматривается нами как сочетание в различных комбинациях ЛМК и ЛМТ, выражаемых в виде обобщенных таксономических единиц – ЛМВ – обозначенных двойным индексом «категория и тип» [8, 11, 13].

Результаты. Дешифрирование космоснимка QuickBird масштаба 1: 100000 и экологическое профилирование на песчаном массиве «Кандагаш» позволили выделить следующие участки с различной степенью зарастания песков естественной растительностью: незаросшие бугристые и слабозаросшие бугристые пески (рисунок 1).

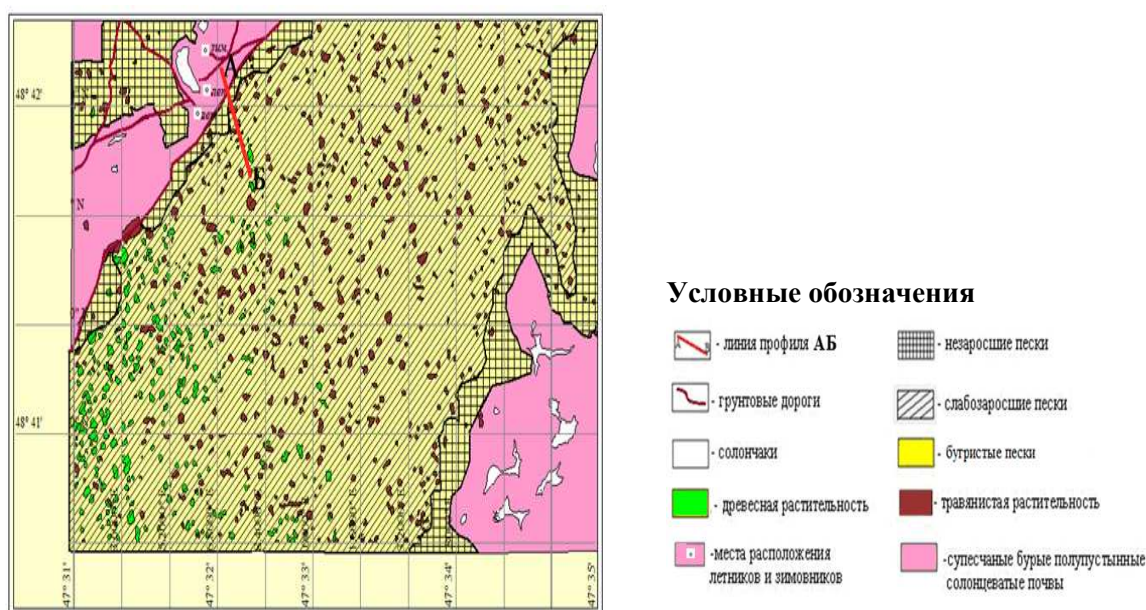


Рисунок 1 – Ландшафтно-экологическая карта песчаного массива «Кандагаш» (Масштаб 1:100 000)

Незаросшие пески в основном наблюдаются в песчаном массиве возле колодцев и летников. Из древесных насаждений здесь доминируют сосна обыкновенная и тополь черный. Из травянистой растительности чаще всего встречаются полынь белая, молочай и осока.

Ландшафтно-экологический профиль, заложенный на ключевом участке «Кандагаш», начинается в точке с координатами 48°42'37'' с.ш. 47°32'20'' в.д. Направление профиля – с северо-запада на юго-восток, протяженность – 750 м (рисунок 2). Рельеф участка неровный, в некоторых местах высота бугров достигает 13 м.

Профиль начинается рядом с зимником Айтбай. Территория характеризуется близким залеганием пресных ГВ. В 50 м от зимника расположен колодец, УГВ 1,75 м, МГВ 0,75 г/л. Вокруг колодца разбитые пески, общее проективное покрытие очень низкое – 5 %. На протяжении 300 метров в травостое чаще всего встречаются солодка, осока и единично пырей, кермек, козлобородник. На 5-й точке высота бугра достигает 12,3 м, здесь наблюдается молочайно-осоковое сообщество и единично встречаются типчак и козлобородник.

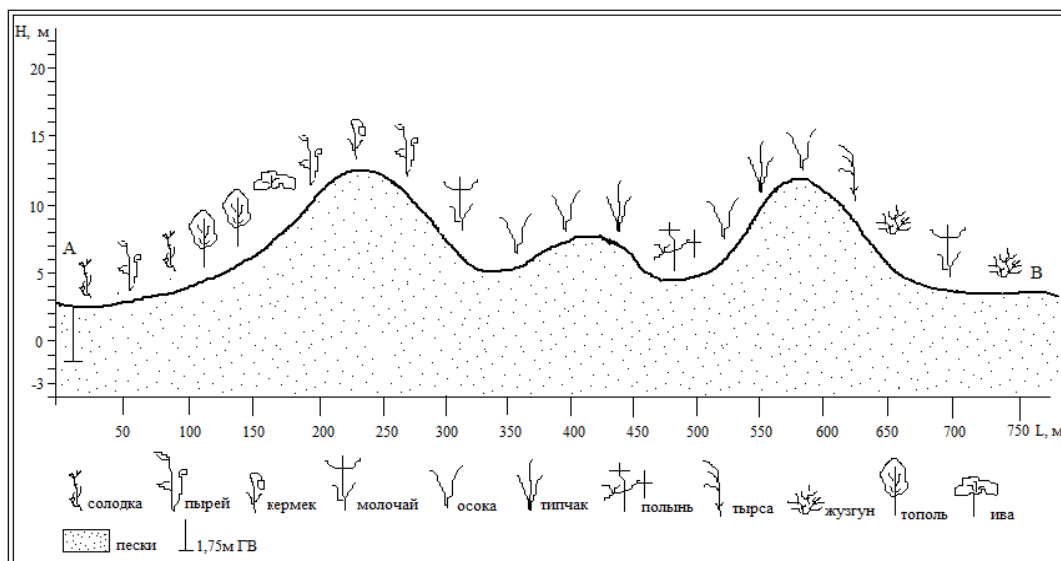


Рисунок 2 – Ландшафтно-экологический профиль песчаного массива «Кандагаш»

На склоне изредка наблюдаются василек и ковыль-волосатик. По понижениям встречается обильный подрост тополя, высотой до 6 м, диаметр ствола достигает 16,0 см, а также ива белая, высотой 2,5-3 м. На 10-й точке проективное покрытие увеличивается до 15 % и, к растительному сообществу добавляются джужгун и овес песчаный. В межбугровых понижениях можно увидеть сосну в возрасте 100-150 лет, робинию псевдоакацию высотой 12-15 м. Травянистое сообщество меняется на осоко-типчаковое. В конце профиля проективное покрытие достигает 20 %.

На основе данных ландшафтного профилирования, дешифрирования космоснимков, анализа статистической, литературной и картографической информации была составлена лесомелиоративная карта песчаного массива «Кандагаш». Лесомелиоративная карта создавалась с помощью наложения контуров ЛМК и ЛМТ, и их сочетание в различных комбинациях позволило выделить контуры ЛМВ.

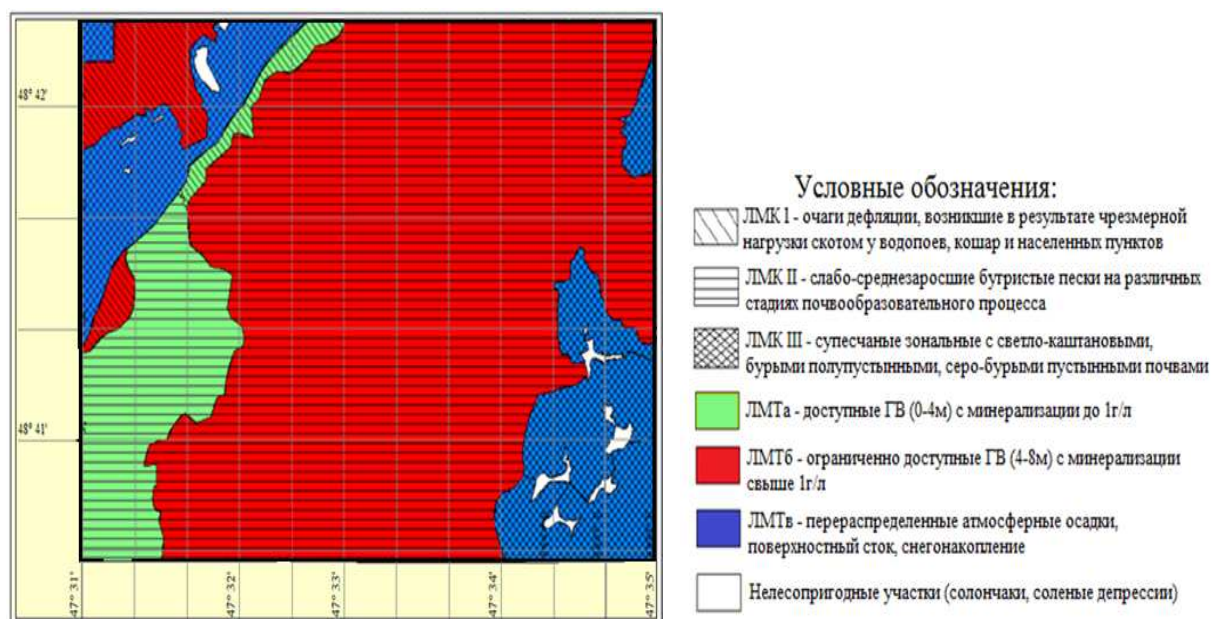


Рисунок 3 – Лесомелиоративная карта песчаного массива «Кандагаш» (М 1:100 000)

Обсуждение. На ключевом участке «Кандагаш» определены три лесомелиоративные категории (ЛМК I, ЛМК II, ЛМК III) и нелесопригодные участки – солончаки и соленые депрессии (рисунок 3).

Участки с доступными ГВ (ЛМТа) занимают 11,9 % территории, ограниченно доступными ГВ (ЛМТб) – 69,2 %, участки с перераспределенными атмосферными осадками (ЛМТв) занимают 17,6 % от общей площади песчаного массива, остальная территория относится к нелесопригодным участкам (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение земель по лесомелиоративным типам на ключевом участке «Кандагаш»

	ЛМТ и другие участки				Всего по ключевому участку
	а	б	в	нелесопригодные участки	
га	19,0	110,0	28,0	2,0	159,0
%	11,9	69,2	17,6	1,3	100,0

Сочетание ЛМК, ЛМТ и данных, полученных по ходу заложения ландшафтно-экологического профиля на ключевом участке, позволили выделить 5 ЛМВ (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение земель по лесомелиоративным выделам на ключевом участке «Кандагаш»

ЛМВ	Площадь ЛМВ, га	Процент от общей площади песчаного массива
I а	2,0	1,3
I б	7,0	4,4
II а	17,0	10,7
II б	103,0	64,7
III в	28,0	17,6
Нелесопригодные участки	2,0	1,3
ВСЕГО	159,0	100,0

Наибольшую площадь 64,7 % (103 га) занимает ЛМВ II б – заросшие и слабозаросшие пески разных форм рельефа в различных стадиях почвообразовательного процесса, часто с разобшенными язвами дефляции, а также территории с песчаными пустынными почвами с ограниченно доступными ГВ (от 4 до 8 м). ЛМВ I а – очаги опустынивания, возникшие в результате чрезмерной нагрузки скота у водопоев, кошар и населенных пунктов, а также участки пастбищ, подвергшиеся опустыниванию и выведение из хозяйственного оборота из-за распашки с доступными ГВ (от 0 до 4 м) занимает 1,3 % (2 га) территории песчаного массива. Нелесопригодные участки – солончаки и соленые депрессии, также занимают 1,3 % (2 га) и в основном расположены на супесчаных зональных (светло-каштановых, бурых полупустынных, серо-бурых пустынных, такыровидных пустынных) почвах.

Заключение. Проведенные исследования на песчаном массиве «Кандагаш» выявили огромные перспективы в агролесомелиоративном освоении территории. Земли с доступными ГВ здесь занимают 19 га, ограниченно доступные ГВ – 110 га. Это говорит о том, что большие запасы ГВ на слабо- и среднезаросших бугристых песках позволяют превратить территорию в высокопродуктивный лесоаграрный ландшафт. Составленная нами лесомелиоративная карта позволяет разработать научно-обоснованные мелиоративные мероприятия по восстановлению пастбищных экосистем региона исследования.

Библиографический список:

1. Агролесоландшафты: проблемы, свойства, управление и оценка [Текст] / Под ред. Е. С. Павловского. – Выпуск 1 (106). – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1995. – С. 258.
2. Агролесомелиорация [Текст] / Под. ред. академиков РАСХН А. Л. Иванова, К.Н. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.

3. Гаяль, А.Г. Облесение бугристых песков засушливых областей [Текст] / А.Г. Гаяль. – М.: Географиздат, 1952. – 218 с.
4. Галимов, А.Г. География Западно-Казахстанской области [Текст] / А.Г. Галимов, В.И. Амельченко, М.А. Галимов. – Уральск: Полиграфсервис, 2001. – 139 с.
5. Дарбаева, Т.Е. Растительный мир Западно-Казахстанской области [Текст] / Т.Е. Дарбаева, А.У. Утаубаева, Т.А. Цыганкова. – Уральск: Полиграфсервис, 2001. – С. 4-5.
6. Зюзь, Н.С. Коренная мелиорация растительных условий на песках засушливых областей [Текст] / Н.С. Зюзь, Н.А. Прозоров // Бюллетень ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1989. – Вып. 3(98). – С. 120-130.
7. Касьянов, Ф.М. Защитное лесоразведение на пастбищных землях [Текст] / Ф. М. Касьянов. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 80 с.
8. Кулик, К.Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов [Текст] / К.Н. Кулик. – Волгоград: «ВНИАЛМИ», 2004. – 248 с.
9. Манаенков, А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны [Текст] / А.С. Манаенков. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 420 с.
10. Манаенков, А.С. Особенности фитомелиорации крупных очагов опустынивания песчаных земель в Северо-Западном Прикаспии [Текст] / А.С. Манаенков // Бюллетень ВНИАЛМИ. – Волгоград, 1984. – Вып. 2(82). – С. 79-89.
11. Методические рекомендации по фитомелиорации аридных территорий и нормы нагрузки на природные пастбища [Текст] / А.С. Манаенков, В.П. Воронина, А.В. Вдовенко. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. – 80 с.
12. Петров, В.И. Лесомелиорация Прикаспия [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора с.-х. наук (06.03.04) / Петров Владимир Иванович. – Волгоград, 1989. – 50 с.
13. Применение аэрокосмических методов в агролесомелиорации. Методические рекомендации [Текст] / К.Н. Кулик, В.И. Петров, И.Г. Зыков, и др. – М.: ВАСХНИЛ, 1991. – 56 с.
14. Рябуха, А. Г. История изучения песчаного массива Рын-пески [Текст] / А.Г. Рябуха, А.С. Рябуха // Вопросы истории и археологии Западного Казахстана. – 2008 – Выпуск 9. – №2. – С. 78-85.
15. Силкин, К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 [Текст] / К.Ю. Силкин. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2008. – 66 с.

Reference

1. Agrolesolandshafty: problemy, svojstva, upravlenie i ocenka [Tekst] / Pod red. E. S. Pavlovskogo. - Vypusk 1 (106). - Volgograd: VNIALMI, 1995. - S. 258.
2. Agrolesomeliaciya [Tekst] / Pod. red. akademikov RASXN A. L. Ivanova, K. N. Kulik. - Volgograd: VNIALMI, 2006. - 746 s.
3. Gael', A. G. Oblesenie bugristyh peskov zasushlivykh oblastej [Tekst] / A. G. Gael'. - M.: Geografizdat, 1952. - 218 s.
4. Galimov, A. G. Geografiya Zapadno-Kazahstanskoj oblasti [Tekst] / A. G. Galimov, V. I. Amel'chenko, M. A. Galimov. - Ural'sk: Poligrafservis, 2001. - 139 s.
5. Darbaeva, T. E. Rastitel'nyj mir Zapadno-Kazahstanskoj oblasti [Tekst] / T. E. Darbaeva, A. U. Utaubaeva, T. A. Cygankova. - Ural'sk: Poligrafservis, 2001. - S. 4-5.
6. Zyuz', N. S. Korennaya melioraciya rastitel'nyh uslovij na peskah zasushlivykh oblastej [Tekst] / N. S. Zyuz', N. A. Prozorov // Byulleten' VNIALMI. - Volgograd, 1989. - Vyp. 3(98). - S. 120-130.
7. Kas'yanov, F. M. Zashitnoe lesorazvedenie na pastbischnyh zemlyah [Tekst] / F. M. Kas'yanov. - M.: Lesnaya promyshlennost', 1972. - 80 s.
8. Kulik, K. N. Agrolesomeliativnoe kartografirovanie i fitoekologicheskaya ocenka aridnyh landshaftov [Tekst] / K. N. Kulik. - Volgograd: "VNIALMI", 2004. - 248 s.
9. Manaenkov, A. S. Lesomeliaciya aren zasushlivoj zony [Tekst] / A. S. Manaenkov. - Volgograd: VNIALMI, 2014. - 420 s.

10. Manaenkov, A. S. Osobennosti fitomelioracii krupnyh ochagov opustynivaniya peschan-yh zemel' v Severo-Zapadnom Prikaspii [Tekst] / A. S. Manaenkov // Byulleten' VNIALMI. - Volgograd, 1984. - Vyp. 2(82). - S. 79-89.
11. Metodicheskie rekomendacii po fitomelioracii aridnyh territorij i normy nagruzki na pri-rodnye pastbischa [Tekst] / A. S. Manaenkov, V. P. Voronina, A. V. Vdovenko. - Volgograd: VNIALMI, 2013. - 80 s.
12. Petrov, V. I. Lesomelioraciya Prikaspiya [Tekst] : avtoref. dis. na soisk. uchen. step. doktora s. -- h. nauk (06.03.04) / Petrov Vladimir Ivanovich. - Volgograd, 1989. - 50 s.
13. Primenenie ajerokosmicheskikh metodov v agrolesomelioracii. Metodicheskie rek-omendacii [Tekst] / K. N. Kulik, V. I. Petrov, I. G. Zykov, i dr. - M.: VASXNIL, 1991. - 56 s.
14. Ryabuha, A. G. Istoriya izucheniya peschanogo massiva Ryn-peski [Tekst] / A. G. Ryab-uha, A. S. Ryabuha // Voprosy istorii i arheologii Zapadnogo Kazahstana. - 2008 - Vypusk 9. - №2. - S. 78-85.
15. Silkin, K. Yu. Geoinformacionnaya sistema Golden Software Surfer 8 [Tekst] / K. Yu. Silkin. - Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr Voronezhskogo gosuniversiteta, 2008. - 66 s.

E-mail: bayana_021284@mail.ru

УДК 665.666.4

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ИЗ ОТХОДОВ
ГОРЧИЧНО-МАСЛОБОЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА
PRODUCTION TECHNIQUE FERTILIZERS FROM WASTE
MUSTARD-OIL PRODUCTION**

Г.Г. Русакова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С.В. Павлова, соискатель, **Л.В. Мазина**, соискатель

Е.В. Губицкая, магистрант

G.G. Rusakova, S.V. Pavlova, L.V. Masina, E.V. Gubitskaya

Волгоградский государственный технический университет

Volgograd State Technical University

Отходы горчично-маслобойного производства являются сложной многокомпонентной смесью разного класса химических соединений. В своем составе они содержат 92,99...93,41 % органических соединений и 7,01...6,59 % золы. В золе отходов содержится значительное количество микро- и макроэлементов, в том числе азота – 6,80...6,86 %; кальция – 0,41...0,47 %; фосфора – 0,99...1,09 %; магния – 0,47...0,51 %; калия – 1,09...1,29 %; железа – 23,9...37,3 %; меди – 0,33...0,96 %; цинка – 6,42...6,50 %; марганца – 4,27...4,94 %, что указывает на возможность использования их в качестве удобрения для обогащения почвы веществами, которые обладают высокой биологической активностью [13,3,13]. Содержащийся в отходах горчично-маслобойного производства гликозид (синигрин) и фитонцид (эфирное горчичное масло) принято считать токсичными веществами [1]. Наличие токсичных веществ в отходах горчично-маслобойного производства требует их специальной подготовки для последующего использования в сельскохозяйственных отраслях народного хозяйства [14,16-20]. Определению режимов обезвреживания отходов горчично-маслобойного производства от токсичных соединений посвящен ряд работ ученых ВолгГТУ и ВолгГАУ [1,8,11,5,4]. На основе экспериментов [8,9-11,5] были проведены исследования определения условий, обеспечивающих наибольшую степень предотвращения вывоза в отвал отходов горчично-маслобойного производства, за счет превращения их в удобрения по приведенной в настоящей работе технологии.

Waste mustard-oil production are complex multicomponent blend of different classes of chemical compounds. In its composition they contain 92,99...93,41% of the organic compounds and of 7.01...of 6.59 % ash. In the ash waste contains a considerable amount of micro - and macro elements, including nitro-gen...of 6.80 6.86% of; calcium...0,41 0,47 %; phosphorus...0,99 1,09 %; magnesium...0,51 0,47 %;... kali-um of 1.09 to 1.29 %; iron...37,3 23,9 %; cuprum...0,33 0,96 %; zinc...6,42 6,50 %; manganese...4,27 4,94

%, which indicates the possibility of using them as fertilizer to enrich the soil with substances that have high biological activity [1-4]. Contained in the waste mustard-oil production glycoside (sinigrin) and phytoncid (essential oil of mustard) is considered to be toxic substances [5]. The presence of toxic substances in the waste mustard-oil production requires special preparation for use in the agricultural industry of the national consumption [15-20]. The definition of the condition of disposal of waste mustard-oil production of toxic compounds dedicated a series of articles of scientists of VSTU and VOLGAU [5-11]. Based on the experiments [6-10] conducted research determining the conditions that provide the greatest degree of prevention of export of wastes to the dump mustard-oil production, by turning them into fertilizer is given in the present work the technology.

Ключевые слова: отходы, синигрин, эфирное горчичное масло, планирование эксперимента, параметры гидролиза и отпарки.

Key words: waste, sinigrin, essential mustard oil, design of experiments, parameters hydrolysis and evaporating.

Введение. Тиогликозид синигрин, содержащийся в отходах горчично-маслобойного производства, является биологически активным соединением и обладает широким спектром действия. Вместе с тем, его принято считать токсичным веществом: образующееся из синигрина при гидролизе эфирное горчичное масло раздражает слизистые оболочки и вызывает воспалительный процесс. Порог чувствительности запаха составляет до $0,6 \text{ мг/м}^3$; ОБУВ – ориентировочный безопасный уровень воздействия – $6,12 \text{ мг/м}^3$.

Для разработки технологии извлечения синигрина из семян горчицы нами за основу были приняты его физические свойства, в частности, хорошая растворимость в горячей воде [5, 18] и инактивация фермента мирозиназы при температуре выше 80°C [14, 16, 20].

Материалы и методы. Синигрин гидролизовали в отходах горчично-маслобойного производства водой при температуре $50...55^\circ\text{C}$. Более высокая температура процесса не допускается, т.к. это может привести к значительным инактивациям фермента мирозиназы при их тепловой обработке [9]. Изучение процесса гидролиза синигрина в отходах горчично-маслобойного производства проводили на лабораторной установке. В реактор заливали воду, подогретую до заданной температуры. При постоянно работающей мешалке засыпали заданное количество отходов горчично-маслобойного производства. Обработке отходы подвергали в течение не менее 15 минут. По истечении заданного времени гидролиза из полученной суспензии отпаркой острым паром выделяли эфирное горчичное масло, после чего отбирали пробу суспензии на анализ, сушили до остаточной влаги не более 10 %. Очищенные от токсичных соединений отходы по методике [2] анализировали на остаточное содержание эфирного масла.

Результаты и обсуждение. На основании результатов лабораторных исследований и подтверждения их при выполнении опытных работ на реальных средах для создания промышленной схемы получения удобрения установлены следующие параметры технологического процесса выделения эфирного горчичного масла из отходов горчично-маслобойного производства: содержание сухого вещества в суспензии – 15-18 %; температура гидролиза синигрина – не более 55°C ; время гидролиза синигрина – 15 минут; время отпарки эфирного горчичного масла – не более 15 минут; температура суспензии при отпарке – не более 90°C . содержание эфирного горчичного масла в сырье – 1,0 %; выход эфирного горчичного масла – 0,7 % от массы сырья; остаток эфирного горчичного масла в суспензии – 0,1 %; пар $P = 0,6 \text{ Мпа}$ с $T = 158,8^\circ\text{C}$; понижение давления до 0,05 Мпа.

Для определения параметров лабораторных исследований и опытных работ на реальных средах использовались приборы, прошедшие метрологическую оценку, пробы и показатели анализировались не менее трех параллелей и принимались при статистической достоверности $P < 0,05$.

Описание технологического процесса получения удобрений. Технологический процесс получения удобрений из отходов горчишно-маслобойного производства состоит из следующих стадий: загрузка сырья в реактор; гидролиз синигрина; отгонка и конденсация эфирного горчичного масла; фазоразделение конденсата эфирного горчичного масла; расфасовка, складирование, отгрузка эфирного горчичного масла и удобрения потребителю.

Режим процесса. Процесс гидролиза синигрина периодический, проводится в аппаратах с мешалками и осуществляется в следующей последовательности: в реактор Г 1, 2 заливают воду, подогретую до $35...50\text{ }^{\circ}\text{C}$, и засыпают при работающей мешалке отходы горчично-маслобойного производства (из расчета 15 % сухого вещества в суспензии). Люк в крышке реактора плотно закрывают и ведут перемешивание 15 минут. Загрузка отходов горчично-маслобойного производства ведется через люк, находящийся в крышке реактора Г 1, 2. Чтобы избежать случаев россыпи сырья и возможности попадания в реактор металлических предметов, в люк вставляется воронка с сеткой.

По истечении времени гидролиза синигрина, в реактор начинают подачу острого пара для отпарки эфирного горчичного масла, пары которого конденсируются в конденсаторе Т и поступают в отстойник О. В отстойнике О конденсат расслаивается. Верхний слой насосом Н 3 направляется в реактор Г 1, 2 для приготовления суспензии, нижний – эфирное горчичное масло сливается в бутылки. Для предотвращения уноса отходов горчично-маслобойного производства в конденсатор, устанавливается сетка в фланцевое соединение штуцера на крышке реактора (выход паров с содержанием эфирного горчичного масла).

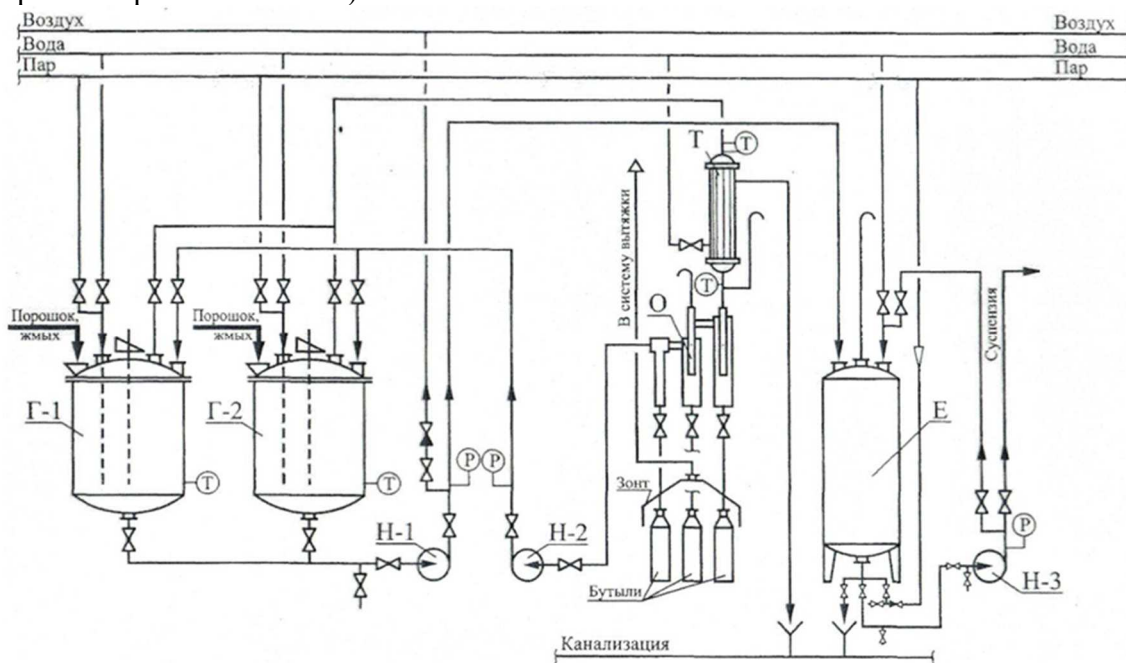


Рисунок – Технологическая схема получения удобрения из отходов горчично-маслобойного производства:

Г – 1,2 – гидролизер; ФС – фазоразделитель; Н – 1,2,3 – насос; О – отстойник;
Т – холодильник; Е – промежуточная емкость для удобрения

Полученную суспензию насосом **Н 1** передают в промежуточную емкость **Е**, из которой ее реализуют как готовый продукт, в качестве жидкого удобрения [12]. Выделенное эфирное горчичное масло реализуют потребителю.

Источниками энергообеспечения производства удобрения и эфирного горчичного масла являются существующие объекты, сооружения и коммуникации завода.

Предложенная технологическая схема переработки отходов горчично-маслобойного производства позволяет предотвратить вывоз в отвал азотсодержащих продуктов и получить два ценных товарных продукта, в том числе эфирное горчичное масло с широким спектром действия и удобрение. Установка по переработке отходов горчично-маслобойного производства с получением 6,5 тыс. т/год удобрения и 2,5 т/год эфирного горчичного масла позволяет максимально использовать основные фонды ОАО ВМЭЗ «Сарепта» нормализовать его работу, в том числе обеспечить рабочие места более 200 человек.

Потребность в удобрениях по Волгоградской области составляет 90-110 тыс. т/год [14].

Таблица 1 – Материальный баланс переработки 1000 кг отходов

Израсходовано			Получено		
Наименование продуктов	значение		Наименование продуктов	значение	
	кг	%		кг	%
Стадия гидролиза					
1.Жмых горчичный	1000	100	1. Суспензия	6666,66	100
1.1 Сухое вещество	932	93,2	1.1 Сухое вещество	932	13,98
1.2. Эфирное масло	8,0	0,8	1.2. Эфирное масло	8,0	0,12
1.3. Влага	60	6,0	1.3. Влага	5726,66	85,90
2.Вода (Конденсат)	5666,66	100			
Итого	6666,66	100	Итого	6666,66	100
Стадия отпарки эфирного масла					
1. Суспензия	6666,66	100	1. Удобрение	7821,47	100
1.1 Сухое вещество	932	13,98	1.1 Сухое вещество	932	11,91
1.2. Эфирное масло	8,0	0,12	1.2. Эфирное масло	0,932	0,01
1.3. Влага	5726,66	85,90	1.3. Влага	6881,47	87,98
2. Конденсат	1154,81	100	2. Эфирное масло	7,068	100
Итого	7821,47	100	Итого	7821,47	100

Технологические испытания по вводу удобрения «Сарепта» в различные типы почвы. Технологические свойства удобрений были изучены в ООО АПК «Пригородный» и в СПК «Светлоярский». При проведении технологических испытаний при обработке почвы удобрением «Сарепта» изучены технологические свойства; исследовано влияние условий хранения на качество удобрения «Сарепта»; проведены производственные испытания при обработке почвы удобрением «Сарепта»; разработаны требования к качеству продукта с учетом его промышленного производства.

В испытаниях использовалась промышленная партия удобрения «Сарепта», изготовленная в ОАО ВМЭЗ «Сарепта».

Перед вводом в почву продукт характеризовался следующими показателями: содержание органических соединений 92,99...93,41 %; золы – 7,01...6,59 %. В золе удобрения содержится азота 6,80...6,86 %; кальция – 0,41...0,47 %; фосфора – 0,99...1,09 %; магния – 0,47...0,51 %; калия – 1,09...1,29 %; железа – 23,9...37,3 %; меди – 0,33...0,96 %; цинка – 6,42...6,50 %; марганца – 4,27...4,94 %.

На основании проведенных исследований было установлено, что удобрения «Сарепта» не требует применения дополнительных технологических приемов подготовки. Для перемещения удобрения «Сарепта» от места приема и растаривания возможно применение механического и пневматического транспорта.

По органолептическим показателям удобрение должно соответствовать требованиям [12], указанным в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели удобрения

Наименование показателя	Характеристика продукта	Метод испытания
Внешний вид	идентичный внешнему виду сырья, применяемого для получения данного удобрения	Визуально
Цвет	от желтого до светло-коричневого с серым оттенком	Визуально
Запах	свойственный удобрению без постороннего запаха (затхлости, плесени, горелости и др.)	Органолептически

Физико-химические показатели удобрения должны соответствовать требованиям [12], указанным в табл. 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели удобрения

Наименование показателя	Нормы для марки			Метод испытания
	Ф	С	К	
1	2	3	4	5
Массовая доля сухого вещества, % не менее	2,0	15,0	25,0	по ГОСТ 26713
Массовая доля органического вещества, в сухом веществе, % не менее	93			По ГОСТ 27980
Массовая доля общей золы, в сухом веществе, %, не более	7			По ГОСТ 26714
Массовая доля макроэлементов в золе, %, не менее				
N общего	4,5			По ГОСТ 26715
P ₂ O ₅ общего	1,5			По ГОСТ 26717
K ₂ O общего	1,0			По ГОСТ 26718
pH	4,0...8,5			По ГОСТ 27979
Массовая доля общего содержания тяжелых металлов, мг/кг сухого вещества	По нормам, установленным Госкомсанэпиднадзором			По методикам Госкомсанэпиднадзора
Частицы размером более 10 мм	Не допускаются			Визуально

Удобрение, полученное из отходов горчишно-маслобойного производства, образующихся при переработке семян горчицы, выращенных в зонах облучения, должно подвергаться контролю на суммарное содержание радиоактивных веществ, выполняемому службами ветеринарно-санитарного надзора. Содержание их не должно превышать максимально допустимого уровня.

Содержание пестицидов не должно превышать норм, утвержденных органами санитарного надзора.

Удобрение перед хранением и отгрузкой должно охлаждаться в зимние месяцы до температуры не выше плюс 35 °С. В летние месяцы температура должна быть не более, чем на 5 °С выше температуры окружающего воздуха.

Хранят удобрение в емкостях в чистых сухих помещениях, не зараженных вредителями хлебных запасов, хорошо проветриваемых или оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией, защищенных от воздействия прямого солнечного света и источников тепла.

Срок хранения удобрения в плотно закрытой таре при температуре окружающей среды – 6 месяцев

Заключение. Таким образом, на основании свойств отходов горчично-маслобойного производства, была разработана технология их переработки в удобрение. Поскольку на основе экспериментов [1,8-11,14,16-20, 15-20] было установлено влияние ряда факторов на данный процесс, то были проведены исследования определения условий, обеспечивающих наибольшую степень предотвращения вывоза в отвал отходов горчично-маслобойного производства.

Библиографический список

1. Арьков А.А. Использование отходов промышленности в кормлении сельскохозяйственных животных [Текст]/ А.А. Арьков, А.Г. Чешева // Оптимальный способ удаления изотиоцианатов из горчичного жмыха и использование его в кормлении мясных цыплят: научные труды УСХА. – Киев, 1976. – С. 35-39.
2. ГОСТ 13979.7 – Жмыхи, шроты и горчичный порошок. Метод определения аллилизотиоцианатов (аллилового масла) [Текст].
3. Демченко П.П. Обзор по биохимическим и физиологическим свойствам семян горчицы [Текст] : Отчет о НИР / П.П. Демченко [и др.]. – Л.: ВНИИЖ, 1992. – С. 2-29.
4. Использование эфирного горчичного масла в различных отраслях сельского хозяйства [Текст]/ Г.Г. Русакова, Е.Д. Парахневич, Д.В. Парахневич, М.М. Русакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. – 2014. – № 4 (36). – С. 173-175.
5. Определение планированием эксперимента параметров процесса извлечения эфирного горчичного масла из продуктов переработки семян горчицы после гидролиза в них синигрина [Текст]/ Г.Г. Русакова, А.В. Демьянов, М.М. Русакова, Е.Д. Парахневич, Д.В. Парахневич // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 1 (13). – С. 15-19.
6. Официальный портал Губернатора и Администрации Волгоградской области, 2016.
7. Русакова Г.Г. Сарептская горчица – ценное сырье для различных отраслей народного хозяйства [Текст]/ Г.Г. Русакова, В.А. Хомутов. – Волгоград: Офсет, 1998. – 45 с.
8. Русакова Г.Г. Технологические процессы утилизации токсичных отходов горчично-маслобойного производства [Текст]/ Г.Г. Русакова [и др.]; под ред. Г.Г. Русаковой. – Волгоград: Политехник, 2008. – 178 с.
9. Русакова Г.Г. Новая технология переработки семян горчицы [Текст] : монография / Г.Г. Русакова [и др.]. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – 140 с.
10. Способ получения изотиоцианатов [Текст] : пат. 2196812 РФ, МПК 7 С 11 В 13/00 / Г.Г. Русакова, В.А. Хомутов, В.М. Рыжков; ОАО ВМЭЗ «Сарепта», 2003.
11. Способ получения изотиоцианатов [Текст] : пат. 2196811 РФ, МПК 7 С 11 В 13/00. / Г.Г. Русакова, В.А. Хомутов; ОАО ВМЭЗ «Сарепта», 2003.
12. Технические условия ТУ 2814-050-70586390-05 [Текст]. Удобрение органическое из растительного сырья «Сарепта» (жидкая фракция).
13. Химический состав семян горчицы и продуктов их переработки [Текст]/ Г.Г. Русакова, Е.Д. Парахневич, Д.В. Парахневич, М.М. Русакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. – 2014. – № 4. – С. 176-179.
14. Чичибабин, А. Е. Основные начала органической химии: в 2 т. /А. Е. Чичибабин. – 6-е изд. – М.: Химическая литература, 1958. – Т. 1-2. – 635 с.
15. Щербаков, В.Г. Химия и биохимия переработки масличных семян [Текст] / В.Г. Щербаков. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 317 с.
16. Ettlinger M. G. Новые формулы синигрина и синальбина [Текст]/ M. G. Ettlinger, A. J. Lundeen // J. Am. Chem. Soc, 78, 1956. - P. 4172
17. Ludwig, E. Выделение синигрина из семян черной горчицы [Текст]/ E. Ludwig, W Lange // Zeit. chem. Pharm., № 3, 1860. - P. 430, 577.
18. Schmidt, E. Ферментативное расщепление синигрина при низких температурах [Текст]/ E. Schmidt // Ber, № 10, 1877. – P. 187.

19. Schulz O.E. Выделение гликозидов из растительного сырья [Текст]/ O.E. Schultz, R. Gmelin // Arch. Pharm., 287, 1954. – P. 404.
20. Schulze K. Muhlstadt M. [Текст]/ K. Schulze, Mai W. // Z. Chem., 1977, №17. - P. 58.

Reference

1. Ar'kov A. A. Ispol'zovanie othodov promyshlennosti v kormlenii sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh [Текст]/ A. A. Ar'kov, A. G. Chesheva // Optimal'nyj sposob udaleniya izotiocianatov iz gorchichnogo zhmyha i ispol'zovanie ego v kormlenii myasnyh cyplyat: nauchnye trudy USXA. - Kiev, 1976. - S. 35-39.
2. GOST 13979.7 Zhmyhi, shroty i gorchichnyj poroshok. Metod opredeleniya allilizotiocianatov (allilovogo masla) [Текст].
3. Demchenko P. P. Obzor po biohimicheskim i fiziologicheskim svojstvam semyan gorchicy [Текст] : Otchet o NIR / P. P. Demchenko [i dr.]. - L.: VNIIZh, 1992. - S. 2-29.
4. Ispol'zovanie]firnogo gorchichnogo masla v razlichnyh otraslyah sel'skogo hozyajstva [Текст]/ G. G. Rusakova, E. D. Parahnevich, D. V. Parahnevich, M. M. Rusakova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 4 (36). - С. 173-175.
5. Opredelenie planirovaniem]ksperimenta parametrov processa izvlecheniya jefirnogo gorchichnogo masla iz produktov pererabotki semyan gorchicy posle gidroliza v nih sinigrina [Текст]/ G. G. Rusakova, A. V. Dem'yanov, M. M. Rusakova, E. D. Parahnevich, D. V. Parahnevich // Jenergo- i resursosberezhenie: promyshlennost' i transport. - 2016. - № 1 (13). - S. 15-19.
6. Oficial'nyj portal Gubernatora i Administracii Volgogradskoj oblasti, 2016.
7. Rusakova G. G. Sareptsкая gorchica - cennoe syr'e dlya razlichnyh otraslej narodnogo hozyajstva [Текст]/ G. G. Rusakova, V. A. Homutov. - Volgograd: Ofset, 1998. - 45 s.
8. Rusakova G. G. Tehnologicheskie processy utilizacii toksichnyh othodov gorchichnomaslobojnogo proizvodstva [Текст]/ G. G. Rusakova [i dr.]; pod red. G. G. Rusakovej. - Volgograd: Politehnik, 2008. - 178 s.
9. Rusakova G. G. Novaya tehnologiya pererabotki semyan gorchicy [Текст] : monografiya / G. G. Rusakova [i dr.]. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2015. - 140 s.
10. Sposob polucheniya izotiocianatov [Текст] : pat. 2196812 RF, MPK 7 S 11 V 13/00 / G. G. Rusakova, V. A. Homutov, V. M. Ryzhkov; OAO VMJeZ "Sarepta", 2003.
11. Sposob polucheniya izotiocianatov [Текст] : pat. 2196811 RF, MPK 7 S 11 V 13/00. / G. G. Rusakova, V. A. Homutov; OAO VMJeZ "Sarepta", 2003.
12. Tehnicheskie usloviya TU 2814-050-70586390-05 [Текст]. Udobrenie organicheskoe iz rastitel'nogo syr'ya "Sarepta" (zhidkaya frakciya).
13. Himicheskij sostav semyan gorchicy i produktov ih pererabotki [Текст]/ G. G. Rusakova, E. D. Parahnevich, D. V. Parahnevich, M. M. Rusakova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i professional'noe obrazovanie. - 2014. - № 4. - С. 176-179.
14. Chichibabin, A. E. Osnovnye nachala organicheskoy himii: v 2 t. /A. E. Chichibabin. - 6-e izd. - M.: Himicheskaya literatura, 1958. - T. 1-2. - 635 s.
15. Scherbakov, V. G. Himiya i biohimiya pererabotki maslichnyh semyan [Текст] / V. G. Scherbakov. - M.: Pischevaya promyshlennost', 1977. - 317 s.
16. Ettlinger M. G. Novye formuly sinigrina i sinal'bina [Текст]/ M. G. Ettlinger, A. J. Lundeen // J. Am. Chem. Soc, 78, 1956. - R. 4172
17. Ludwig, E. Vydelenie sinigrina iz semyan chernoj gorchicy [Текст]/ E. Ludwig, W Lange // Zeit. chem. Pharm., № 3, 1860. - R. 430, 577
18. Schmidt, E. Fermentativnoe rasscheplenie sinigrina pri nizkikh temperaturah [Текст]/ E. Schmidt // Ber, № 10, 1877. - R. 187.
19. Schulz O.E. Vydelenie glikozidov iz rastitel'nogo syr'ya [Текст]/ O. E. Schultz, R. Gmelin // Arch. Pharm., 287, 1954. - R. 404.
20. Schulze K. Muhlstadt M. [Текст]/ K. Schulze, Mai W. // Z. Chem., 1977, №17. - R. 58.

E-mail: linapar@yandex.ru

УДК631.319.06

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ ОПЫТНОГО
КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА**
**ESTIMATION OF PERFORMANCE INDICATORS IN A SAMPLE
OF COMBINED SOIL-CONSUMING UNIT**

А.И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С.В. Бондарев, аспирант

A.I. Ryadnov, S.V. Bondarev

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

В статье рассмотрены результаты исследований наработки на отказ и вероятности безотказной работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата конструкции Волгоградского ГАУ при эксплуатации в реальных условиях сельскохозяйственного предприятия Волгоградской области. В работе дана конструктивная и принципиальная схемы комбинированного почвообрабатывающего агрегата, который представлен в виде трех взаимосвязанных систем: опорно-навесной, плоскорежущей и дисковой. С точки зрения надежности агрегата его системы представлены как последовательно соединенные. По экспериментальным данным, полученным в результате наблюдения за работой двух опытных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов новой конструкции в течение 8 лет, были составлены статистические ряды информации наработки до отказов систем агрегата, в результате обработки которых установлено, что при суммарной наработке каждого агрегата до 6100 га средняя наработка на отказ опорно-навесной системы составила 482,7 га, плоскорежущей системы – 320 га и дисковой системы – 270,2 га, а комбинированного почвообрабатывающего агрегата в целом – 357, 6 га или 107,1 ч при среднестатистической наработке за час основного времени 3,34 га. Представлены кривые фактической и теоретической плотности распределения наработки на отказ и результаты проверки гипотезы о теоретическом законе распределения по критерию χ^2 .

In the article the results of studies of failures and the probability of the combined soil-cultivating unit designs Volgograd GAU during operation in real conditions of agricultural enterprises of the Volgograd region. The authors give a constructive and principled scheme of the combined tillage unit, which is provided in three interrelated systems: the support-mounted, ploskorezy and discovale. From the point of view of reliability of the unit system are represented as connected in series. Based on the experimental data obtained by monitoring the work of the two experienced combined tilling machines of a new design for 8 years, has compiled statistical series information between system failures of the unit, as a result of processing showed that when the total operating time of each unit to 6,100 ha, the average time from case, the support-mounted system was 482,7 ha, ploskorezy system 320 hectares and discovale system 270,2 ha, and a combined tillage units overall 357, 6 ha 107,1 h at average operating time per hour of time of 3.34 ha. Shows the actual and theoretical density of distribution of the MTBF and results test hypotheses about the theoretical law of distribution according to the χ^2 criterion.

Ключевые слова: комбинированный почвообрабатывающий агрегат, показатели безотказности систем агрегата наработка на отказ, вероятность безотказной работы.

Key words: combined tillage machine, the indicators of reliability of systems of the unit time to failure, probability of failure.

Введение. Задачи, поставленные Правительством Российской Федерации агропромышленному комплексу на 2013-2020 годы [4], включают, в частности, задачу по повышению плодородия почв. Однако в условиях Нижнего Поволжья невозможно решить эту задачу без применения перспективных почвозащитных технологий, а также без совершенствования существующих технологий и разработке новых технических средств, в частности, почвообрабатывающих машин. При этом вновь разрабатываемые

машины должны иметь высокий уровень надежности, что позволит при прочих равных условиях выполнять сельскохозяйственные работы в оптимальные агротехнические сроки и повысить эффективность их использования [11].

Материалы и методы. Методической базой для оценки показателей безотказности комбинированного почвообрабатывающего агрегата послужили положения теорий вероятностей [1] и надежности технических средств [6, 8, 9], а также нормативных документов [3]. Использованы статистические методы обработки экспериментальных данных [7].

Результаты. В Волгоградском ГАУ разработана конструкция комбинированного почвообрабатывающего агрегата (рисунок 1). Однако оценка надежности и, в частности, безотказности его конструкции при эксплуатации в реальных условиях сельскохозяйственного производства не проводилась.

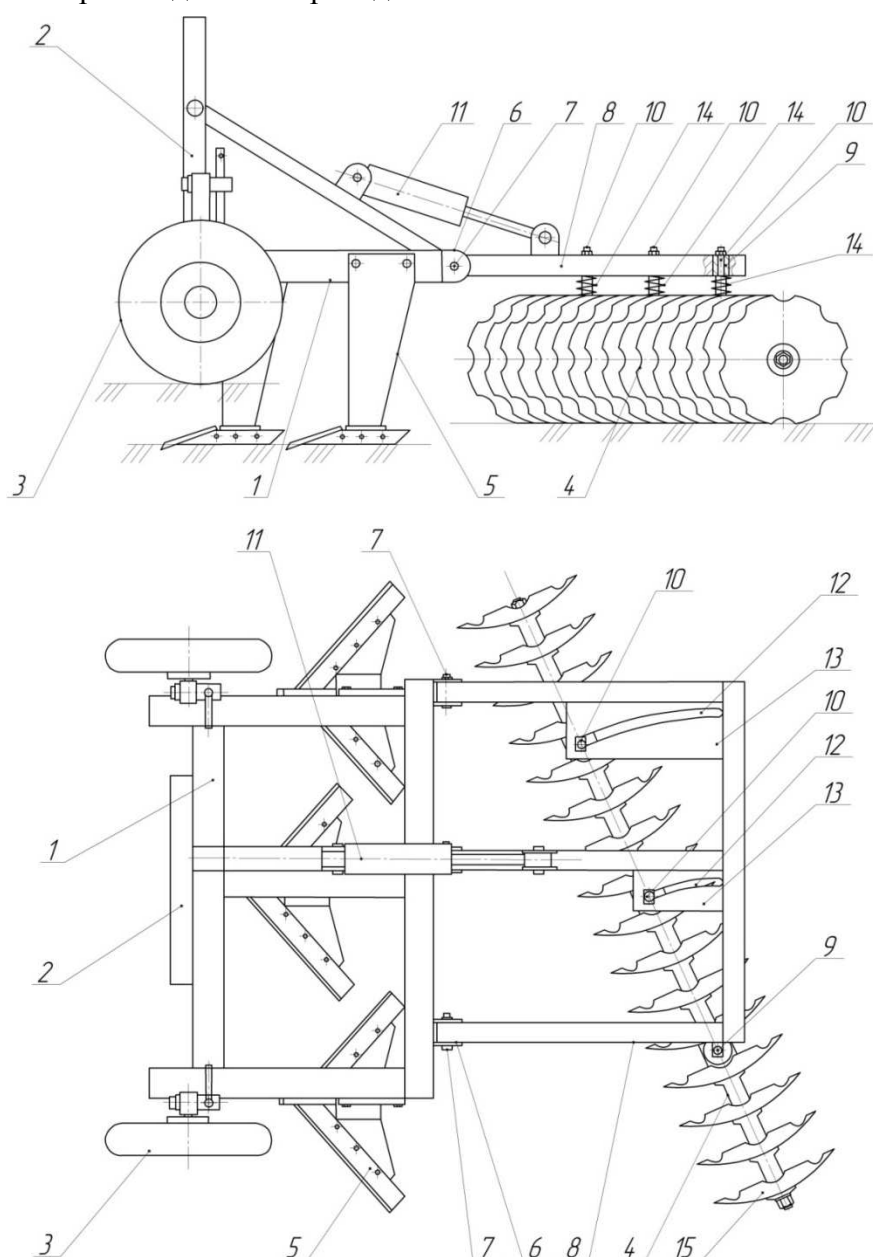


Рисунок 1 – Схема комбинированного почвообрабатывающего агрегата

Комбинированный почвообрабатывающий агрегат состоит из рамы 1, навесного устройства 2, опорных колес 3, дисковой батареи 4, плоскорежущих лап 5, кронштейнов 6, шарнира 7, рамки 8, шарнира 9, опорных элементов 10, гидравлического цилиндра 11, пазов 12, пластин 13, пружин 14 и дисков 15.

Работает следующим образом.

При движении по полю почвообрабатывающего комбинированного агрегата в составе машинно-тракторного агрегата с трактором класса 5 плоскорежущие лапы 5 подрезают пласт почвы и корни сорной растительности. Срезанный пласт почвы после схода с плоскорежущих лап 5 крошится. Качество крошения почвы плоскорежущими лапами 5 определяется скоростью движения агрегата, глубиной обработки, а также формой дисков 15, конструктивными параметрами их и дисковой батареи 4 в целом. В связи с этим, в предлагаемой конструкции комбинированного почвообрабатывающего агрегата применены диски 15 типа «фомашка», обеспечивающие высокое качество обработки.

Дисковая батарея 4 имеет возможность перемещаться в горизонтальной плоскости по пазам 12, выполненным в пластинах 13, закрепленных на рамке 8, что позволяет изменять угол атаки дисковой батареи. Угол атаки дисковой батареи 4 изменяют в зависимости от влажности и твердости почвы, ее засоренности сорняками и необходимой глубины обработки дисковой батареей 4.

Дисковая батарея 4 также имеет возможность копировать рельеф поля в поперечном направлении за счет установленных между дисковой батареей 4 и рамкой 8, на опорных элементах 10 пружин 14.

При качении дисковой батареи 4 по полю происходит рыхление, выравнивание и мульчирование верхнего слоя почвы. Глубина обработки почвы дисковой батареей 4 устанавливается с помощью гидравлического цилиндра 11, закрепленного между рамой 1 и рамкой 8. Гидравлический цилиндр 11 позволяет также изменять давление дисковых батарей 4 на почву для улучшения качества обработки при изменяющихся условиях работы (при изменении влажности и твердости почвы, ее засоренности сорняками и глубины обработки дисковой батареей 4).

Комбинированный почвообрабатывающий агрегат можно представить в виде структурной схемы (рисунок 2). Он включает три системы: опорно-навесную, плоскорежущую и дисковую, каждая из которых состоит из узлов, собранных из деталей и стандартных изделий.

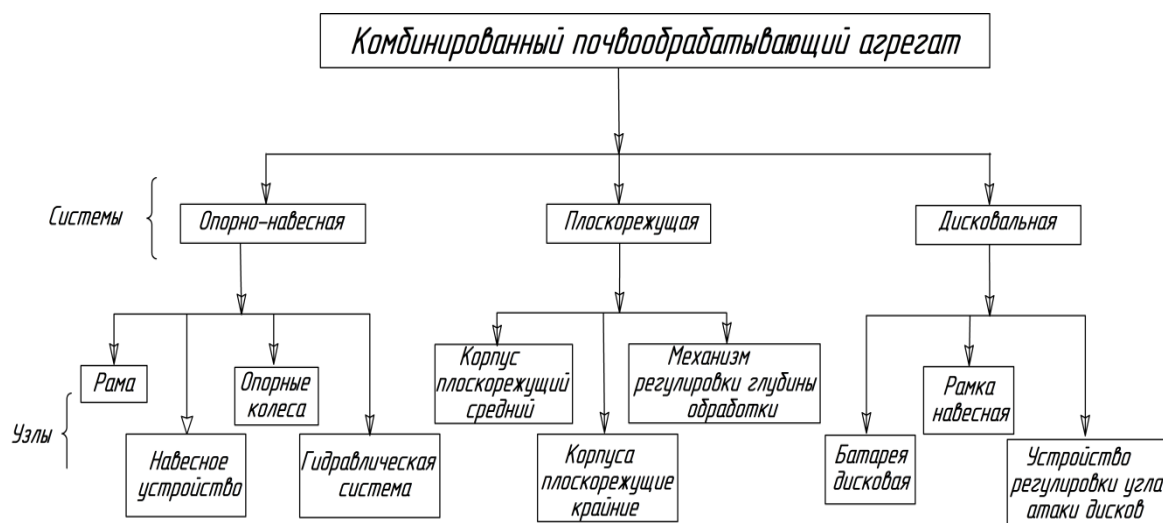


Рисунок 2 – Структурная схема комбинированного почвообрабатывающего агрегата

Оценка уровня безотказности комбинированного почвообрабатывающего агрегата проводилась как в целом, так и по его отдельным системам.

Рассматривая комбинированный почвообрабатывающий агрегат, его системы и узлы с точки зрения оценки их надежности, были выделены следующие основные показатели безотказности – наработка на отказ $\bar{t}_o$ и вероятность безотказной работы $P(H)$.

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 2, опорно-навесная, плоскорежущая и дисковая системы комбинированного почвообрабатывающего агрегата представлены с точки зрения их работы как параллельные системы. Однако с точки зрения оценки надежности комбинированного почвообрабатывающего агрегата данные системы последовательно соединены, так как отказ одной из них приводит к отказу агрегата в целом. Аналогично, при оценке надежности каждой из систем, ее узлы (с точки зрения надежности) также соединены последовательно.

Число машин, поставленных под наблюдение при оценке средних показателей надежности равно:

$$N = \chi \cdot \bar{t}_o / t, \quad (1)$$

где χ – коэффициент; t – продолжительность наблюдений; $\bar{t}_o$ – средняя наработка на отказ.

Величина коэффициента χ определяется в зависимости от точности и достоверной вероятности.

При относительной ошибке средней наработки на отказ $\delta = 0,2$, относительной вероятности оценки показателя надежности $\beta = 0,8$, средней наработки на отказ $\bar{t}_o = 320$ га (данная наработка на отказ в га обработанной площади получена исходя из того, что часовая наработка агрегата равна 3,2 га/ч, а, по данным ГНУ СибИМЭ, фактическая наработка на отказ у отечественных КППА равна всего 8...13 ч, у зарубежных – 25...58 ч; но при этом техническими условиями большинства современных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов наработка на отказ задана, равной 100 ч), продолжительности наблюдения в течение 5 лет и среднегодовой наработке 920 га, получим, что достаточно поставить под наблюдение два агрегата.

По экспериментальным данным, полученным в результате наблюдения за работой двух комбинированных почвообрабатывающих агрегатов новой конструкции в течение 8 лет (2009-2016 г.г.), были составлены статистические ряды информации наработки до отказов систем агрегата.

Количество интервалов статистического ряда n_j для каждой системы комбинированного почвообрабатывающего агрегата, а также для агрегата в целом определяли по формуле [10]:

$$n_j = \sqrt{M_j}, \quad (2)$$

где M_j – суммарное количество отказов j -го узла комбинированного почвообрабатывающего агрегата за наблюдаемый период.

Величину одного интервала A_j для j -ой системы комбинированного почвообрабатывающего агрегата определяли по выражению [10]:

$$A_j = \frac{t_{MAX\ j} - t_{MIN\ j}}{n_j}, \quad (3)$$

где $t_{MAX\ j}$, $t_{MIN\ j}$ – соответственно наибольшее и наименьшее значения наработки до отказа в статистическом ряде информации j -ой системы комбинированного почвообрабатывающего агрегата.

Для определения средней наработки на отказ j -ой системы комбинированного почвообрабатывающего агрегата $\bar{t}_{oj}$ воспользуемся формулой [5]:

$$\bar{t}_{oj} = \frac{1}{N} \sum_1^N t_j, \quad (4)$$

где t_j – зафиксированные значения наработки на отказ j -ой системы, ч, N – количество отказов j -ой системы.

По аналогичной формуле определяли среднюю наработку на отказ комбинированного почвообрабатывающего агрегата в целом:

$$\bar{t}_{oj} = \frac{1}{N} \sum_1^K \bar{t}_{oj}, \quad (5)$$

где K – это количество систем в агрегате.

В нашем случае наработку на отказ мы определяли в гектарах обработанной площади. Поэтому в формулах вместо значений t_j , $\bar{t}_{oj}$ и $\bar{t}_o$ подставляли значения наработки в гектарах, соответственно, H_j , $\bar{H}_{oj}$ и $\bar{H}_o$

Для оценки надежности объектов, для которых наблюдается поток отказов и поток восстановлений, использовали плотность распределения наработки на отказ $f(t)$ и вероятность того, что в каком-то интервале наработки от 0 до t не наступит отказ узла агрегата $P(t)$.

Таблица 1 – Статистические данные по наработкам до отказов и на отказ систем комбинированного почвообрабатывающего агрегата усовершенствованного (КПАУ) при суммарной наработке до 6100 га

Опорно-навесная система							
Наработка до отказа, га	511	863	1447	1521	2241	2849	3325
	3704	4397	4827	-	-	-	-
Наработка на отказ	511	352	584	74	720	608	476
	379	693	430	-	-	-	-
Плоскорежущая система							
Наработка до отказа, га	222	530	879	1131	1391	1536	1869
	2394	2689	2993	3373	3661	3709	3857
	4030	4644	5078	5506	5720	-	-
Наработка на отказ	222	308	349	252	260	145	333
	525	295	304	380	288	408	148
	173	614	434	428	214	-	-
Дисковая система							
Наработка до отказа, га	195	436	753	921	1192	1444	1704
	2116	2390	2450	2645	2889	3256	3883
	3778	3907	4381	4531	5091	5346	5674
Наработка на отказ	195	241	317	168	271	252	260
	412	274	60	195	244	367	227
	295	129	474	150	561	255	328

Всего зафиксирован 51 отказ двух КПАУ при использовании их до суммарной наработки 6100 га за 8 лет эксплуатации. Распределение наработки на отказ представлено в таблице 2.

Рассчитано, что средняя наработка на отказ опорно-навесной системы составила 482,7 га, плоскорежущей системы 320 га и дисковой системы 270,2 га, а комбинированного почвообрабатывающего агрегата в целом 357,6 га.

Учитывая, что наработка за час основного времени опытных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов составила 3,34 га, то наработка на отказ агрегата в часах основного времени составила 107,1 ч, что больше нормативного по техническим условиям.

Используя зависимость (2) и с учетом условия (3), получили, что количество интервалов $n_J = 6$, а величина одного интервала $A_J = 100$ га.

В данной таблице даны результаты расчета плотности распределения $f_\Phi(H_{0i})$ и вероятности безотказной работы $P_\Phi(H_{0i})$ по статистическим данным и теоретической плотности распределения $f_T(H_{0i})$.

Таблица 2 – Результаты расчета плотности распределения и вероятности безотказной работы почвообрабатывающего агрегата

Интервал наработки, га	m_i	Σm_i	H_{0i}	$f_\Phi(H_{0i}) 10^{-3}$	$P_\Phi(H_{0i})$	$f_T(H_{0i}) 10^{-3}$
60 - 160	6	6	110	0.118	0.882	0.882
161 - 260	14	20	210	0.275	0.608	0.608
261 - 360	12	32	310	0.235	0.373	0.373
361 - 460	8	40	410	0.157	0.216	0.216
461 - 560	6	46	525	0.090	0.098	0.098
561 - 720	5	51	655	0.075	-	-

По данным таблица 2 построены кривые фактической $f_\Phi(H_{0i})$ и теоретической $f_T(H_{0i})$ плотности распределения наработки на отказ комбинированного почвообрабатывающего агрегата (рисунок 3).

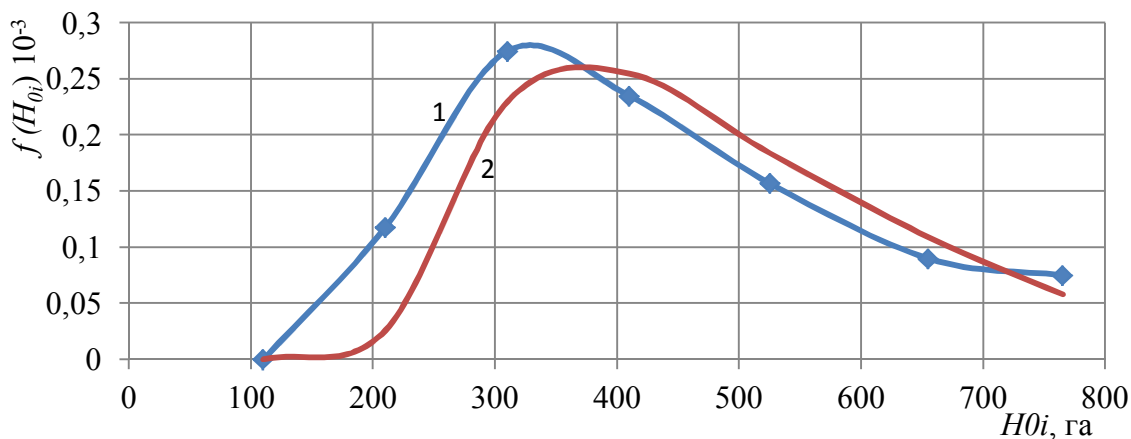


Рисунок 3 – Кривые фактической (1) и теоретической (2) плотности распределения наработки на отказ почвообрабатывающего агрегата

Проверку гипотезы о теоретическом законе распределения проводили с использованием критерия Пирсона χ^2 (таблица 3).

Вероятность попадания статистических данных в интервале наработки $[t_1, t_2]$ определяли по зависимости [7]:

$$P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = \Phi(t_2) - \Phi(t_1), \quad (6)$$

где $\Phi(t)$ – функция Лапласа; $t_1 = (\ln H_1 - a)/b$, $t_2 = (\ln H_2 - a)/b$, a , b – параметры закона распределения.

Полученные расчетным путем показатели приведены в таблице 3.

Таблица 3 – К расчету критерия χ^2

Интервал s наработки, га	m_i	$\Phi(H_{0i})$	P_i	$m_i P_i$	$\frac{(m_i - mP_i)^2}{mP_i}$
60 - 160	6	0,149	0,149	7,599	0,336
161 - 260	14	0,410	0,261	13,311	0,036
261 - 360	12	0,622	0,212	10,812	0,131
361 - 460	8	0,764	0,142	7,242	0,079
461 - 560	6	0,871	0,107	5,457	0,054
561 - 720	5	0,930	0,059	3,009	1,317
721 и более	0	1,0	0,070	3,570	3,570
Итого:	51	-	1,0	51	5,523

Определив $\Sigma \chi^2 = 5,523$ и зная число степеней свободы (в нашем случае $r = 3$), определили вероятность совпадения теоретического закона с экспериментальными данными $P(\chi^2) = 0,15$.

Обсуждение. Для логарифмически-нормального закона теоретические значения плотности распределения определяются по зависимости:

$$f(W_0) = \begin{cases} \frac{1}{W_0 b \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln W_0 - a)^2}{2b^2}} & , W_0 \geq 0, b > 0, -\infty < a < +\infty \\ 0 & , W_0 < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Для выбранного закона распределения теоретических значений плотности распределения параметры закона распределения оцениваются методом максимального правдоподобия:

$$\hat{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln W_{0i},$$

$$\hat{b} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln W_{0i} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln W_{0i})^2}. \quad (8)$$

Определено, что $\hat{a} = 5,7$ и $\hat{b} = 0,6$.

Можно, если были определены законы распределения наработки на отказ систем комбинированного почвообрабатывающего агрегата, рассчитать вероятность безотказной работы агрегата с учетом последовательного соединения систем в агрегате (с точки зрения надежности), по зависимости:

$$P(t) = \sum_{i=1}^K P_i(t). \quad (9)$$

Вероятность безотказной работы $P(t)$ агрегата будет представлять композицию законов распределения трех систем комбинированного почвообрабатывающего агрегата, которые могут быть одинаковыми или различными.

Закключение Таким образом, что при суммарной наработке каждого комбинированного почвообрабатывающего агрегата до 6100 га средняя наработка на отказ опорно-навесной системы составила 482,7 га, плоскорезующей системы 320 га и дисковой системы 270,2 га, а агрегата в целом 357, 6 га или 107,1 ч, что больше нормативного по техническим условиям.

Библиографический список

1. Венцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерное приложение [Текст] / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.

2. Вестник испытаний сельскохозяйственной техники [Текст]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 96 с.
3. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2013.
4. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы [Текст]. – М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2012.
5. Ермолов, Л.С. Основы надежности сельскохозяйственной техники [Текст] /Л.С. Ермолов, В.М. Кряжков, В.Е. Черкун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 271 с.
6. Лебедев, А.Т. Влияние надежности технических средств на их эффективность [Текст] / А.Т. Лебедев // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – №6. – С. 22.
7. Митков, А.Л. Статистические методы в сельхозмашиностроении [Текст] / А.Л. Митков, С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.
8. Надежность и эффективность в технике [Текст] : справочник: в 10 т./ Ред. совет: В.С. Абдуевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 3: Эффективность технических систем/ Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.
9. Острейковский, В.А. Теория надежности [Текст] : учебник для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Высшая школа, 2003. – 463 с.
10. Селиванов, А.И. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники [Текст] /А.И. Селиванов, Ю.Н. Артемьев. – М.: Колос, 1978. – 248 с.
11. Finnej J.B. Mechanization and soil structure // Agriculture. – 1971. – № 9.

Reference

1. Vencel', E. S. Teoriya veroyatnostej i ee inzhenernoe prilozhenie [Tekst] / E. S. Vencel', L. A. Ovcharov. - М.: Nauka, 1988. - 480 s.
2. Vestnik ispytaniy sel'skohozyajstvennoj tehniki [Tekst]. - М.: FGBNU "Rosinformagroteh, 2015. - 96 s.
3. GOST 20915-2011. Ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tehniki. Metody opredeleniya uslovij ispytaniy [Tekst]. - М.: Standartinform, 2013.
4. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo hozyajstva i regulirovaniya rynkov sel'skohozyajstvennoj produkcii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013-2020 gody [Tekst]. - М.: Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, 2012.
5. Ermolov, L. S. Osnovy nadezhnosti sel'skohozyajstvennoj tehniki [Tekst] /L. S. Ermolov, V. M. Kryazhkov, V. E. Cherkun. - 2-e izd., pererab. i dop. - М.: Kolos, 1982. - 271 s.
6. Lebedev, A. T. Vliyanie nadezhnosti tehicheskikh sredstv na ih jeffektivnost' [Tekst] / A. T. Lebedev // Tehnika v sel'skom hozyajstve. - 2011. - №6. - S. 22.
7. Mitkov, A. L. Statisticheskie metody v sel'hoz mashinostroenii [Tekst] / A. L. Mitkov, S. V. Kardashevskij. - М.: Mashinostroenie, 1978. - 360 s.
8. Nadezhnost' i jeffektivnost' v tehnike [Tekst] : spravochnik: v 10 t./ Red. sovet: V. S. Abduevskij (pred.) i dr. - М.: Mashinostroenie, 1986. - T. 3: jeffektivnost' tehicheskikh sistem/ Pod obsch. red. V. F. Utkina, Yu. V. Kryuchkova. - 328 s.
9. Ostrejkovskij, V. A. Teoriya nadezhnosti [Tekst] : uchebnik dlya vuzov / V. A. Ostrejkovskij. - М.: Vysshaya shkola, 2003. - 463 s.
10. Selivanov, A. I. Teoreticheskie osnovy remonta i nadezhnosti sel'skohozyajstvennoj tehniki [Tekst] /A. I. Selivanov, Yu. N. Artem'ev. - М.: Kolos, 1978. - 248 s.
11. Finnej J.B. Mechanization and soil structure // Agriculture. - 1971. - № 9.

E-mail: alex.rjadnov@mail.ru

УДК 631.816.33

ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ
INTRINCIPAL APPLICATION OF FERTILIZERS AND MELIORANTS**С.Я. Семененко^{1,2}**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**В.Г. Абезин^{1,2}**, доктор технических наук, профессор**В.А. Моторин²**, кандидат технических наук**А.Л. Сальников³**, доктор биологических наук, профессор**S.Ya. Semenenko^{1,2}, V.G. Abezin^{1,2}, V.A. Motorin², A.L. Salnikov³**

¹Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет

³Астраханский государственный университет

¹Polovzhsky Research Institute of Ecological and Meliorative Technologies -
a branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Agroecology,
Integrated Land Improvements and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»,
Volgograd

²Volgograd State Agrarian University

³Astrakhan State University

Внедрение интенсивных технологий требует повышенного плодородия почв за счет внесения удобрений и химических мелиорантов. Высокоинтенсивные технологии обеспечивают реализацию биологического потенциала возделываемых культур до 85 %. Удобрения содержат основные элементы питания растений, которые улучшают физические, химические и биологические свойства почвы и обеспечивают повышение урожайности. Наибольшее распространение при возделывании бахчевых культур получили минеральные удобрения, которые получают из природных ископаемых и азота воздуха. Минеральные удобрения выпускаются промышленностью в виде гранул, кристаллов, порошков или жидкостей. Мелиоранты – известковая и доломитовая мука, известковый туф, и специальные химические вещества используют для снижения кислотности почвы и улучшения её физических свойств. В зависимости от периода внесения существуют основной, сплошной или разбрасной, припосевной и подкормочный способы внесения. Самым эффективным является способ внутрипочвенного внесения удобрений и мелиорантов, при котором удобрения размещаются лентами, строчками, гнёздами во влагообеспеченном слое почвы. Этот способ обеспечивает снижение расхода удобрений, уменьшает их вынос со сточными водами, облегчает управление развитием растений. По концентрации действующих веществ удобрения условно разделяют на низкоконтентрированные (до 25 % действующего вещества – д.в.), концентрированные (25...60 % д.в.), высококонцентрированные (более 60 % д.в.). При определении нормы внесения необходимо учитывать данный параметр. Существующие машины для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений не обеспечивают заданного распределения удобрений в пахотном горизонте почвы, имеет низкую точность дозирования и эксплуатационную надежность.

The introduction of intensive technologies requires increased soil fertility through the introduction of fertilizers and chemical ameliorants. High-intensive technologies ensure the realization of the biological potential of cultivated crops to 85%. Fertilizers contain basic plant nutrients that improve the physical, chemical and biological properties of the soil and provide increased yields. The most widespread in the cultivation of melons and gourds were mineral fertilizers, which are derived from natural minerals and nitrogen from the air. Mineral fertilizers are produced by industry in the form of granules, crystals, powders or liquids. Meliorants - lime and dolomite flour, calcareous tuff, and special chemicals are used to reduce the acidity of the soil and improve its physical properties. Depending on the period of application, there are basic, continuous or disassembled, sowing and feeding methods of application. The most effective is the method of intra-soil application of fertilizers and ameliorants, in which fertilizers are placed with ribbons, stitches, nests in the moisture-rich layer of

soil. This method reduces the consumption of fertilizers, reduces their removal from sewage, facilitates the management of plant development. According to the concentration of active substances, fertilizers are conventionally divided into low concentration (up to 25% of the active substance - dv), concentrated (25 ... 60% AE), highly concentrated (more than 60% of the d.v.). When determining the application rate, this parameter must be taken into account. Existing machines for the intrusion of mineral fertilizers do not provide a predetermined distribution of fertilizers in the arable horizon of the soil, has low accuracy of dosing and operational reliability.

Ключевые слова: минеральные удобрения, мелиоранты, внутрпочвенное внесение, плодородие, чизельные орудия, дисковый нож, клинообразная стойка, долото, тукопровод, выходные отверстия.

Key words: mineral fertilizers, meliorants, intra-soil application, fertility, chisel tools, disk knife, wedge-shaped stand, chisel, tuko-connection, outlet holes.

Введение. На основании проведенного анализа теоретических и экспериментальных исследований установлено, что наиболее эффективным является способ внутрпочвенного внесения минеральных удобрений и мелиорантов. Этот способ обеспечивает оптимальные условия роста и развития растений и значительное повышение урожайности [10, 4, 5].

Разработана конструкция орудия для мелиоративной чизельной обработки почвы, которое позволяет вносить удобрения лентой на заданную глубину с заданным их распределением в пахотном горизонте [8, 3].

Материалы и методы. Внутрпочвенное внесение удобрений и мелиорантов предназначено для создания благоприятных условий роста и развития растений и повышения их урожайности.

Машины для внутрпочвенного внесения минеральных удобрений должны удовлетворять следующим требованиям:

- вносить основную дозу минеральных удобрений локально внутрпочвенно на глубину 12...25 см одновременно с безотвальной обработкой почвы;
- вносить минеральные удобрения сплошным горизонтальным экраном или ленточно (размер неудобренной полосы между лентами допускается не более 15 см);
- обеспечивать дозу внесения туков 0,1...0,6 т/га. Если необходимо использовать более высокие дозы, рекомендуется вносить минеральные удобрения при последующих обработках почвы;
- отклонение от заданной дозы внесения удобрений допускается не более 10 %;
- неравномерность распределения по ширине полосы внесенных удобрений не должна превышать 25 % [4].

Результаты и обсуждение. Орудие для мелиоративной чизельной обработки почвы [8] содержит комбинированную клинообразную стойку, которая имеет клинообразную грудь. Нижняя часть стойки выполнена по параболе $y^2 = 2px$, где y и x – вертикальные и горизонтальные координаты параболы, p – постоянная параболы. В нижней части стойки установлено долото из твердой износостойкой стали. К комбинированной клинообразной стойке с помощью щек и подшипника закреплен дисковый нож с помощью болтов. К задней части стойки закреплен тукопровод с выходными отверстиями.

Долото установлено на носке клинообразной стойки под углом 20...30° к горизонтальной плоскости. Выходные отверстия равномерно распределены по высоте тукопровода в зоне пахотного горизонта почвы. Наружная кромка выходных отверстий расположена в плоскостях боковых стенок комбинированной клинообразной стойки. Диаметр дискового ножа принят из условия $D=2a+d_{\phi}$, где a - глубина обработки, d_{ϕ} - диаметр фланца подшипника дискового ножа.

Долото выполнено сменным с нижним углом заточки и углом раствора клинообразного носка, обеспечивающим подрезание пласта в зоне блокированного резания.

Орудие для мелиоративной чизельной обработки почвы работает следующим образом.

Перед началом работы емкости для удобрений или химмелиорантов (не показаны) заполняются соответствующим для данной операции материалом. Устанавливается долото 3 на стойке 2, проверяется отсутствие возможности забивания отверстий 9. При движении орудия в заглубленном состоянии дисковый нож 6 обеспечивает разрезание пласта в вертикальной плоскости, при этом значительно снижается тяговое сопротивление. Долото 3 разрезает пласт, а комбинированная клиновидная стойка раздвигает его в боковые стороны. При этом образуется зона рыхления в виде трапецевидной щели с боковыми стенками 10 под углом 45° (рисунки 1а, б). По тукопроводу 8 под напором подаются удобрения или химмелиорант, которые через отверстия 9 поступают в зону рыхления и образуется мелиорированный слой почвы с повышенным плодородием. Применение вертикально; дискового ножа обеспечивает снижение тягового сопротивления, а внесение в корнеобитаемый слой почвы удобрений и химмелиорантов – повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

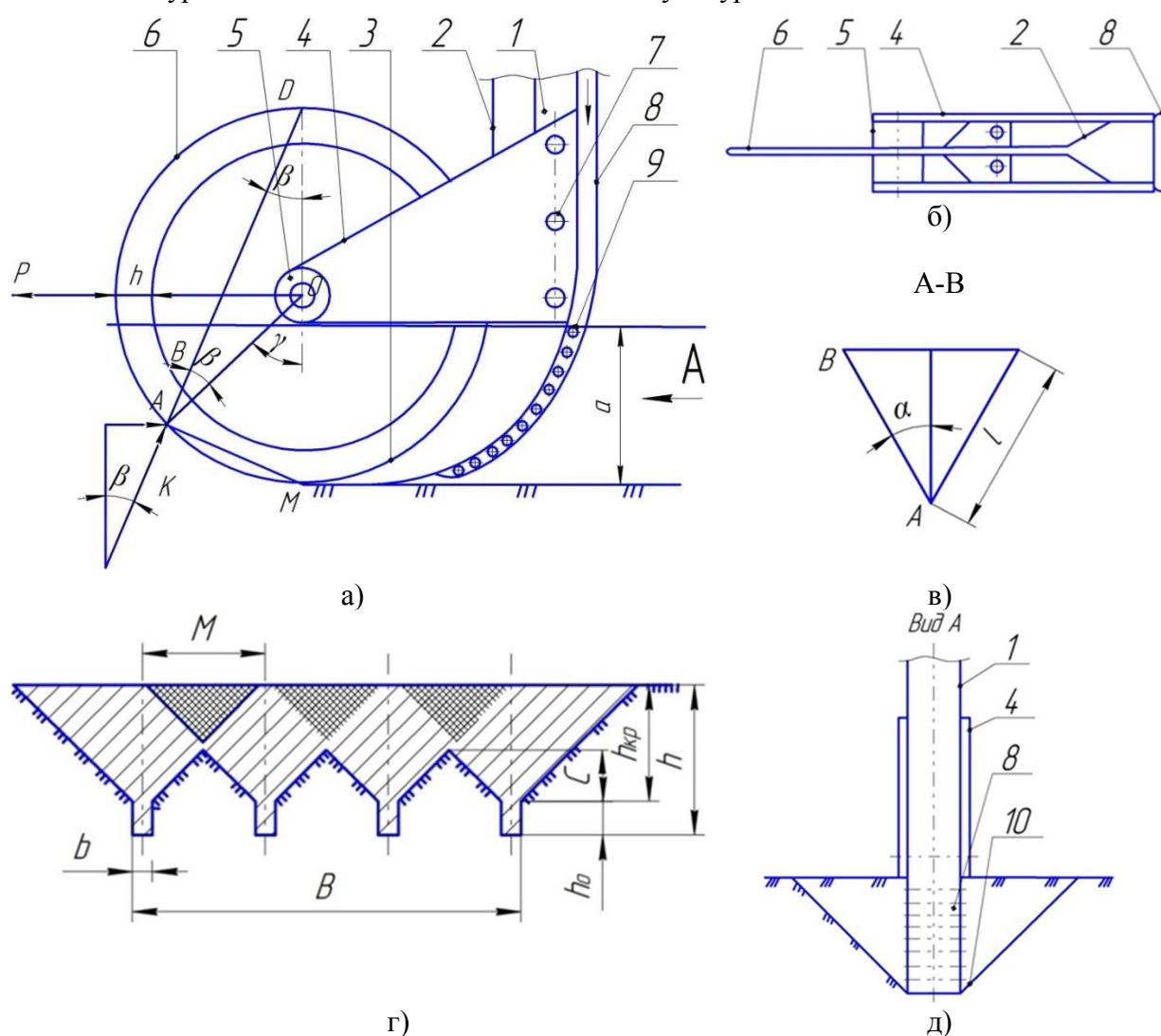


Рисунок 1 – Технология внутрипочвенного внесения удобрений

Для обеспечения устойчивости режима транспортирования минеральных удобрений по тукопроводу скорость воздушного потока создаётся в пределах 20...40 м/с, в зависимости от физико-механических свойств и расстояния перемещения [1]. Удельная энергоёмкость таких установок составляет до 0,1 кВт·ч/т·м.

Дисковый нож 6 разрезает верхний пласт почвы в вертикальной плоскости на глубину обработки почвы долотом 3.

Нож катится без скольжения около точки M . Соппротивление K элементарного клина (рисунок 1 в) на протяжении $Rd\varphi$, где R – радиус диска, направлено в точку D перпендикулярно MA [6].

В сечении AB угол резания

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \beta \quad (1)$$

Толщина диска $b' = b$.

Находим элементарную силу влечения:

$$p = 2pb(1 + f \operatorname{ctg} \alpha), \quad (2)$$

где p – давление на единицу площади; a – глубина обработки; f – коэффициент трения.

После замены a через $Rd\varphi$ получим:

$$dp = k \cdot \sin \beta = 2pb(1 + f \operatorname{ctg} \alpha) R \sin \beta d\varphi. \quad (3)$$

Так как

$$\varphi = 2\beta a b \operatorname{ctg} \alpha' = \frac{b \operatorname{ctg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{L}{\operatorname{ctg} \beta} \quad (4)$$

$$\text{то } \Delta P = 4p(b + f \frac{h}{\cos \beta}) R \sin \beta d\beta. \quad (5)$$

После преобразования:

$$P = 4pbR \int_0^{\pi/4} \sin \beta d\beta + f 4pbR \int_0^{\pi/4} \operatorname{tg} \beta d\beta = -[4Rpb \cos \beta + 4fpRh \lg \cos \beta]_0^{\pi/4} = 4Rpb \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) - 4fpRh \lg \frac{\sqrt{2}}{2} = 4Rpb \cdot 0,293 + 4fpRh \cdot 0,3467 \quad (6)$$

или

$$P = 2pb(0,5866 + 0,693fh) \quad (7)$$

Верхний пласт почвы разрезанный дисковым ножом раздвигается клинообразной грудью 2. При этом в почве образуется щель, ширина которой равна ширине клинообразной стойки 1. Профиль борозды при проходе клинообразной стойки характеризуется показателями: $h_{кр}$, h – критическая и полная глубина обработки; h_a , b – высота и ширина углубления дна борозды; c – высота гребней; B – ширина захвата орудия, M – ширина междуследия [6].

Туковоздушная смесь по тукопроводу 8 под напором подаются через отверстия 9 и проникает в разрыхленный слой почвы. По заданной производительности $Q_{\dots}(0,1 \dots 0,6 \text{ т/га})$ определяется расход воздуха $\text{м}^3/\text{с}$ [9, 4].

$$V = \frac{Q}{36\mu p}, \quad (8)$$

где μ – коэффициент массовой концентрации смеси; p – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$ в нормальных условиях, для нагнетательных установок 1,5...2,0. Скорость движения туковоздушной смеси в тукопроводе принимается из соотношения:

$$V_p = 15,75 + 0,85 \cdot V_{\text{вит}}, \quad (9)$$

где $V_{\text{вит}}$ – скорость витания удобрений (6,7 м/с) внутренний диаметр трубопровода

$$d_{\text{т}} = \sqrt{\frac{4V}{\pi V_p}}. \quad (10)$$

Необходимо полное давление

$$P_o = P_{\text{дин}} + P_{\text{ст}} = 1,25 (P_b + P_n + P_k + P_p + P_{\text{ф}}), \quad (11)$$

где 1,25 – коэффициент запаса давления для компенсации возможных неучтенных потерь. P_b – потери давления в питателе при входе удобрений в трубопровод

$$P_b = 0,613 \cdot V_p^2 (10 + 0,5\mu). \quad (12)$$

Потери давления на трение при перемещении туковоздушной смеси по материалопроводу на расстояние l и высоту h , Па.

$$P_b = 0,613 \cdot V_p^2 \frac{l+h}{d_{\text{т}}} (1 + k_a \mu) \times (0,0125 + 0,0011/d_{\text{т}}), \quad (13)$$

где k_a – коэффициент, зависящий от концентрации тукосмеси, скорости и физико-механических свойств удобрений (0,46, 0,33 и 0,24 при V_p 15,20 и 25 м/с).

Потери давления, обусловленные вертикальным подъемом тукосмеси

$$P_n = 12,2h \cdot (1 + \mu) \quad (14)$$

Потери давления в элементах трубопровода, Па

$$P_k = \xi \sum \frac{P_b V_p}{2}, \quad (15)$$

где $\sum \xi$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений.

Потери давления в разгрузочном устройстве при прохождении через поры почвы $P_p = 3,15$ кПа.

Мощность, необходимая для привода высоконапорного вентилятора, Вт:

$$P = \frac{P_o V}{\eta_{\text{в.м}} \eta_{\text{пр}}}, \quad (16)$$

где $\eta_{\text{в.м}}$, $\eta_{\text{пр}}$ – КПД вентилятора и его привода.

Расход сжатого воздуха для обеспечения оптимального режима транспортирования определяется по формуле [1].

$$Q_0 = 15\pi D^2 \omega_0 \frac{m^2}{\text{мин}}, \quad (17)$$

где D – диаметр трубопровода, м; ω_0 – оптимальная приведенная скорость воздушного потока, м/с.

Для гранулированных удобрений производительность G определена [1];

$$G = (AL_{\text{пр}} + B)^{-1} \quad (18)$$

где A и B – коэффициенты, зависящие от диаметра трубопровода; $L_{\text{пр}} = L + H + L_k$ – приведенная длина тукопровода, м; где L – суммарная длина горизонтальных участков, м; H – суммарная длина вертикальных участков, м; L_k – эквивалентная длина колен, м.

Длина L_k может быть определена исходя из соотношения величин R и D .

R/D	10	15	20	25
L_k	7	8	10	12

Применение технологии внутрпочвенного внесения удобрений позволяет сократить энергоемкость операции, повысить урожайность и равномерность распределения удобрений в корнеобитаемом слое [5].

Заключение. Применение чизельного орудия для внутрепочвенного внесения удобрений и мелиорантов способствует доставки в необходимом количестве питательных веществ к корневой системе возделываемых культур и позволяет распределить их в пахотном горизонте.

Данное распределение обеспечивает оптимальные условия потребления растениями питательных веществ, создаёт благоприятные условия для роста и развития растений, повышает урожайность всех сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Богданов, И.Н. Пневматический транспорт в сельском хозяйстве [Текст] / И.Н. Богданов. – М.: Росагропромиздат, 1991.
2. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в трех томах [Текст] / В.П. Горячкин. – М.: Изд-во «Колос», 1965. – Том 2. – 459 с.
3. Дмитриевский, Б.А. Свойства, получение и применение минеральных удобрений [Текст]: учебное пособие / Б.А. Дмитриевский, В.И. Юрьева, В.А. Сметлин и др. – СПб.: ПроспектНауки, 2013. – 326 с.
4. Зенкав, Р.Л. Машины непрерывного транспорта [Текст]: учебник для студентов, обучающихся по специальности «подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р.Л. Зенкав, Н.И. Ивашков, Л.Н. Колобов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с. : ил.
5. Марченко, М.Н. Локальное внесение минеральных удобрений [Текст] / Сост. М.Н. Марченко. – М.: Росагропромиздат, 144 с.: ил.
6. Машины для механизации технологических процессов в овощеводстве и бахчеводстве [Текст]: учебное пособие / А.С. Овчинников, В.Г. Абезин, А.Н. Цепляев, М.Н. Шапоров. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2009. – 232 с.
7. Новиков, А.Е. Совершенствование способов и технологий комплексной агротехнической мелиорации земель на Юге России [Текст]: автореферат дисс. докт. техн. наук / А.Е. Новиков.
8. Новохатский, В.М. Повышение качества внутрипочвенного внесения твердых минеральных удобрений при основной безотвальной обработке почвы путем совершенствования устройства [Текст] : автореф. дисс. на соискание учёной степени кандидата технических наук / В.М. Новохатский. – Волгоград, 2009.
9. Орудие для мелиоративной почвенной обработки почвы [Текст] : патент №2579791 Российская Федерация С1МПК А 01С 23/02, А 01В 17/00, А01В 13/08, А01В 49/06. /Семененко С.Я, Абезин В.Г., Дубенок Н.Н., Петров Н.Ю., Лытов М.Н. (RU) – заявка № 2015104227/13, заявлено 09.02.2015; опубл. 10.04.2016 Бюл.№10.
10. Проектирование и расчет подъемно-транспортных машин сельскохозяйственного назначения [Текст]: / М.Н. Ерохин, А.В. Карп, Н.А. Выскребенцев и др.; под ред. М.Н. Ерохина и А.В. Карпа. – М.: Колос, 1999. – 228 с.: ил.
11. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины [Текст] /В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колос, 2004. – 624 с.: ил.

Reference

1. Bogdanov, I. N. Pnevmaticheskij transport v sel'skom hozyajstve [Tekst] / I. N. Bogdanov. - M.: Rosagropromizdat, 1991.
2. Goryachkin, V. P. Sbranie sochinenij v treh tomah [Tekst] / V. P. Goryachkin. - M.: Izd-vo "Kolos", 1965. - Tom 2. - 459 s.
3. Dmitrievskij, B. A. Svoystva, poluchenie i primeneniye mineral'nyh udobrenij [Tekst]: uchebnoe posobie / B. A. Ditrievskij, V. I Yur'eva, V. A. Smetlin i dr. - Spb.: ProspektNauki, 2013. - 326 s.
4. Zenkav, R. L. Mashiny nepriryvno go transporta [Tekst]: uchebnik dlya studentov, obuchayuschihsya po special'nosti "pod'emno-transportnye mashiny i oborudovanie" / R. L. Zenkav, N. I. Ivashkov, L. N. Kolobov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Mashinostroenie, 1987. - 432 s. : il.
5. Marchenko, M. N. Lokal'noe vneseniye mineral'nyh udobrenij [Tekst] / Sost. M. N. Marchenko. - M.: Rosagropromizdat, 144 s.: il.

6. Mashiny dlya mehanizatsii tehnologicheskikh processov v ovoshevodstve i bahchevodstve [Tekst]: uchebnoe posobie / A. S. Ovchinnikov, V. G. Abezin, A. N. Ceplyaev, M. N. Shaprov. - Volgograd: Volgogradskaya GSXA, 2009. - 232 s.
7. Novikov, A. E. Sovershenstvovanie sposobov i tehnologij kompleksnoj agrotehnicheskoy melioratsii zemel' na Yuge Rossii [Tekst]: avtoreferat diss. dokt. tehn. nauk /A. E. Novikov.
8. Novohatskij, V. M. Povyshenie kachestva vnutripochvennogo vneseniya tverdykh mineral'nykh udobrenij pri osnovnoj bezotval'noj obrabotke pochvy putem sovershenstvovaniya ustrojstva [Tekst] : avtoref. diss. na soiskanie uchjonoj stepeni kandidata tehnikeskikh nauk/ V. M. Novohatskij. - Volgograd, 2009.
9. Oрудie dlya meliorativnoj pochvennoj obrabotki pochvy [Tekst] : patent №2579791 Rossijskaya Federaciya S1MPK A 01S 23/02, A 01V 17/00, A01V 13/08, A01V 49/06. /Semenenko S. Ya, Abezin V. G., Dubenok N. N., Petrov N. Yu., Lytov M. N. (RU) - заявка № 2015104227/13, заявлено 09.02.2015; opubl. 10.04.2016 Byul.№10.
10. Proektirovanie i raschet pod'emno-transportiruyuschih mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya [Tekst]: / M. N. Erohin, A. V. Karp, N. A. Vyskrebencev i dr.; pod red. M. N. Erohina i A. V. Karpa. - M.: Kolos, 1999. -- 228 s.: il.
11. Halanskij, V. M. Sel'skohozyajstvennyye mashiny [Tekst] /V. M. Halanskij, I. V. Gorbachev. - M.: Kolos, 2004. - 624 s.: il.

E-mail: pniiemt@yandex.ru

УДК 631.347.4.001.57

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОЖДЕВАНИЯ СТРУЙНЫМИ АППАРАТАМИ ПРИ РАБОТЕ ПО СЕКТОРУ

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES SPRINKLING JET APPARATUS AT WORK BY SECTOR

Л.В. Кравченко, кандидат технических наук

L.V. Kravchenko

*Азово-Черноморский инженерный институт – филиал
ФГБОУ ВО «Донской Государственный аграрный университет», г. Зерноград*

*Azov-and-Black Sea engineering institute
FSBHEEPT «Donskoy state agrarian university», Zernograd*

Целью исследования являлось совершенствование оценки равномерности дождевания струйными аппаратами при работе по сектору. Метод исследования – математическое моделирование функционирования струйных аппаратов при работе по сектору с использованием программ моделирования дальнеструйными дождевальными аппаратами. Алгоритм расчета, рекомендованный ГОСТ ИСО 7749-2-2004, усовершенствован для минимизации ручных операций расчета и измерения. Алгоритм реализован в программе для ЭВМ. Программа рассчитывает матрицу доз полива на метровых квадратах зоны дождевания между позициями четырех аппаратов. Расчет выполняется при различном шаге установки аппаратов, и так определяется оптимальное расположение аппаратов. Программы и методики моделирования распределения воды дальнеструйными дождевальными аппаратами позволяют оптимизировать соотношения между подачей воды в основное и в дополнительное сопла, выбирать рациональные расстояния между позициями при различных дальностях полета струи и углах секторов полива. Методика моделирования распределения воды дождевальными аппаратами может использоваться при проектировании новых и модернизации существующих машин. Рассмотренные примеры можно применить для оптимизации размещения стационарных дальнеструйных аппаратов ДД-30; ДД-50; ДД-80 и навесных дождевателей ДДН-70 и ДДН-100. Секторный способ работы аппаратов применяют для работы дальнеструйных аппаратов при ветре и для концевых аппаратов машин кругового действия. По равномерности полива этот способ менее эффективен, по сравнению с работой по кругу, но агротехнические требования выполнить можно. Можно отметить, что машины непрерывного движения могут обеспечить более равномерное распределение поливной воды по площади за счет уменьшения недополива под аппаратами.

The purpose of the research was to improve evaluation of the spray irrigation uniformity by jet machines at work in the sector. Research method is mathematical modeling of the jet machines functioning at work in the sector, using simulation software by long-range jet sprinklers. The algorithm of calculation that is recommended by the standard ISO 7749-2-2004, has been improved to minimize manual operations of calculation and measurement. The algorithm is implemented in the computer program. The advanced algorithm is implemented by simulation programs. The program calculates matrix of watering doses on meter squares of spray irrigation area between the positions of the four devices. The machine movement is simulated by summing doses by the columns of the matrix at constant X. By the doses vector after machine passage the coefficients of irrigation uniformity are calculated. The calculation is performed at different steps of apparatus placement, and as the result the optimal location of the devices is determined. Programs and methods of modeling water distribution by long-range jet sprinklers allow to optimize the balance between water supply into the main and the additional nozzles, to choose rational distance between the positions at different ranges of jet flight and the angles of the irrigation sectors. Methods of modeling water distribution by sprinklers can be used in the designing new machines and modernization of existing ones. The presented examples can be applied to optimize the placement of stationary long-range devices DD-30; DD-50; DD-80 and mounted sprinklers DDN-70 and DDN-100. The sector method of apparatus operation is applied for long-range machines when wind is blowing and for end units of circular action machines. On irrigation uniformity, this method is less effective comparing with the working in circle, but the agrotechnical requirements can be fulfilled. It may be noted that machines of continuous motion can provide more uniform irrigation water distribution by territory, by reducing insufficient watering under devices.

Ключевые слова: *расчет показателей равномерности, равномерность дождевания, равномерность полива, коэффициент эффективного полива, коэффициент недостаточного полива, коэффициент избыточного полива.*

Key words: *calculation of uniformity indicators, the irrigation uniformity, irrigation uniformity, coefficient of effective irrigation, coefficient of insufficient watering, coefficient of excess watering.*

Введение. Проектирование, испытания и настройка сельскохозяйственных машин связаны со значительными затратами трудовых и материальных ресурсов, занимают много времени [1, 4]. Применение систем автоматизированного проектирования для этих целей позволяет ускорить разработку машин, снизить затраты.

Оптимизация процесса работы дождевальных машин методом математического моделирования по критериям равномерности распределения жидкостей позволяет снизить материальные и энергетические затраты, повысить вероятность качественной работы при изменении условий эксплуатации, например, рельефа поля или ветра.

Материалы и методы. Моделирование выполняем при допущении о равномерном вращении аппаратов в пределах заданного сектора [5]. За один цикл импульсного движения перемещение значительно меньше размера зоны дождевания, поэтому после наложения зон дождевания распределение воды получается таким, как и при равномерном непрерывном вращении аппарата.

Струя распадается на капли, которые распределяются в продольном и поперечном направлениях. Поперечный разброс дальностей полета капель особенно заметен на краях сектора дождевания.

Угол расположения струи представлен в виде суммы двух векторов. Первый имеет нормальное распределение, второй – равномерное.

Дальность полета капель у односоплового аппарата аппроксимируется нормальным законом, у двухсоплового – смешением двух нормальных распределений.

Зачетная площадка для вычисления равномерности дождевания имеет форму прямоугольника с размерами $A \times B$, где A – расстояние между позициями в направлении, перпендикулярном к линии струи в среднем положении; B – расстояние между позициями в направлении полета струи.

Зачетная площадка разделена на квадраты площадью один квадратный метр. Величины A и B принимают целыми.

Математическая модель процесса дождевания учитывает плотности вероятностей угла расположения струи и дальности полета капель.

В центре каждого квадрата на зачетной площадке вычисляются интенсивности дождевания от четырех аппаратов. По матрице интенсивностей вычислены дозы полива каждого квадрата. По матрице доз выполнен расчет равномерности дождевания.

Вычисления выполнены при различных сочетаниях A и B .

Дождевательные аппараты создают веер дождя, который орошает сектор на поле [6]. Площадь, орошаемую одним аппаратом, называем зоной дождевания. Построим математическую модель процесса при следующих допущениях: распределение дождя по углу сектора известно и задано плотностью вероятностей угла $f(\alpha)$ и расходом Q , так, что плотность потока воды, приходящегося на единицу угла, равна $q_\alpha = Q \cdot f(\alpha)$; распределение дальности полета капель по радиусам известно и задано плотностью вероятностей дальностей $f(\rho)$; расход Q считается постоянным, скорость ветра равна нулю; высота установки аппаратов постоянна; поверхность поля горизонтальна; равномерность распределения жидкости по площади оцениваем следующими показателями: коэффициентом вариации доз q_F , коэффициентом эффективного полива, коэффициентом недостаточного полива, коэффициентом избыточного полива.

Результаты и обсуждение. Пусть аппарат находится в центре системы координат XOY (рисунок 1) и работает по кругу. Положение площадки dF можно задать в прямоугольных и в полярных координатах. Необходимость иметь две системы координат объясняется тем, что аппарат движется по углу и выбрасывает струю по радиусу, а равномерность дождя необходимо определять по площади в прямоугольных координатах.

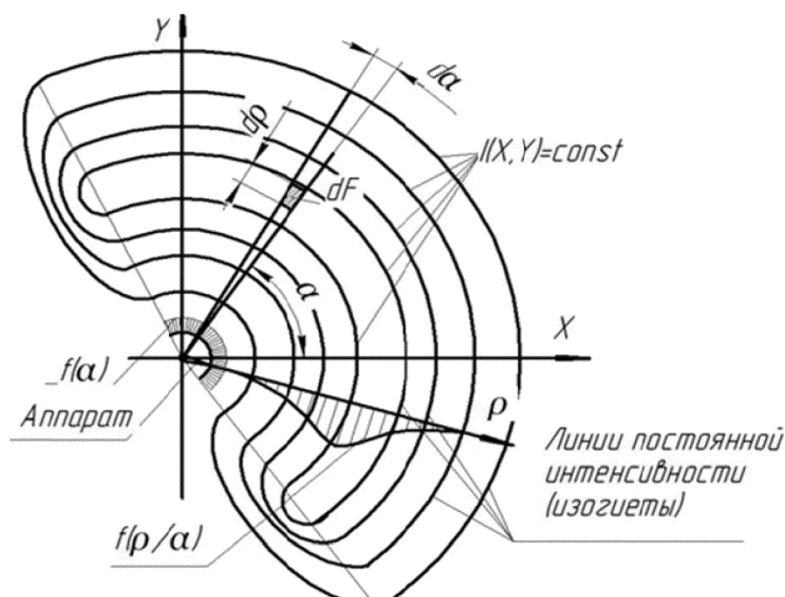


Рисунок 1 – Схема определения интенсивности дождевания струйным аппаратом

Вероятность попадания жидкости на элементарную площадку dF , выделенную в зоне дождевания двумя радиусами с углом между ними $d\alpha$ и двумя окружностями с приращением радиуса $d\rho$, определится как произведение вероятностей попадания в диапазон угла $d\alpha$ и радиуса $d\rho$, т. е.

$$P\{dF\} = f(\alpha) \cdot d\alpha \cdot f(\rho) d\rho. \quad (1)$$

Интенсивность дождя на площадке равна количеству воды, попадающей на нее в единицу времени, деленному на ее площадь. При независимых ρ и α имеем

$$I = \frac{Q \cdot f(\alpha) \cdot d\alpha \cdot f(\rho) \cdot d\rho}{\rho \cdot d\alpha \cdot d\rho} = \frac{Q \cdot f(\alpha) \cdot f(\rho)}{\rho} \quad (2)$$

Доза полива любой площадки стационарным аппаратом определяется произведением интенсивности на время работы t , т. е.

$$q_F = I \cdot t \quad (3)$$

Прямоугольные координаты площадки dF связаны с полярными соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} X &= \rho \cdot \cos \alpha \\ Y &= \rho \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Струя воды в полете испытывает возмущающие воздействия со стороны воздуха [2]. Это приводит к разбросу дальностей полета капель как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях. Разброс дальностей в тангенциальном направлении проявляется на краях зоны дождевания, то есть при крайних положениях аппарата. В средних положениях тангенциальный разброс дальностей сглаживается. Учесть тангенциальный разброс можно смешением равномерного и нормального законов распределения (рисунок 2).

Угол расположения струи представлен в виде суммы двух векторов. Первый имеет нормальное распределение с числовыми характеристиками $M_{\alpha 1} = 0; \sigma_{\alpha 1}$. Второй – распределен равномерно в пределах угла от минус A_α до плюс A_α , где A_α – амплитуда колебаний угла. Струйный аппарат при работе по сектору вращается равномерно, следовательно, все значения угла равновероятны и плотность вероятностей второго угла определяется формулой.

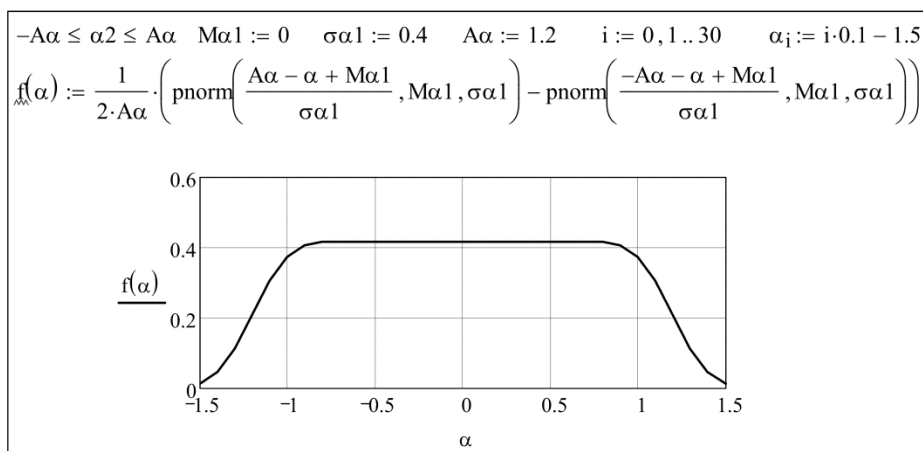


Рисунок 2 – Моделирование плотности вероятностей угла расположения струи в виде смешения законов распределения

$$f(\alpha_2) = \frac{1}{2 \cdot A_\alpha} \cdot \quad (5)$$

В средней части результат сложения двух векторов не приводит к отклонению от равномерного распределения. Плавный спад плотности вероятностей $t(\alpha)$ на краях сектора зависит от среднего квадратического отклонения $\sigma_{\alpha 1}$, принимаемого по результатам опытов.

```

i := 0..100   Xi := i + 0.5   j := 0..190   Yj := j - 50.5
Z4(X, Y) :=
  Q ← 30
  T ← 2000
  Mp ← 30
  σp ← 10
  A ← 90
  B ← 50
  Mα ← 0
  σα ← 0.3
  Aα ← 1.2
  αmin ← -Aα - σα
  αmax ← Aα + σα
  α1 ← asin( Y / sqrt(X^2 + Y^2) )
  α2 ← asin( Y / sqrt((X-B)^2 + Y^2) ) if X > B
      π otherwise
  α3 ← asin( (Y-A) / sqrt((X-B)^2 + (Y-A)^2) ) if X > B
      π otherwise
  α4 ← asin( (Y-A) / sqrt(X^2 + (Y-A)^2) ) if X > 0
      π otherwise
  f(α1) ← 1 / (2 * Aα) * (pnorm( (Aα - α1 + Mα) / σα, Mα, σα ) - pnorm( (-Aα - α1 + Mα) / σα, Mα, σα )) if αmin ≤ α1 ≤ αmax
      0 otherwise
  f(α2) ← 1 / (2 * Aα) * (pnorm( (Aα - α2 + Mα) / σα, Mα, σα ) - pnorm( (-Aα - α2 + Mα) / σα, Mα, σα )) if αmin ≤ α2 ≤ αmax
      0 otherwise
  f(α3) ← 1 / (2 * Aα) * (pnorm( (Aα - α3 + Mα) / σα, Mα, σα ) - pnorm( (-Aα - α3 + Mα) / σα, Mα, σα )) if αmin ≤ α3 ≤ αmax
      0 otherwise
  f(α4) ← 1 / (2 * Aα) * (pnorm( (Aα - α4 + Mα) / σα, Mα, σα ) - pnorm( (-Aα - α4 + Mα) / σα, Mα, σα )) if αmin ≤ α4 ≤ αmax
      0 otherwise
  F ← Q * T * [ f(α1) * dnorm( sqrt(X^2 + Y^2), Mp, σp ) + f(α2) * dnorm( sqrt((X-B)^2 + Y^2), Mp, σp ) ...
      + [ f(α3) * dnorm( sqrt((X-B)^2 + (Y-A)^2), Mp, σp ) + f(α4) * dnorm( sqrt(X^2 + (Y-A)^2), Mp, σp ) ] ]
  Z ← F

```

Рисунок 3 – Программа моделирования распределения воды односопловым дальнеструйным аппаратом с четырех позиций

Плотность вероятностей дальностей полета капель от аппарата с одним соплом, аппроксимируется нормальным законом распределения.

$$f(\rho) = \frac{1}{\sigma_{\rho} \sqrt{2 \cdot \pi}} \exp\left(-\frac{(\rho - M_{\rho})^2}{2 \cdot \sigma_{\rho}^2}\right), \quad (6)$$

где ρ – дальность полета капель; M_{ρ}, σ_{ρ} – числовые характеристики дальностей полета капель.

Плотность вероятностей дальностей полета капель от аппарата с двумя соплами определяется по формуле

$$f(\rho) = \frac{C_1}{\sigma_{\rho 1} \sqrt{2 \cdot \pi}} \exp\left(-\frac{(\rho - M_{\rho 1})^2}{2 \cdot \sigma_{\rho 1}^2}\right) + \frac{C_2}{\sigma_{\rho 2} \sqrt{2 \cdot \pi}} \exp\left(-\frac{(\rho - M_{\rho 2})^2}{2 \cdot \sigma_{\rho 2}^2}\right), \quad (7)$$

где C_1, C_2 – весовые коэффициенты; $M_{\rho 1}, \sigma_{\rho 1}$ – числовые характеристики дальностей полета от первого сопла; $M_{\rho 2}, \sigma_{\rho 2}$ – числовые характеристики дальностей от второго сопла.

Весовые коэффициенты и числовые характеристики дальностей полета капель подбираются при моделировании по условию наиболее равномерного распределения воды по радиусам или по площади дождевания [3].

По формулам (2) – (7) составлена программа Z4(X,Y) вычисления дозы дождевания (рисунок 3).

Для проверки работы программы моделирования распределения воды с четырех позиций расстояния ($A=90$ м и $B=50$ м) выбраны больше размеров зоны дождевания. Тогда изогеты от отдельных позиций не перекрываются (рисунок 4).

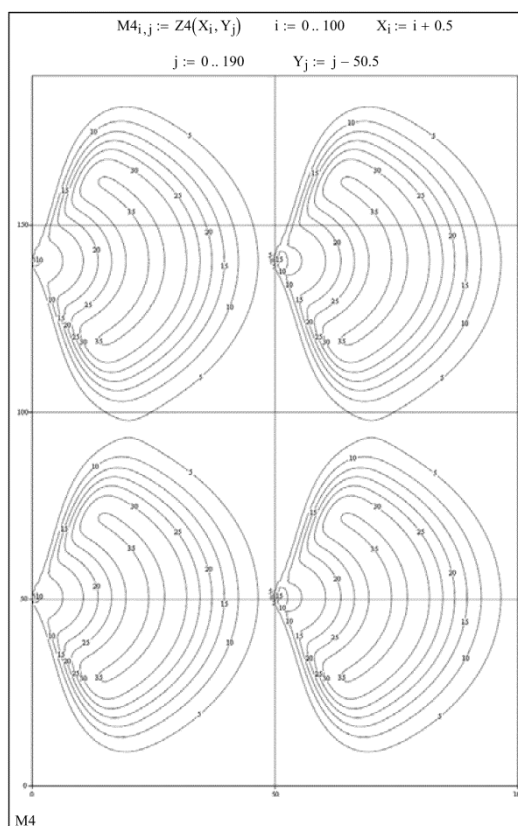


Рисунок 4 – Моделирование распределения воды дальнеструйным аппаратом с четырех позиций при $A=90$ м; $B=50$ м

Моделирование перекрытия зон дождевания выполнено путем изменения расстояний между позициями [7]. Линии уровней доз полива от отдельных позиций суммируются и общее распределение оказывается более равномерным (рисунок 5).

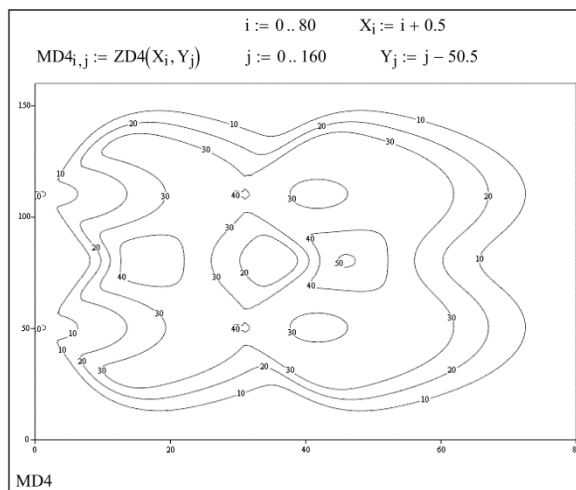


Рисунок 5 – Моделирование перекрытия зон дождевания при $A=60$ м; $B=30$ м

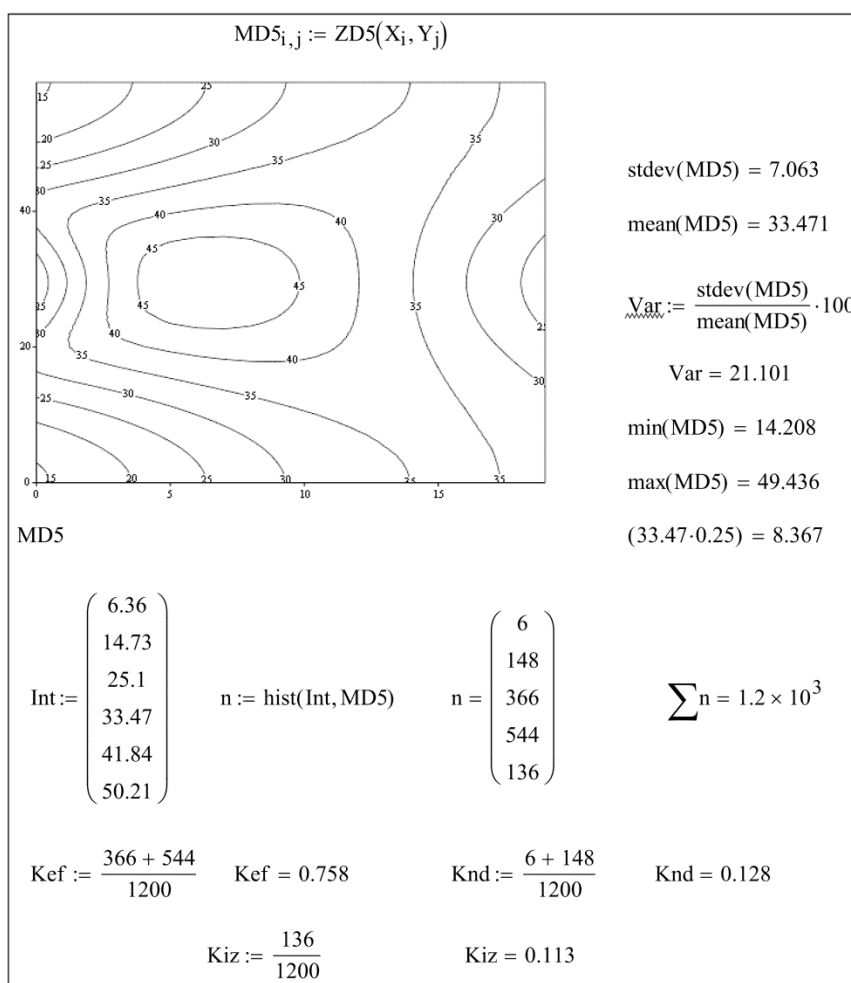


Рисунок 6 – Расчет показателей равномерности полива на площади 60x20 односплошным аппаратом

Для оценки равномерности полива, как и ранее, выделили площадь размерами $A \times B$ в зоне перекрытия и вычислили дозы на метровых делянках. Результаты записаны в матрицу MD5. По матрице построен контурный график доз (изогиеты) (рисунок 6).

По матрице вычислены среднее квадратическое отклонение, средняя доза и коэффициент вариации доз, который оказался на приемлемом уровне – 21,1 %. Далее вычислены граничные дозы области эффективного полива [10]. Границы классов рассчитаны начиная от средней дозы. Зона эффективного полива ограничена пределами $q_{FSr} \pm 0.25 \cdot q_{FSr}$. Классовые промежутки выбраны равными $0.25 \cdot q_{FSr}$. Частоту классов вычислили по стандартной программе Mathcad – hist. Два верхних класса характеризуют зону недостаточного полива, два следующих – зону эффективного полива и последний – зону избыточного полива. Показатели равномерности оказались приемлемыми. По агротехническим требованиям коэффициент эффективного полива должен быть не менее 0.7. В центре рисунка 6 наблюдается зона избыточного полива. Её можно уменьшить увеличением расстояния A , но слева при этом увеличится недополив, который можно устранить вспомогательным соплом [8].

Программа моделирования распределения воды двухсопловым аппаратом отличается от программы по рисунку 3 тем, что распределения от двух сопел суммируются с весовыми коэффициентами C_1 и C_2 должна равняться единице. Если одному из них присвоить значение равное единице, а другому – нулю, то получим распределение одностопловым аппаратом.

Перекрытия моделируются выбором значений расстояний между позициями A и B . На контурных графиках при отсутствии перекрытий наблюдаются две широких полосы, середины которых соответствуют математическим ожиданиям дальностей полета капель струи основного и дополнительного сопел [9].

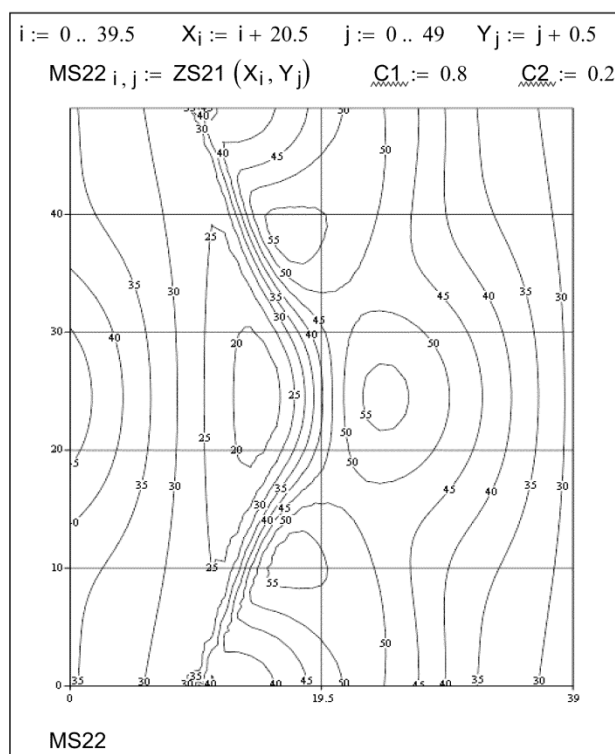


Рисунок 7 – Контурные графики дозы полива при $A=50$ и $B=20$ метров

По рисунку 7 видно, что по оси X перекрытие избыточное. Расстояние В можно увеличить, хотя имеются площадки с недостаточным поливом.

На рисунке 8 приведены расчеты показателей качества полива. Коэффициент эффективного полива оказался выше допустимого по агротехническим требованиям. Коэффициент недостаточного полива оказался выше 0.15, а коэффициент избыточного полива оказался совсем малым.

$$\begin{aligned}
 & \text{stdev}(\text{MS22}) = 9.482 \\
 & \text{mean}(\text{MS22}) = 38.528 \quad \text{Var22} := \frac{\text{stdev}(\text{MS22})}{\text{mean}(\text{MS22})} \cdot 100 \quad \text{Var22} = 24.609 \\
 & \text{min}(\text{MS22}) = 17.551 \quad \text{max}(\text{MS22}) = 57.631 \quad \text{mean}(\text{MS22}) = 38.528 \\
 & 38.528 \cdot 0.25 = 9.634 \quad 38.528 - 9.634 = 28.894 \quad 38.528 + 9.634 = 48.162 \\
 & i := 0..5 \quad \text{Int}_i := 9.626 + i \cdot 9.634 \\
 & \text{Int} = \begin{pmatrix} 9.626 \\ 19.26 \\ 28.894 \\ 38.528 \\ 48.162 \\ 57.796 \end{pmatrix} \quad n := \text{hist}(\text{Int}, \text{MD5}) \quad n = \begin{pmatrix} 48 \\ 228 \\ 680 \\ 226 \\ 18 \end{pmatrix} \\
 & K_{\text{ef}} := \frac{680 + 226}{1200} \quad K_{\text{ef}} = 0.755 \quad \sum n = 1.2 \times 10^3 \\
 & K_{\text{nd}} := \frac{48 + 228}{1200} \quad K_{\text{nd}} = 0.23 \quad K_{\text{iz}} := \frac{18}{1200} \quad K_{\text{iz}} = 0.015
 \end{aligned}$$

Рисунок 8 – Расчет показателей качества полива двухсопловым аппаратом

Заключение. Программы и методики моделирования распределения воды дальнеструйными дождевальными аппаратами позволяют оптимизировать соотношения между подачей воды в основное и в дополнительное сопла, выбирать рациональные расстояния между позициями при различных дальностях полета струи и углах секторов полива.

Методика моделирования распределения воды дождевальными аппаратами может использоваться при проектировании новых и модернизации существующих машин. Рассмотренные примеры можно применить для оптимизации размещения стационарных дальнеструйных аппаратов ДД-30; ДД-50; ДД-80 и навесных дождевателей ДДН-70 и ДДН-100.

Секторный способ работы аппаратов применяют для работы дальнеструйных аппаратов при ветре и для концевых аппаратов машин кругового действия. По равномерности полива этот способ менее эффективен, по сравнению с работой по кругу, но агротехнические требования выполняются при правильном выборе расположения позиций.

Следует отметить, что секторный полив можно применять на машинах непрерывного поступательного движения. Если движение машины противоположно направлению полета струи в среднем положении, то за счет оптимизации расстояний между аппаратами на трубопроводе можно получить более высокую равномерность.

Библиографический список

1. Кравченко, В.А. Математическая модель машинно-тракторного агрегата с УДМ в трансмиссии трактора [Электронный ресурс] / В.А. Кравченко, Л.В. Кравченко, В.В. Серёгина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2014. – № 103. – IDA: 1031409016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/16.pdf> – С. 251-261.

2. Кравченко, Л.В. Анализ исследований, по агротехнической оценке, процесса дождевания [Текст]/ Л.В. Кравченко // Научная молодежь – агропромышленному комплексу. – Зерноград: АЧГАА, 2003. – С. 27-32.
3. Кравченко, Л.В. Совершенствование моделирования процессов дождевания [Текст]/ Л.В. Кравченко, А.М. Крупка // Технологии, техника засушливого земледелия: исследования, испытания, освоение в производстве. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2003. – С. 10-15.
4. Черноволов, В.А. Оптимизация расстояния между насадками дождевательных машин фронтального действия [Текст]: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2014617785 от 04.08.2014. / В.А. Черноволов, Л.В. Кравченко.
5. Черноволов, В.А. Методика моделирования процесса дождевания дальнеструйными аппаратами при работе по кругу [Текст]/ В.А. Черноволов, Л.В.Кравченко // Вестник АПК Ставрополя. – 2014. – №3(15). – С. 68-72.
6. Черноволов, В.А. Распределение воды секторными насадками по радиусам зоны дождевания [Текст] /В.А. Черноволов, Л.В. Кравченко // Научная молодежь – агропромышленному комплексу. – Зерноград: АЧГАА, 2003. – С. 20-24.
7. Черноволов, В.А. Распределение воды по секторам дефлекторными насадками дождевательных машин [Текст] /В.А. Черноволов, Л.В. Кравченко // Разработка технического оснащения производства продукции животноводства. – Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2003. – С. 12-19.
8. Черноволов, В.А. Оптимизация размещения стационарных дождевателей методом математического моделирования [Текст]/ В.А. Черноволов, Л.В. Кравченко // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 23–24 октября 2014 г. / НИИ МЭСХ БГАТУ. – Минск, 2014. – С. 114-116.
9. Черноволов, В.А. Расчет показателей равномерности дождевания по результатам испытания аппарата радиальным методом [Текст]/В.А. Черноволов, Л.В. Кравченко, Д.Н. Протасов // Научный журнал Российского НИИ мелиорации. – 2016. – №1(21). – С. 182-195.
10. Chernovolov, V. A. The uniformity of irrigation with single-jet sprinkler apparatus of rie action / V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko // Applied and Fundamental Studies. – 2014, November 29–30. – St. Louis, Missouri, USA. – P. 199 - 210.

References

1. Kravchenko, V. A. Matematicheskaya model' mashinno-traktornogo agregata s UDM v transmissii traktora [Elektronnyj resurs]/ V. A. Kravchenko, L. V. Kravchenko, V. V. Serjogina // Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). - Krasnodar: KubGAU, 2014. – № 103. - IDA: 1031409016. - Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/16.pdf>? S. 251-261.
2. Kravchenko, L. V. Analiz issledovaniy, po agrotehnicheskoy ocenke, processa dozhdevaniya [Tekst]/ L. V. Kravchenko // Nauchnaya molodezh' - agropromyshlennomu kompleksu. ? Zernograd: AChGAA, 2003. - S. 27-32.
3. Kravchenko, L. V. Sovershenstvovanie modelirovaniya processov dozhdevaniya [Tekst]/ L. V. Kravchenko, A. M. Krupka // Tehnologii, tehnika zasushlivogo zemledeliya: issledovaniya, ispytaniya, osvoenie v proizvodstve. - Zernograd: VNIPTIMJeSX, 2003. - S. 10-15.
4. Chernovolov, V. A. Optimizaciya rasstoyaniya mezhdu nasadkami dozhdeval'nyh mashin frontal'nogo dejstviya [Tekst]: svidetel'stvo o gos. registracii programmy dlya JeVM № 2014617785 ot 04.08.2014. / V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko.
5. Chernovolov, V. A. Metodika modelirovaniya processa dozhdevaniya dal'nestrujnymi apparatami pri rabote po krugu [Tekst]/ V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko // Vestnik APK Stavropol'ya. - 2014. - №3(15). - S. 68-72.
6. Chernovolov, V. A. Raspredelenie vody sektornymi nasadkami po radiusam zony dozhdevaniya [Tekst] /V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko // Nauchnaya molodezh' - agropromyshlennomu kompleksu. - Zernograd: AChGAA, 2003. - S. 20-24.
7. Chernovolov, V. A. Raspredelenie vody po sektoram deflektornymi nasadkami dozhdeval'nyh mashin [Tekst] /V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko // Razrabotka tehničeskogo osnascheniya proizvodstva produkci zhivotnovodstva. - Zernograd: VNIPTIMJeSX, 2003. - S. 12-19.

8. Chernovolov, V. A. Optimizaciya razmescheniya stacionarnyh dozhdevatelej metodom matematicheskogo modelirovaniya [Tekst] / V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko // *Tekhnicheskoe i kadrovoe obespechenie innovacionnyh tehnologij v sel'skom hozyajstve: materialy mezhdunar. nauch. -- prakt. konf., g. Minsk, 23-24 oktyabrya 2014 g. / NII M}SX BGATU. - Minsk, 2014. - S. 114-116.*

9. Chernovolov, V. A. Raschet pokazatelej ravnomernosti dozhdevaniya po rezul'tatam ispytaniya apparata radial'nym metodom [Tekst] / V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko, D. N. Protasov // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII melioracii. - 2016. - №1(21). - S. 182-195.*

10. Shernovolov, V. A. The uniformity of irrigation with single-jet sprinkler apparatus of reaction / V. A. Chernovolov, L. V. Kravchenko // *Applied and Fundamental Studies. - 2014, November 29-30. - St. Louis, Missouri, USA. - P. 199 - 210.*

E-mail: lusya306@yandex.ru

УДК 631.6

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛЕВОГО РЕЖИМА
ПРИ ФЕРТИГАЦИИ В ПОЧВОГРУНТАХ ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
MATHEMATICAL MODELING OF THE SALT REGIME AT FERTIGATING
IN SOIL FRACTAL STRUCTURES**

Е.В. Мелихова, кандидат технических наук

E.V. Melikhova

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

В статье рассмотрены подходы математического моделирования и возможность численной реализации на ЭВМ с использованием интегро-дифференциальных уравнений, учитывающих фрактальную структуру почвогрунтов. Актуальность проведенного аналитического исследования обусловлена необходимостью моделирования сложных процессов влаго- и солепереноса при оптимизации параметров ресурсосберегающих технологий орошения, в том числе с применением фертигации. При этом использован математический аппарат дробного дифференцирования и показатель фрактальной размерности, определяемый по методу Херста, а также гамма-функция Эйлера и функция Миттаг-Леффлера. Рассмотренные подходы, допускающие численное решение исследуемых уравнений, позволяют моделировать процессы влаго- и солепереноса при возделывании сельскохозяйственных культур, в том числе с использованием технологии фертигации, обосновывать основные параметры режимов орошения и повышать эффективность процессов и технологий орошаемого земледелия.

In the article, the considered approaches of mathematical modeling and the possibility of numerical implementation on a computer using integro-differential equations that take into account the fractal structure of soil. The urgency of the conducted analytical research is caused by the necessity of modeling complex processes of moisture and salt transfer while optimizing the parameters of resource-saving irrigation technologies, including with the use of fertigation. In this case, the mathematical apparatus of fractional differentiation and the fractal dimension indicator, determined by the Hurst method, as well as the Euler gamma function and the Mittag-Leffler function are used. The approaches considered allowing a numerical solution of the equations under study allow modeling the processes of moisture and salt transfer in the cultivation of crops, including using fertigation technology, substantiating the main parameters of irrigation regimes, and improving the efficiency of irrigated farming processes and technologies.

Ключевые слова: математическое моделирование, орошение, солевой режим, фертигация, почвогрунт, фрактальная структура, ресурсосбережение.

Key words: mathematical modeling, irrigation, salt regime, fertigation, soil, fractal structure, resource saving.

Введение. Для совершенствования технологий локального орошения, в том числе с использованием фертигации, требуется применение математических моделей, использующих современные методические подходы к описанию сложных физических процессов влаго- и солепереноса [7, 2]. Известны различные подходы к построению математических моделей влаго- и солепереноса при локальных способах орошения [3, 5, 6].

Для исследования характерных для технологий фертигации процессов переноса солей с учетом их растворения и перемещения поливной водой, разрабатываемую математическую модель необходимо дополнить дифференциальными уравнениями солепереноса. При этом ряд авторов рекомендуют учитывать почву как сложную пористую фрактальную структуру [8]. Существуют различные определения фрактала [13, 14, 4]. Понятие фрактала ввел около 30 лет тому назад французский математик Б. Мандельброт, который определяет фракталы как раздробленные объекты, форма которых воспроизводится в любом масштабе [4]. Это определяющее свойство фракталов называют масштабной инвариантностью. Несколько иное определение фрактала, как специфической структуры, состоящей из частей, которые в некотором смысле подобны целому, иными словами, выглядят одинаково, в каком бы масштабе её ни наблюдать, представлено в работе [12].

Материалы и методы. Целью фрактального анализа является обнаружение наличия в нем фрактальных свойств, оценка их глубины, а также значения показателя Херста Н. Термин «R/S - анализ» встречается под названием «метод нормированного размаха (НР) Херста».

При рассмотрении метода нормированного размаха проанализируем ряд n последовательных величин $x_1, \dots, x_n$. Каждое x_r , $r = \overline{1, n}$, определяет собой временное изменение уровня исследуемой величины.

Среднее значение ряда x_m определяется как:

$$x_m = \sum_{r=1}^n x_r \quad (1)$$

Стандартное отклонение S_n рассчитывается по формуле:

$$S_m = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{r=1}^n (x_r - x_m)^2 \quad (2)$$

Проведем центрирование данных вычитанием среднего значения, в результате чего получим ряд:

$$Z_r = x_r - x_m \quad (3)$$

со средним значением, равным нулю.

Для дальнейшего рассмотрения используется кумулятивный ряд:

$$Y_1 = Z_1 + Z_r, r = \overline{2, n} \quad (4)$$

При этом последнее значение Y_n всегда будет равно нулю, так как $\overline{Z_r} = 0$. Размах определяется разностью между максимальным и минимальным значениями Y_r :

$$R_n = \max(Y_1, \dots, Y_n) - \min(Y_1, \dots, Y_n). \quad (5)$$

Вследствие того, что Y отрегулирован до среднего значения, равного нулю, максимальное значение Y всегда будет неотрицательным, а минимальное значение – неположительным. При этом условии величина R_n будет всегда неотрицательной.

Величина R_n , по существу, является расстоянием, которое проходит система за временной интервал n . Херстом предложена более общая формула уравнения (1), имеющая вид:

$$(R/S)_n = c \cdot n^H, \quad (6)$$

где c – константа; H – показатель Херста.

R/S называется нормированным размахом, так как имеет нулевое среднее и выражается в виде локального среднеквадратического отклонения. Нормировка размаха делением на среднеквадратичное отклонение позволяет сравнивать различные явления, а также периоды времени.

После логарифмирования выражения (1) приходим к следующему результату:

$$\log(R/S)_n = \log c + H \log n, \quad (7)$$

который может быть использован для построения графика $\log(R/S)_n$, в зависимости от $\log n$ и нахождения наклона с помощью регрессии. Угловый коэффициент в выражении (8) дает оценку показателя Херста.

Для практического расчета показателя Херста в прикладных исследованиях приведем подробную методику.

1. Обозначим длину временного ряда (ВР) – M . Преобразуем его во временной ряд длиной $N=M-1$ следующим образом:

$$N_i = \log(M_{(i+1)} / M_i), i = \overline{1, (M-1)} \quad (8)$$

2. Разделим этот временной период на A смежных подпериодов длиной n таких, что $A \cdot n = N$. Обозначим каждый подпериод через I_a , $a = \overline{1, A}$ каждый элемент в I_a обозначим как $N_{ka}, k = \overline{1, n}$. Для каждого I_a длиной n среднее значение определяется как:

$$e_a = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n N_{ka} \quad (9)$$

3. Для каждого подпериода I_a находим накопленные отклонения от среднего значения в виде:

$$X_{ka} = \sum_{i=1}^k (N_{ia} - e_a) \quad (10)$$

4. В каждом периоде I_a определяется размах:

$$R_{I_n} = \max(X_{ka}) - \min(X_{ka}). \quad (11)$$

5. Для каждого подпериода I_a вычисляем среднеквадратическое отклонение:

$$S_{I_n} = \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (N_{ka} - e_a)^2 \right]^{0.5} \quad (12)$$

6. Вычислительный размах R_{I_n} нормируется делением на соответствующее значение S_{I_n} . В итоге нормированный размах для каждого подпериода I_a определяется как R_{I_n} / S_{I_n} . Вследствие того, что имеется A смежных подпериодов длиной n , среднее значение R/S для длины n находим как:

$$(R/S)_n = \frac{1}{A} \sum_{a=1}^A (R_{I_n} / S_{I_n}) \quad (13)$$

7. Длина n увеличивается до следующего более высокого значения таким образом, чтобы величина $(M-1)/n$ оставалась целым числом. Здесь используются значения n , которые включают начальные и конечные точки ряда. Затем шаги с 1 по 6 повторяются до тех пор, пока $n=(M-1)/2$.

Теперь можно использовать уравнение (7) и регрессионный анализ для оценки показателя Херста. При этом качестве независимой переменной выступает $\log(n)$, а зависимой – служит $\log(R/S)_n$. Угловым коэффициентом регрессионного уравнения дает оценку показателя Херста [12].

Для описания фрактальных структур разработан математический аппарат, основанный на понятии дробного интегрирования и дифференцирования [8]. Он основан на базовой зависимости (1) для определения фрактальной размерности D , которая определяется по методу Херста:

$$D=2-H, \quad (14)$$

где H – показатель Херста, вычисляемый из зависимости (15):

$$\frac{R}{S} = \left(\frac{T}{2} \right)^H, \quad (15)$$

где R – размах вариации временного ряда за период T ; S – стандартное отклонение; $(T/2)$ – половина рассматриваемого периода временного ряда. Иногда используется показатель d , определяемый из спектра Фурье временного ряда, характеризующегося показателем Херста H и определяемым по значениям этого же временного ряда по формуле (16):

$$d=2H+1. \quad (16)$$

Однако, метод Херста малоприменим в ряде случаев исследования мелиоративных процессов в связи с ограниченным числом дискретных экспериментальных значений временного ряда.

Кроме того, в дальнейшем при описании фрактальных свойств, моделируемых почвогрунтов используется понятие гамма-функции Эйлера, определяемой как зависимость (17):

$$\Gamma(z) = \frac{1}{e^{i2\pi z}-1} \int_L t^{z-1} e^{-t} dt, \quad z \in C. \quad (17)$$

где L – произвольный контур на комплексной плоскости, обходящий точку $t=0$ в направлении против часовой стрелки, концы которого уходят в бесконечность вдоль положительного направления вещественной оси.

В качестве базового математического описания солепереноса в почвогрунтах, которое учитывает влияние фрактальной структуры почвенной среды на солевой режим, можно использовать дифференциальное уравнение дробного порядка [8] следующего вида:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_f \partial_{0x}^\alpha u(\xi, t) - a D_{0x}^{\alpha-n} \frac{\partial u(\xi, t)}{\partial \xi} + F[u] \quad (18)$$

где $D_{0x}^{\alpha-n}$ и ∂_{0x}^α – операторы дробного интегро-дифференцирования, $u=u(x,t)$ – концентрация почвенного раствора в момент времени t в точке x для слоя почвы $0 \dots r$; D_f – коэффициент фрактальной диффузии; $a = v_0/m_l$ – фактическая скорость движения воды в порах грунта; v_0 – постоянная скорость фильтрации; m_l – порозность; u_m – предельная концентрация насыщения.

Функция $F(u)$ может определяться, как $F(u)=b(u_m-u)$ или $F(u)=b[u_m-\delta(t)]$; b – коэффициент растворимости.

Усредненное содержание солей $\delta(t)$ для почвенного слоя размером τ определяется по формуле (19)

$$\delta(t) = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} u(x, t) dx. \quad (19)$$

При этом предполагается, что значение α равно либо пропорционально фрактальной размерности D исследуемого почвенного слоя, относящегося к полусегменту $[n-1, n]$, $n = 1, 2, \dots$. В зависимости (5) использован оператор D_{cx}^{α} дробного дифференцирования порядка α , который преобразует функцию $\varphi(x)$ из области определения $D(D_{cx}^{\alpha}) \subset L[a, b]$, где $L[a, b]$ – пространство действительных функций $\varphi(x)$ с конечной нормой $\|\varphi\|_0 = \int_a^b |\varphi(t)| dt$, согласно выражению (20)

$$D_{cx}^{\alpha} \varphi(t) = \frac{\text{sign}(x-c)}{\Gamma(-\alpha)} \int_c^x \frac{\varphi(t)}{|x-t|^{\alpha+1}} dt \quad (20)$$

где α, b и $c \in [a, b]$ действительные числа; $[\alpha]$ – целая часть α , удовлетворяющая неравенству $[\alpha] \leq \alpha < [\alpha] + 1$; $\Gamma(z)$ – гамма-функция Эйлера (4).

Оператор D_{cx}^{α} дробного дифференцирования порядка α , $\alpha \neq 0, 1, 2, \dots$, определяют с началом в точке c и концом в точке x [8]. По определению $D_{cx}^0 \varphi(t) \equiv \varphi(t)$, $D_{cx}^n \varphi(t) \equiv \varphi^{(n)}(t)$, $n = 1, 2, \dots$. При $\alpha < 0$ оператор D_{cx}^{α} совпадает с оператором дробного (в смысле Римана-Лиувилля) интегрирования порядка α , который иногда обозначают в виде $I_{c+}^{-\alpha}$ если $x > c$.

Если $x < c$, то оператор D_{cx}^{α} обозначают в виде $I_{c-}^{-\alpha}$ [10].

В монографии [8] показано, что при $\alpha > 0$ и предположениях относительно гладкости функции $\varphi(x) \in D(D_{cx}^{\alpha})$ можно принимать

$$D_{cx}^{\alpha} \varphi(t) = \text{sign}^{[\alpha]+1}(x-c) \frac{\partial^{[\alpha]+1}}{\partial x^{[\alpha]+1}} D_{cx}^{\alpha-[\alpha]-1} \varphi(t). \quad (21)$$

Результаты. Для практического определения среднего солесодержания $\delta(t)$ в работах [7, 2] предложен следующий подход с использованием качественного анализа уравнения в частных производных дробного порядка α . Используя базовое уравнение (5) математической модели движения солей для всех $\alpha \in [n-1, n]$, рассмотрен случай зональных почв с фрактальной размерностью D , причем $2.4 < D < 3.22$ и $2.4 < \alpha < 3.22$.

Для случая стационарного распределения солей в почвенном слое, взято уравнение (9)

$$\partial_{0x}^{\alpha} u(\xi) - \omega_{\alpha} u'(x) = 0, \quad 0 \leq x \leq \tau \quad (22)$$

где $\omega_{\alpha} = \frac{\alpha}{D_f}$.

При решении задачи Коши используют формулу (23), позволяющую определить градиент концентрации солей в любой точке x почвы с фрактальной размерностью $\alpha \in [2, 3]$:

$$u'(x) = v(x) = E_{\alpha-1}[\omega_{\alpha} x^{\alpha-1}] c_1 + x E_{1/(a-1)}[\omega_{\alpha} x^{\alpha-1}; 2] c_2, \quad (23)$$

где $c_1 = v(0)$, $c_2 = v'(0)$; $E_{1/(a-1)}[z; 2] = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(k(a-1))}$ – функция Миттаг-Леффлера.

Обсуждение. Для исследования нестационарной модели переноса солей в почве можно использовать зависимость:

$$\delta'(t) = D_f \partial_{0x}^{\alpha} u(\xi, t) - a u_x, \quad 1 < \alpha < 2 \quad (24)$$

с граничным условием $D_f u_x(0, t) = \varphi(t)$, $0 \leq t \leq T$.

Для определения распределения солей в почвенном слое мощности r получена формула (12), принимая $\beta = \alpha - 1$, $\bar{\tau} = \frac{1}{r} \int_0^r \tau(x) dx$, $\tau(x) = u(x, 0)$ - среднее значение концентрации почвенного раствора в начальный момент времени, получаем зависимость (25):

$$u(x, t) = \frac{\bar{\tau} E_{1/\beta}[\lambda x^{\beta}; 2+\beta]}{E_{1/\beta}[\lambda r^{\beta}; 3+\beta]} \left(\frac{x}{r}\right)^{\beta+1} \exp\left\{\frac{D_f t}{r^{\beta+1} E_{1/\beta}[\lambda r^{\beta}; 3+\beta]}\right\} \quad (25)$$

Для численного решения и исследования зависимости (25) необходимо определить значения α , соответствующие зональным почвам, используемым для возделывания сельскохозяйственных культур. Это может определяться экспериментальными методами, описанными, например, в работе [1] по методикам ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (Санкт-Петербург). После определения значения α возможно построение алгоритма численной схемы, реализующей зависимость (25).

Заключение. Таким образом, рассмотренные подходы, математические модели и алгоритмы их численной реализации на ЭВМ позволяют моделировать процессы влаго- и солепереноса при возделывании сельскохозяйственных культур с использованием фертигации, обосновывать основные параметры режимов орошения и повышать эффективность процессов и технологий орошаемого земледелия.

Библиографический список

1. Анализ динамики гумусного состояния почв фрактальными методами [Электронный ресурс] / К.Г. Моисеев, Л.В. Бойцова, В.Д. Гончаров // ГНУ АФИ Россельхозакадемии. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/273133769_analyses_of_soil_humus_dinamics_by_fractal_methods
2. Иванишин, И.Б. Постановка задачи физического и математического моделирования поведения жидкостей в пористых средах [Текст] / И.Б. Иванишин, Е.В. Шеляго, И.В. Язынина // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 71-73.
3. Киреев В.А. О моделировании фильтрации жидкости в пористой среде методом решеточных уравнений Больцмана [Текст] / В.А. Киреева // Решетневские чтения. – 2013. – Т. 2. № 17. – С. 103-105.
4. Мандельброт, Б. Фрактальная геометрия природы: пер. с англ. [Текст] / Б. Мандельброт. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
5. Мелихова, Е.В. Математическое моделирование процессов влагопереноса при капельном и внутрипочвенном орошении [Текст] / Е.В. Мелихова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1 (41). – С. 228-234.
6. Мелихова, Е.В. Моделирование контура увлажнения при капельном орошении с использованием дифференциальных уравнений в частных производных [Текст] / Е.В. Мелихова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9-2. – С. 282-285.
7. 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.
8. Нахушев, А.М. Дробное исчисление и его применение [Текст] / А.М. Нахушев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 272 с.
9. Перепелица, В.А. Структурирование данных методами нелинейной динамики для двухуровневого моделирования [Текст] / В.А. Перепелица, Ф.Б. Тебуева, Л.Г. Темирова. – Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 2006. – 284 с.
10. Самко, С.У. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения [Текст] / С. У. Самко, А. А. Килбас, О. И. Маричев. – Минск, 1987. – 688 с.
11. Стенд для моделирования процессов влагообмена в пористой среде: заявка на полезную модель № 2017112144 [Текст] / Е.В. Мелихова и др. Заявл. 07.04.2017.

12. Фракталы в физике: Труды VI Международного симпозиума по фракталам в физике (МЦТФ, Триест, Италия, 9-12 июля 1985) [Текст]/ Пер. с англ; Под ред. Л. Пьетронеро, Э. Тозатти. – М.: Мир, 1988. – 672 с.
13. Mikailsoy F. D., Pachepsky Y.A. Average Concentration of Soluble Salts in Leached Soils Inferred from the Convective-Dispersive Equation // Irrigation Science, 2010. Vol. 28. No. 5. pp. 431-434.
14. Rolston D.E. Historical development of soilwater physics and solute transport in porous media // Water Sci Technol Water Supply, 2007. Vol. 7. pp: 59-66.

References

1. Analiz dinamiki gumusnogo sostoyaniya pochv fraktal'nymi metodami [Elektronnyj resurs] / K. G. Moiseev, L. V. Bojcova, V. D. Goncharov // GNU AFI Rossel'hoz akademii. - Rezhim dostupa: https://www.researchgate.net/publication/273133769_analyses_of_soil_humus_dinamics_by_fractal_methods
2. Ivanishin, I. B. Postanovka zadachi fizicheskogo i matematicheskogo modelirovaniya povedeniya zhidkostej v poristyh sredah [Tekst]/ I. B. Ivanishin, E. V. Shelyago, I. V. Yazynina // Neftyanoe hozyajstvo. - 2015. - № 1. - S. 71-73.
3. Kireev V. A. O modelirovanii fil'tracii zhidkosti v poristoj srede metodom reshetochnyh uravnenij Bol'cmana [Tekst]/ V. A. Kireeva // Reshetnevskie chteniya. - 2013. - T. 2. № 17. - S. 103-105.
4. Mandel'brot, B. Fraktal'naya geometriya prirody: per. s angl. [Tekst] / B. Man-del'brot. - M.: Institut komp'yuternyh issledovanij, 2002. - 656 s.
5. Melihova, E. V. Matematicheskoe modelirovanie processov vlagoperenosa pri kapel'nom i vnutripochvennom oroshenii [Tekst] / E. V. Melihova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2016. - № 1 (41). - S. 228-234.
6. Melihova, E. V. Modelirovanie kontura uvlazhneniya pri kapel'nom oroshenii s ispol'zovaniem differencial'nyh uravnenij v chastnyh proizvodnyh [Tekst]/ E. V. Melihova // Fundamental'nye issledovaniya. - 2015. - № 9-2. - S. 282-285.
7. 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.
8. Nahushev, A. M. Drobnoe ischislenie i ego primenenie [Tekst]/ A. M. Nahushev. - M.: FIZMATLIT, 2003. - 272 s.
9. Perepelica, V. A. Strukturirovanie dannyh metodami nelinejnoj dinamiki dlya dvuhurovnevnogo modelirovaniya [Tekst]/ V. A. Perepelica, F. B. Tebueva, L. G. Temirova. - Stavropol': Stavropol'skoe knizhnoe izdatel'stvo, 2006. - 284 s.
10. Samko, S. U. Integraly i proizvodnye drobnogo poryadka i nekotorye ih prilozheniya [Tekst] / S. U. Samko, A. A. Kilbas, O. I. Marichev. - Minsk, 1987. - 688 s.
11. Stend dlya modelirovaniya processov vlagoobmena v poristoj srede: zayavka na poleznuyu model' № 2017112144 [Tekst]/ E. V. Melihova i dr. Zayavl.07.04.2017.
12. Fraktaly v fizike: Trudy VI Mezhdunarodnogo simpoziuma po fraktalam v fizike (MCTF, Triest, Italiya, 9-12 iyulya 1985) [Tekst]/ Per. s angl; Pod red. L. P'etronero, Je. Tozatti. - M.: Mir, 1988. - 672 s.
13. Mikailsoy F. D., Pachepsky Y.A. Average Concentration of Soluble Salts in Leached Soils nferred from the Convective-Dispersive Equation // Irrigation Science, 2010. Vol. 28. No. 5. pp. 431-434.
14. Rolston D.E. Historical development of soilwater physics and solute transport in porous media // Water Sci Technol Water Supply, 2007. Vol. 7. pp: 59-66.

УДК 631.316.6

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ БОРЬБЫ
С СОРНЯКАМИ МЕТОДОМ ТЕРЕБЛЕНИЯ****RATIONALE FOR USE OF THE ROTARY UNIT
FOR FIGHTING WEEDS WITH THE TREATMENT METHOD****В.А. Цепляев**, кандидат технических наук, доцент**А.Н. Матасов**, аспирант**А.Н. Цепляев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А.Ф. Рогачев**, доктор технических наук, профессор**V.A. Tseplyaev, A.N. Matasov, A.N. Tseplyaev, A.F. Rogachev***Волгоградский государственный аграрный университет**Volgograd State Agrarian University*

Обоснована проблема повсеместного применения химизации в производстве сельскохозяйственной продукции. Приведена конструкция роторного агрегата для борьбы с сорняками методом теребления. Конструкция данного агрегата включает в себя раму, опорные колеса, прицепное устройство, передние и задние роторные диски, ножи, гидроцилиндр, приводные звездочки, цепные передачи, цепной редуктор. Орудие работает следующим образом. При движении агрегата по полю ножи ведомых и ведущих роторных дисков движутся в почве на определенной глубине, создавая тем самым сопротивление, которое в свою очередь, увеличивается за счет передаточного отношения между передними и задними рабочими органами. За счет разного количества зубьев на приводных звездочках передних и задних батарей ведущие рабочие органы вращаются с меньшей угловой скоростью, чем задние. Вследствие чего, за счет эффекта торможения ножи передних роторных рабочих органов проходят больший отрезок своего пути в почве, в сравнении с задними батареями, что и осуществляет вычесывание растения из почвы вместе с корнем. Приведены графики зависимости процента вычесанных сорняков разных типов в от передаточного числа между передними и задними рабочими органами. Сделаны выводы по результатам лабораторных испытаний орудия.

The problem of widespread application of chemicals in the production of agricultural products is substantiated. The design of the rotary aggregate for controlling weeds by the method of tethering is given. The construction of this unit includes a frame, support wheels, a trailing device, front and rear rotor disks, knives, a hydraulic cylinder, drive sprockets, chain drives, chain reducer. The gun works as follows. When the aggregate moves along the field, the knives of the driven and leading rotor disks move in the soil at a certain depth, thereby creating resistance, which in turn increases due to the transfer ratio between the front and rear working bodies. Due to the different number of teeth on the drive sprockets of the front and rear batteries, the driving bodies rotate at a lower angular velocity than the rear ones. As a result, due to the effect of braking, the knives of the front rotary tools pass a larger section of their path in the soil, in comparison with the rear batteries, which carries out combing the plant out of the soil together with the root. The graphs of the percentage of combed weeds of different types are plotted against the transfer ratio between the front and rear working organs. Conclusions are drawn from the results of laboratory tests of the gun.

Ключевые слова: обработка почвы, корнеотпрысковые сорняки, теребление сорняков.

Key words: soil cultivation, root-cropping weeds, weed control.

Введение. Известно, что в настоящее время экологические аспекты земледелия и ведения сельского хозяйства в целом, приобретают глобальный характер.

Ввиду пристального внимания к экологичности производства агропромышленного комплекса, потребитель все больше обращает внимание на качество товара, на содержание в продукции вредных, для здоровья человека веществ.

Использование в современном сельском хозяйстве всевозможных химических средств для борьбы с сорняками, применение больших доз удобрений для повышения урожайности с.-х. культур приводит к перенасыщению почвы вредными веществами, которые отрицательно влияют на здоровье человека.

Почва является основным и единственным предметом сельскохозяйственного производства, а сохранение почвенных ресурсов и увеличение их плодородия становится одной из основных задач современного земледелия. Эта задача решается в основном за счет химизации, небезопасной для здоровья человека [9].

При всех преимуществах химических средств в борьбе с сорняками, им присущи существенные недостатки. По мнению некоторых ученых, такой агротехнический прием как обработка гербицидами с высокой нормой внесения, по общим энергозатратам, в разы превышает механическую культивацию и боронование [11]. Кроме этого, постоянное использование гербицидов приводит к появлению других видов сорных растений [6].

Таким образом, рост процессов химизации в сельском хозяйстве ведет не только к загрязнению почв, продуктов природы, но и к росту энергетических затрат.

Исходя из этого, необходимо осуществлять постоянный поиск путей решения данной проблемы.

Следует отметить, что особую роль применение химикатов играет в комплексе мероприятий направленных на борьбу с сорной растительностью [12].

На сегодняшний день в системе земледелия помимо химических методов борьбы с сорняками существует ряд других способов, приемов и средств уничтожения сорных растений: технический, физический, электрофизический и ряд других.

Материалы и методы. Одним из основных приемов борьбы с сорняками является комплекс агротехнических мероприятий с применением современных машин и агрегатов для ухода за посевами.

Агротехнический способ борьбы с сорной растительностью позволяет создавать условия для провокации прорастания сорняков с последующим уничтожением появившихся всходов [1]. Механические приемы предусматривают применение рабочих органов почвообрабатывающих орудий осуществляющих подрезание вредоносных растений [2].

Также становится все более актуальным удаление сорняков из почвы вычесыванием или методом теребления. Теребление – это агротехнический прием, при котором растение выдергивается из почвы и полностью удаляется из посевов. Применение метода теребления в борьбе с сорняками позволяет уменьшить число обработок и сократить количество проходов по полю за счет извлечения сорняка из почвы вместе с корнем и укладки его на поверхность поля, увеличивая тем самым период его повторного прорастания. Этот способ существенно экономит энергию и ресурсозатраты при обработке почвы.

Вред, который сорная растительность приносит сельскому хозяйству, не ограничивается снижением урожая и повышением себестоимости продукции. Сорная растительность потребляет влагу и питательные вещества из почвы, угнетая тем самым культурные растения, кроме того, развиваясь, затеняет и заглушает посевы, а часть из них способствует полеганию различных сельскохозяйственных культур.

Особенно вредоносны сорняки в полувсасушливых и засушливых регионах нашей страны, одним из которых является Волгоградская область.

Наиболее остро встает проблема борьбы с корнеотпрысковыми сорняками, так как данный вид сорных растений является наиболее опасным для посевов сельскохозяйственных культур, а агротехнические мероприятия по борьбе с такими сорняками наиболее трудоемки.

Для достижения эффекта вычесывания сорняка из почвы вместе с корнем, необходимо учитывать физиологические особенности развития сорных растений.

Корнеотпрысковые сорняки имеют виды, которые содержат ядовитые и ароматические вещества. Попадая в зерно во время обмолота, они сильно засоряют зерно и снижают товарную ценность урожая.

Данный вид сорняков отличается чрезвычайной живучестью и способности к вегетативной возобновляемости, т. е. давать поросль даже из небольших обрезков и частей стеблей и корней. Кроме того, растения этой группы являются наиболее засухоустойчивыми.

Одним из наиболее распространенных представителей корнеотпрысковых сорняков в Волгоградской области является осот полевой.

Осот полевой – корнеотпрысковый сорняк, размножается семенами и корневой порослью, растение очень плодовито, всходы развиваются быстро. Главный стержневой корень осота сильно углубляется в почву, от стержневого корня отходят в разных направлениях горизонтальные корни. Особенностью данного растения является то, что его корневая система залегает недалеко от поверхности почвы, значит при подрезании растения культиваторными лапами новые всходы будут развиваться достаточно быстро.

Данный вид сорняков размножается вегетативно, поэтому после воздействия на сорное растение культиваторных лап, в месте среза через какое-то время образуется уже две почки, что ведет к последующему возникновению больших на единицу площади всходов сорняков.

В ходе исследований в данном направлении были изучены особенности развития и однолетних сорняков таких как, например, куриное просо. Куриное просо относится к злаковым сорным растениям с мочковатой корневой системой, залегающей в поверхностном слое почвы, высотой стебля 10...150 см. Данный сорняк является одним из наиболее распространенных на поливных почвах Волгоградской области.

Учитывая физиологические особенности рассмотренных сорняков, были обоснованы некоторые конструктивные параметры рабочих органов, предназначенных для вычесывания сорняков из почвы вместе с корнем.

Необходимо отметить, что актуальность исследований в данной области обусловлено также и тем, что применение подобных орудий и агрегатов при возделывании сельскохозяйственных культур способствует сохранению плодородия почвы. Это обусловлено уменьшением количества проходов по полю, что препятствует развитию эрозийных процессов в почве.

Одним из решений данной проблемы является изыскание путей уменьшения количества проходов по полю за счет применения новых технических средств, при обработке почвы, в частности орудия для вычесывания сорняков.

Осуществление процесса извлечения сорняка вместе с корневой системой из почвы возможно с применением ротационного комбинированного агрегата для борьбы с сорняками [4].

Конструкция данного агрегата включает в себя раму-1, опирающуюся на опорные колеса 2, для агрегатирования с трактором в передней части рамы смонтирована саница 3, на раме установлены с возможностью вращения передние 4 и задние 5 роторные диски, на которых в свою очередь установлены ножи 6, которые имеют форму прямоугольных пластин с угловыми, вырезами, для перевода орудия из транспортного положения в рабочее и обратно, в верхней части рамы установлен гидроцилиндр 7, на валах передних и задних роторных дисков установлены приводные звездочки 8, привод в действие задних рабочих органов осуществляется посредством цепных передач 9, соединяющих передние и задние батареи рабочих органов, изменение передаточного отношения между ними производится с помощью цепного редуктора 10 [3].

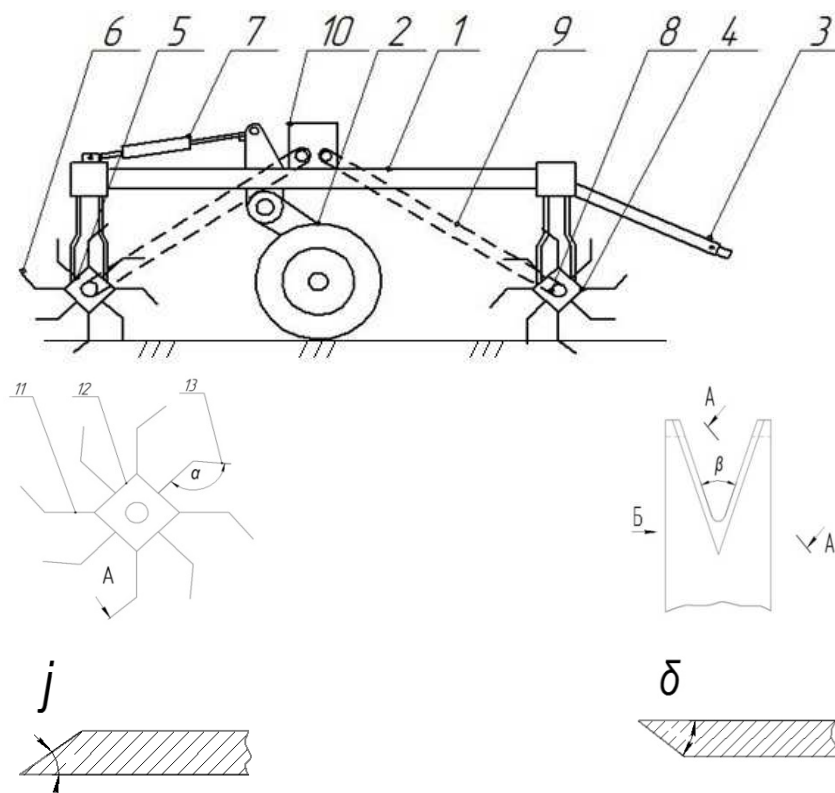


Рисунок 1 – Схема орудия и рабочего органа для теребления сорняков:

- 1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – сница; 4 – ведущие рабочие органы;
5 – ведомые рабочие органы; 6 – ножи; 7 – гидроцилиндр; 8 – приводные звездочки;
9 – цепь; 10 – редуктор; 11 – зуб; 12 – основание; 13 – нож

Агрегат работает следующим образом.

При движении агрегата по полю ножи ведомых и ведущих роторных дисков движутся в почве на определенной глубине, создавая тем самым сопротивление, которое в свою очередь, увеличивается за счет передаточного отношения между передними и задними рабочими органами [5]. За счет разного количества зубьев на приводных звездочках передних и задних батарей ведущие рабочие органы вращаются с меньшей угловой скоростью, чем задние. Вследствие чего, за счет эффекта торможения ножи передних роторных рабочих органов проходят больший отрезок своего пути в почве, в сравнении с задними батареями, что и осуществляет вычесывание растения из почвы вместе с корнем.

Правильная траектория движения ножа в почве, обусловлена особенностями конструкции рабочих дисков орудия, особенностью которых, является наличие ножей с клиновидными вырезами определенной формы, расположенных по всей окружности диска [4].

Каждый нож имеет оптимизированный угол (радиус) изгиба, и клиновидный вырез с рабочими кромками, также имеющими углы заточки. Число ножей по контуру должно быть таким, чтобы расстояния между концами соседних ножей были одинаковыми, то есть имели один и тот же шаг [7].

Результаты. В результате проведения ряда экспериментов, направленных на обоснование кинематических параметров роторных дисков был осуществлен анализ полученных данных, по итогам которого сделаны следующие выводы.

Угол изгиба ножа рабочего диска α , оказывает влияние на длину пути, проходимого ножом в почве по прямой [8]. В результате проведенного эксперимента установлено, что величина угла α должна находиться в пределах $90^\circ < \alpha < 130^\circ$.

Угол раствора клиновидного выреза ножа- β должен обеспечивать скольжение стеблей и корневой системы сорных растений по кромкам выреза без их подрезания и препятствовать забиванию дисков. Величина данного должна составлять $30^\circ < \beta < 40^\circ$. Клиновидный вырез, в свою очередь, имеет угол заточки рабочей кромки выреза $j=45...60^\circ$ и угол заточки концевой части клиновидного выреза $\delta=20...30^\circ$.

При этом основным технологическим параметром роторного орудия является передаточное отношение между приводными звездочками передних и задних роторных дисков, так как только посредством оптимального передаточного отношения можно обеспечить требуемую траекторию движения ножа в почве. Для этого передние роторные диски должны притормаживаться при перекачивании по поверхности поля и осуществлять захват растения, т.е. ножи передних рабочих органов движутся по удлиненной циклоиде [10]. Следует отметить, что ножи задних роторных дисков при движении в почве работают по принципу почвенной фрезы, иными словами, совершают движение по укороченной циклоиде, это обусловлено тем, что посредством цепных передач задние роторы получают принудительное вращение, при этом окружная скорость задних рабочих органов выше, чем поступательная скорость движения всего агрегата [12].

Оптимальное передаточное отношение между передними и задними рабочими органами почвообрабатывающего орудия определено экспериментальным путем, в результате лабораторных и полевых испытаний агрегата [11]. Было установлено, что при увеличении передаточного отношения между рабочими органами количество вычесанных с корнем сорняков возрастало.

Изменение передаточного отношения осуществлялось с помощью цепного редуктора, установленного на раме секции почвообрабатывающего орудия. При установке передаточного числа 1 эффекта вычесывания сорных растений не наблюдалось.

При передаточном числе 1,5 наблюдалось вычесывание порядка 30 % сорняков, 25 % было подрезано и травмировано, 15 % подхвачено, но не извлечено на поверхность поля, 30 % сорняков оставались не тронутыми.

При передаточном числе 2 количество вычесанных сорняков составило 40 %, 30 % было подрезано и травмировано, 5 % подхвачено, но не извлечено на поверхность поля, 25 % растений остались не тронутыми.

При передаточном числе 3 выявлено, что процент вычесанных сорняков составил 85 %, 10 % было подрезано и травмировано, 5 % составили огрехи.

При установке передаточного числа 3,4 выявлено, что такое соотношение между рабочими органами дает возможность вычесывания порядка 90 % сорняков с корнем, 5 % сорняков было подрезано и травмировано, 3 % подхвачено, но не извлечено на поверхность, 2 % составили огрехи. Дальнейшее увеличение передаточного числа ведет к увеличению срезанных и травмированных сорных растений, а также к увеличению огрехов при обработке. Это обусловлено тем, что увеличение передаточного числа больше 4,5 приводит к возрастанию скорости вращения заднего роторного диска, в результате чего, путь, проходимый ножом в почве по прямой, уменьшается, и клиновидный вырез ножа не успевает производить захват сорного растения и вычесывание его из почвы. Результаты эксперимента, направленного на определение оптимального передаточного отношения между передними и задними роторными дисками орудия при обработке поля засоренного сорняками осот полевой и молочай представлены на рисунке 2.

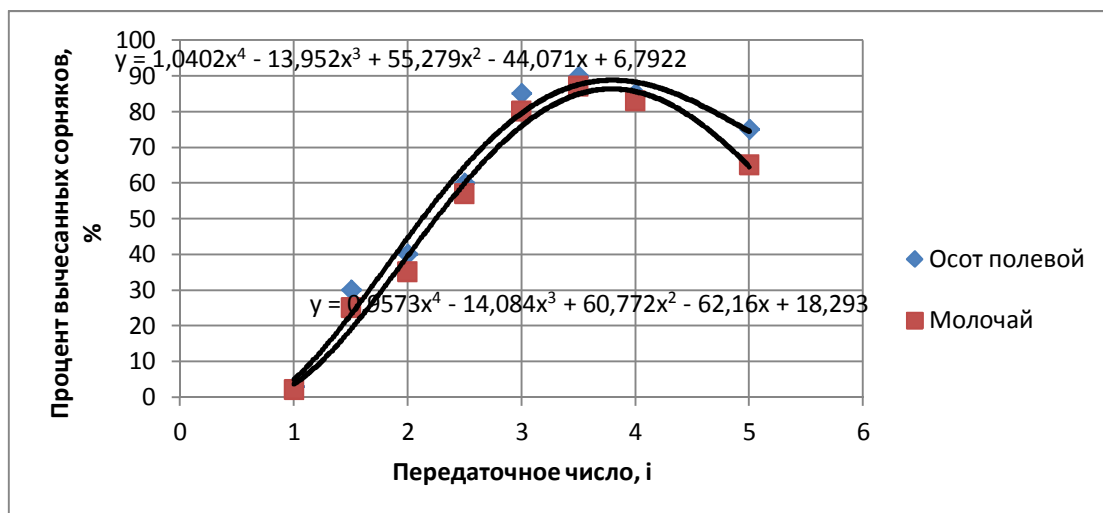


Рисунок 2 – Процент вычесанных корнеотпрысковых (стержневая корневая система) сорняков в зависимости от передаточного числа

Зависимость процента вычесанных сорняков от передаточного отношения при обработке участков поля засоренных однолетними сорными растениями с мочковатой корневой системой (куриное просо) выглядит иначе (рисунок 3). Это обусловлено тем, что корневая система мочковатого типа, располагается не так глубоко, как стержневая корневая система, значит отрезок проходимый ножом роторного диска в почве по прямо, может быть достаточно коротким, а также совокупность придаточных и боковых корней, дает возможность надежного захвата клиновидным вырезом ножа. На рисунке 3 представлены результаты полевых испытаний на полях засоренных однолетними сорняками пырей ползучий и куриное просо.

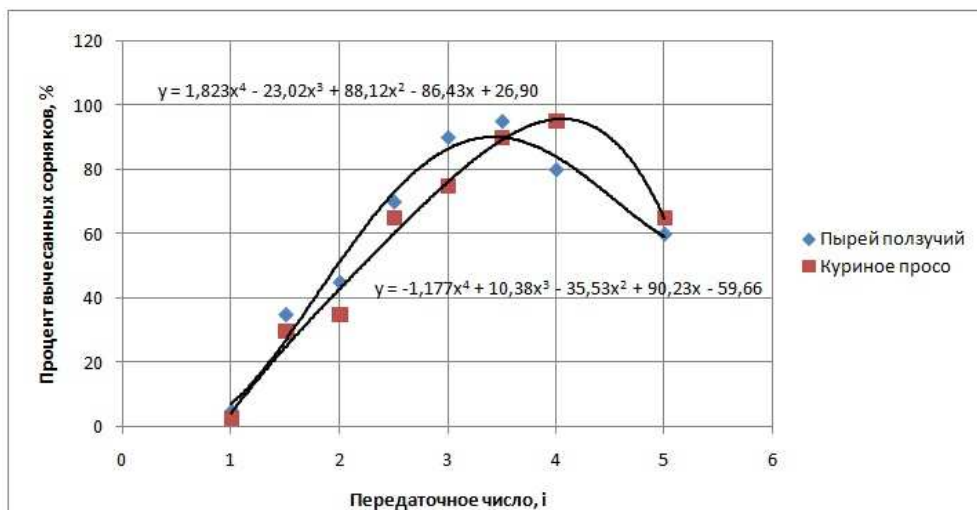


Рисунок 3 – Процент вычесанных однолетних сорняков (мочковатая корневая система) в зависимости от передаточного числа

Из данных графиков видно, что максимальный процент вычесанных сорняков зависит от передаточного числа и засоренности посевов различными видами сорных растений. Это говорит о различии типов корневых систем и степени развития боковых и придаточных корней у тех или иных видов сорняков.

Обсуждение. Следует отметить, что при увеличении передаточного числа, наблюдалось увеличение длины корневой части растения, вычесанного на поверхность поля. Также опытным путем было установлено, что период повторного прорастания корнеотпрысковых сорняков (молочай и осот полевой) после обработки почвы роторным почвообрабатывающим орудием для вычесывания сорняков составляет порядка 10...14 суток, а при обработке культиваторными лапами повторные всходы сорных растений появлялись через 6...7 суток. Это говорит о том, что период повторного прорастания сорняков зависит от массы корневой системы, оставленной в почве после обработки, так как при вычесывании сорняка растение извлекается из почвы вместе с частью корневой системы растения.

Закключение. В результате проведенных лабораторных и полевых испытаний было установлено, что применение данного орудия в борьбе с сорняками позволяет уменьшить количество обработок поля, препятствовать возникновению дефляции почвы, а также обеспечить снижение затрат на обработку почвы при уходе за посевами сельскохозяйственных культур. Данный способ уничтожения нежелательной растительности экологически безопасен и не может нанести ущерб окружающей среде и здоровью человека.

Библиографический список

1. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины [Текст] / В.М. Халанский. – Изд.- Колос, 1983. – 495 с.
2. Листопад, Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д. Зонов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
3. Матасов, А.Н. Ротационное почвообрабатывающее орудие [Текст] / А.Н. Матасов // Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых исследователей г. Волгоград, май 2013 г. Часть III. – Волгоград, 2013. – С. 93-96.
4. Матасов, А.Н. Роторное орудие для вычесывания сорняков // Молодежь и наука XXI века: материалы IV Международной научно-практической конференции 16-20 сентября 2014 г. – Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2014. – Том II. – С. 167-171.
5. Самсонов, В.А. Уравнение движения игольчатой бороны [Текст] / В.А. Самсонов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2014. – №2. – С. 2-4.
6. Цепляев, А.Н. Оптимизация параметров технологического процесса поверхностной обработки почвы роторным автоприводным агрегатом [Текст] / А.Н. Цепляев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – №1 (25). – С. 160-164.
7. Цепляев, А.Н. Разработка и обоснование конструкции рабочего органа для поверхностной и мелкой обработки почвы [Текст] / А.Н. Цепляев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.
8. Цепляев, А.Н. Ресурсосберегающие технологии для АПК региона, разработанные учеными Университетского комплекса и Волгоградской ГСХА [Текст] / А.Н. Цепляев // Задачи аграрных вузов России по научному обеспечению инновационного развития АПК. Материалы Всероссийского совещания проректоров по научной работе. – г. Волгоград, 6-8 июля 2011 г. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2011. – С. 89-94.
9. Цепляев, А.Н. Устройство для рыхления почвы роторного типа [Текст] / Абезин В.Г., Климов А.Ю., Цепляев В.А. (Волгоградский государственный аграрный университет). №2486731 изобретение (заявки и патенты). Опубликовано 10.07.2013 г. Бюл. №19.
10. Цепляев, В.А. Агрегат для удаления сорняков методом теребления [Текст] / А.Н. Цепляев // Сельский механизатор. – 2014. – № . – С. 21-25.
11. Economical and ecological aspects of weed control — viewpoints of a plant pathologist / Heitefuss R. // Meded. Fac. Landbouwwetensch. Pijksuniv. Gent. 1991. - 56 ,№ 2A. - p.145-157.
12. Joenje W, Kropff M.J. Relative time of emergence leaf area development and plant height as major factors in crop weed competition. Proceedings. 1987. -p.971-978.

References

- 1. Karpenko, A. N. Sel'skohozyajstvennyye mashiny [Tekst] / V. M. Halanskij. - Izd. -- Kolos, 1983. - 495 s.

2. Listopad, G. E. Sel'skohozyajstvennyye i meliorativnyye mashiny [Tekst] / G. E. Listopad, G. K. Demidov, B. D. Zonov. - M.: Agropromizdat, 1986. - 688 s.
3. Matasov, A. N. Rotacionnoe pochvoobrabatyvayushchee orudie [Tekst] / A. N. Matasov // Materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh issledovatelej g. Volgograd, maj 2013 g. Chast' III. - Volgograd, 2013. - S. 93-96.
4. Matasov, A. N. Rotornoe orudie dlya vychesyyvaniya sornyakov // Molodezh' i nauka XXI veka: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii 16-20 sentyabrya 2014 g. - Ul'yanovsk: UGSXA im. P. A. Stolypina, 2014. - Tom II. - S. 167-171.
5. Samsonov, V. A. Uravnenie dvizheniya igol'chatoy borony [Tekst] / V. A. Samsonov // Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo hozyajstva. - 2014. - №2. - S. 2-4.
6. Ceplyaev, A. N. Optimizatsiya parametrov tehnologicheskogo processa poverh-nostnoj obrabotki pochvy rotnym avtoprivodnym agregatom [Tekst] / A. N. Ceplyaev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2012. - №1 (25). - S. 160-164.
7. Ceplyaev, A. N. Razrabotka i obosnovanie konstrukcii rabocheho organa dlya poverh-nostnoj i melkoj obrabotki pochvy [Tekst] / A. N. Ceplyaev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe.
8. Ceplyaev, A. N. Resursoberegayushchie tehnologii dlya APK regiona, razrabotannye uchenymi Universitetskogo kompleksa i Volgogradskoy GSXA [Tekst] / A. N. Ceplyaev // Zadachi agrarnykh vuzov Rossii po nauchnomu obespecheniyu innovatsionnogo razvitiya APK. Materialy Vserossijskogo soveshaniya prorektorov po nauchnoj rabote. - g. Volgograd, 6-8 iyulya 2011 g. - Volgograd: Volgogradskaya GSXA, 2011. - S. 89-94.
9. Ceplyaev, A. N. Ustrojstvo dlya ryhleniya pochvy rotnogo tipa [Tekst] / Abezin V. G., Klimov A. Yu., Ceplyaev V. A. (Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet). №2486731 izobretenie (zayavki i patenty). Opublikovano 10.07.2013 g. Byul. №19.
10. Ceplyaev, V. A. Agregat dlya udaleniya sornyakov metodom terebreniya [Tekst] / A. N. Ceplyaev // Sel'skij mehanizator. - 2014. - № . - S. 21-25.
11. Economical and ecological aspects of weed control - viewpoints of a plant pathologist /Heitefuss R. //Meded. Fac. Landbouwwetensch. Pijksuniv. Gent. 1991. - 56 ,№ 2A. - p.145-157.
12. Joenje W, Kropff M.J. Relative time of emergence leaf area development and plant height as major factors in crop weed competition. Proceedings. 1987. -p.971-978.

E-mail: can_volgau@mail.ru

УДК 631.6.03:544.6.018.2

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕЛАКСАЦИИ ВОДЫ С ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫМ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

THE LAW OF RELAXATION OF WATER WITH ELECTROCHEMICALLY MODIFIED REDOX POTENTIAL

С.Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

А.Н. Чушкин, кандидат технических наук

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук

S.Y. Semenenko, A.N. Chushkin, M.N. Lytov

*Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных
технологий – филиал ФНЦ агроэкологии РАН*

*Volga research Institute of ecological technology – a branch of the Federal scientific center
of Agroecology of the Russian Academy of Sciences*

В работе на основе результатов лабораторных исследований проводится обобщение закономерностей восстановления свойств воды и водных растворов минеральных удобрений с электрохимически измененным редокс-потенциалом. В задачи исследований входила разработка общей математической модели, позволяющей с достаточной для практического использования точностью

прогнозировать изменение окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды в функции времени. Предложенная модель, обобщающая закономерности релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом, опирается на три, условно выделяемые, компоненты. Первая компонента представлена величиной начального уровня изменения окислительно-восстановительного потенциала воды в результате электрохимической обработки. Это свободный член модели, который может быть как константой при заданных режимах работы электролизера, так и целевой функцией при определении требований к мощности и оптимальным режимам работы электролизера. Вторая компонента представлена величиной «мгновенного» сдвига окислительно-восстановительного потенциала при добавлении минеральных удобрений. Хотя термин «мгновенного» является, в определенной мере, условным, в режиме реального времени данную компоненту можно считать статической, зависящей только от концентрации приготавливаемого раствора. Третья компонента определяет изменение величины окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды и водных растворов минеральных удобрений со временем и представляет собой динамическую составляющую модели. В работе определены параметры каждой из перечисленных компонент модели для случаев с применением трех видов минеральных удобрений (карбамида, суперфосфата, сульфата калия) в концентрациях от 0,05 до 0,30 %.

On the basis of laboratory results is a generalization of the regularities of the recovery of the properties of water and aqueous solutions of mineral fertilizers with the electrochemically modified redox potential. The objectives of the research was to develop a General mathematical model, which is sufficient for practical use accuracy to predict the change in the redox potential of electrochemically treated water as a function of time. The proposed model, generalizing the law of relaxation of water with electrochemically modified redox potential, is based on three conventionally separate components. The first component is represented by the value of the initial rate of change of redox potential of water by electrochemical treatment. This is a free term model, which can be a constant under given modes of electrolysis installations and the objective function in determining the capacity requirements and optimum modes of operation of an electrolysis plant. The second component represented the value of "instantaneous" shift of redox potential of adding mineral fertilizers. Although the term "instantaneous" is, to some extent, conventional, real-time this component can be considered static, depending only on the concentration of the cooking solution. The third component measures the change in the redox potential of the electrochemically treated water and water solutions of mineral fertilizers over time and represent a dynamic component of the model. We determined the parameters of each of these component models for cases using three types of fertilizers (urea, superphosphate, potassium sulfate) at concentrations from 0.05 to 0.30 %.

Ключевые слова: вода, раствор, окислительно-восстановительный потенциал, электролиз, релаксация, закономерности, модель.

Key words: water, solution, oxidation-reduction potential, electrolysis, relaxation, regularity, model.

Введение. Современная концепция применения воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом для полива на базе систем капельного орошения является сравнительно новым, перспективным продуктом научной эволюции. Применение воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом способствует решению важнейших агрономических задач, в том числе, позволяет дозированно воздействовать на патогенную микрофлору, стимулировать ростовые процессы, повышает доступность питательного раствора для растений [7,11,1,5]. Поливная вода с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом применяется как в «чистом» виде, так и для приготовления растворов минеральных удобрений с последующей корневой или некорневой подкормкой растений [2,10]. В работах указывается на необходимость соблюдения жестких требований к области оптимальных значений окислительно-восстановительного потенциала воды, используемой для капельного полива сельскохозяйственных культур. В то же время отмечается, что состояние воды с электрохимически измененным окислительно-

восстановительным потенциалом является временным, а ее свойства динамично изменяются, возвращаясь к исходным значениям [8,3]. Предположение о необходимости учета релаксации электрохимически обработанной воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом в процессе движения от установки-активатора к капельным водовыпускам и определило задачи исследований.

Материалы и методы. Для решения задач прогнозирования динамики окислительно-восстановительного потенциала после проведения электрохимической обработки важно не только знать закономерности релаксации электрохимически обработанной воды, но и максимально формализовать их в зависимости от условий применения. Динамика релаксационных процессов в электрохимически обработанной воде или водных растворах, как правило, не линейна [3]. Однако при выборе временного лага достаточно малой продолжительности любой нелинейный закон максимально приближается к линейным решениям. Динамика релаксационных процессов в электрохимически обработанной воде с измененным окислительно-восстановительным потенциалом такова, что уже при временном интервале 1 ч изменение активационных потенциалов происходит практически по линейному закону:

$$ОВП = v \cdot T + b,$$

где *ОВП* – величина измененного окислительно-восстановительного потенциала на момент времени *T*, мВ, *T* – текущее время релаксации, час; *b* – значение окислительного восстановительного потенциала воды после проведения электрохимической обработки (*T* = 0); *v* – скорость релаксационных процессов, мВ/час.

В геометрической интерпретации параметр соответствует тангенсу угла наклона прямой, характеризующей линейный закон релаксации воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом, к оси абсцисс, которой является ось времени релаксации. Этот параметр не зависит от начального уровня смещения окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды и поэтому может быть принят в качестве узлового параметра формализации закономерностей релаксации.

Экспериментальные исследования по определению закономерностей релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом и приготовленных на ее основе растворов минеральных удобрений проводятся в лаборатории ПНИИЭМТ – филиала ФНЦ агроэкологии РАН. Выработка воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом осуществлялась на экспериментальном оборудовании, представляющим опытный образец установки для электрохимической обработки воды проточного типа. Для измерения окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды и приготовленных на ее основе растворов использовали РН-метр РН-150М. Начальный активационный потенциал воды характеризовался значениями окислительно-восстановительного потенциала (+850) мВ по анолиту и (-700) мВ по католиту. Растворы готовили как на основе анолита, так и на основе католита и следующих видов минеральных удобрений: мочевины (карбамид, 46,2 % азота); суперфосфата (соотношение N : P – 6 и 26 %); сульфата калия (50 % калия).

Концентрация растворов в опытах была дифференцирована по весовым долям растворяемых компонентов в трех вариантах: 0,05; 0,10 и 0,30 % [9, 6]. Продолжительность периода между измерениями окислительно-восстановительного потенциала выбиралась исходя из фактической динамики процесса и погрешности измерений и принималась равной 1 часу в первые 6 часов исследований, с последующим последовательным увеличением до 2, 4, 6 и 24 часов. Анализ закономерностей релаксации из соображений практической целесообразности был акцентирован на первых трех часах процесса после проведения электрохимической обработки. Линеаризация закона релак-

сации в этот период также проводилась отрезками с интервалом продолжительности периода 1 ч. Для формализации закономерностей релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом и приготовленных на ее основе растворов использовали метод регрессионного анализа [4].

Результаты и обсуждение. Опыты показали, что применение разных видов химических соединений, включающих основные питательные макроэлементы, такие, как фосфор, калий и азот, оказывало заметное влияние на динамику релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом, но качественный характер этого влияния было не одинаковым (таблица 1). Например, динамика восстановления окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды после добавления карбамида (мочевины) существенно замедлялась. Последнее наблюдалось как в отношении к католиту, так и в отношении к анолиту, причем скорость релаксации снижалась пропорционально увеличению концентрации раствора. Через 3 часа после активации наибольший окислительно-восстановительный потенциал католита наблюдался в варианте с 0,05 %-ным раствором карбамида.

Таблица 1 – Динамика окислительно-восстановительного потенциала (мВ) электрохимически обработанной воды и водных растворов минеральных удобрений

Концентрация раствора, %	Время T , час	Сульфат калия		Суперфосфат		Карбамид (мочевина)	
		Католит	Анолит	Католит	Анолит	Католит	Анолит
0	0	-700	850	-700	850	-700	850
0	1	-644	807	-644	807	-644	807
0	2	-622	777	-622	777	-622	777
0	3	-610	756	-610	756	-610	756
0,05	0	-685	623	-578	770	-673	665
0,05	1	-654	585	-530	732	-641	630
0,05	2	-639	560	-513	706	-626	608
0,05	3	-629	541	-503	689	-616	591
0,10	0	-675	512	-511	722	-655	633
0,10	1	-653	467	-456	697	-630	605
0,10	2	-642	442	-441	682	-620	590
0,10	3	-634	425	-432	670	-612	575
0,30	0	-648	264	-469	652	-636	601
0,30	1	-633	212	-407	635	-618	581
0,30	2	-625	200	-386	627	-610	570
0,30	3	-617	195	-375	620	-603	559

При добавлении суперфосфата в анолит динамика релаксации электрохимически обработанной воды также существенно замедлялась. Интересные результаты эксперимента были получены при добавлении в воду с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом сульфата калия. Восстановление электрохимически смещенного окислительно-восстановительного потенциала католита при добавлении сульфата калия замедлялось настолько, что уже через два часа после электрохимической обработки в природной воде оставалось наименьшее количество полученного заряда, а в 0,3 %-ном растворе удобрений – наибольшее. В тоже время изменения динамики релаксации анолита при добавлении сульфата калия в разных концентрациях по значениям окислительно-восстановительного потенциала не наблюдалось.

Таким образом, скорость релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом зависит как от вида растворенного вещества, так и концентрации приготавливаемого раствора. Линеаризация исходного нелинейного закона релаксации воды с измененным окислительно-восстановительным

потенциалом позволяет упростить формализацию установленных закономерностей, разбивая процесс на симметричные временные интервалы. Используя линейные значения скорости релаксации (параметр v) для каждого из линейных отрезков периода релаксации, можно уверенно прогнозировать значения окислительно-восстановительного потенциала как электрохимически обработанной воды, так и приготовленных на ее основе растворов. Например, если прогноз необходимо составить для периода, продолжительность которого не превышает 1 ч, то расчет следует проводить по формуле:

$$\text{ОВП}_{0-1} = v_{0-1} \cdot T_{0-1} + b_0,$$

где ОВП_{0-1} – окислительно-восстановительный потенциал электрохимически обработанной воды на момент времени T , но в рамках первого часа релаксации; v_{0-1} – линейная скорость релаксации воды с измененным окислительно-восстановительным потенциалом в течение первого часа после электрохимической обработки; T_{0-1} – переменная продолжительности периода релаксации в течение первого часа после электрохимической обработки воды или водного раствора; b_0 – начальный уровень смещения окислительно-восстановительного потенциала в результате электрохимической обработки воды.

Значения окислительно-восстановительного потенциала воды на период после первого, но в пределах второго часа после электрохимической обработки будет прогнозироваться по схожей зависимости:

$$\text{ОВП}_{1-2} = v_{1-2} \cdot T_{1-2} + b_1,$$

отличие которой от первой заключается в изменении значения параметра v_{1-2} (линейная скорость для отрезка T_{1-2}) и значения свободного члена b_1 . Значение последнего определяется равенством:

$$b_1 = \text{ОВП}_1 = v_{0-1} \cdot T_{0-1} + b_0.$$

Тогда:

$$\text{ОВП}_{1-2} = v_{1-2} \cdot T_{1-2} + v_{0-1} \cdot T_{0-1} + b_0,$$

$$\text{ОВП}_{2-3} = v_{2-3} \cdot T_{2-3} + v_{1-2} \cdot T_{1-2} + v_{0-1} \cdot T_{0-1} + b_0$$

и т. д. в зависимости от того, на какой момент времени значения параметров нас интересуют.

Общий вид зависимости можно свести к следующей форме:

$$\text{ОВП}_i = v_i \cdot T_i + v_{i-1} \cdot T_{i-1} + v_{i-2} \cdot T_{i-2} + \dots + b_0,$$

где i – продолжительность периода после электрохимической обработки воды, ч.

Однако, из приведенных в таблице 1 данных видно, что добавление минеральных удобрений сопровождается скачкообразным переходом электрохимически обработанной водной системы к новому состоянию, характеризующемуся существенно изменившимися значениями окислительно-восстановительного потенциала. Например, добавление сульфата калия в анолит при концентрации 0,05 % снижало окислительно-восстановительный потенциал электрохимически активированной воды с 850 до 623 мВ, а при доведении концентрации раствора до 0,30 % данный параметр снижался до 264 мВ. При добавлении в раствор суперфосфата окислительно-восстановительный потенциал анолита изменялся слабо, но отмечена существенная компенсация измененного потенциала католита. Доведение концентрации суперфосфата в растворе до 0,05 % сопровождалось изменением окислительно-восстановительного потенциала католита от (-700) мВ до (-578) мВ, а при содержании в растворе 0,30 % суперфосфата окислительно-восстановительный потенциал раствора не превышал (-469) мВ.

На рисунках 1 и 2 приведены зависимости, характеризующие снижение окислительно-восстановительного потенциала электрохимически активированной воды при введении в раствор минеральных удобрений.

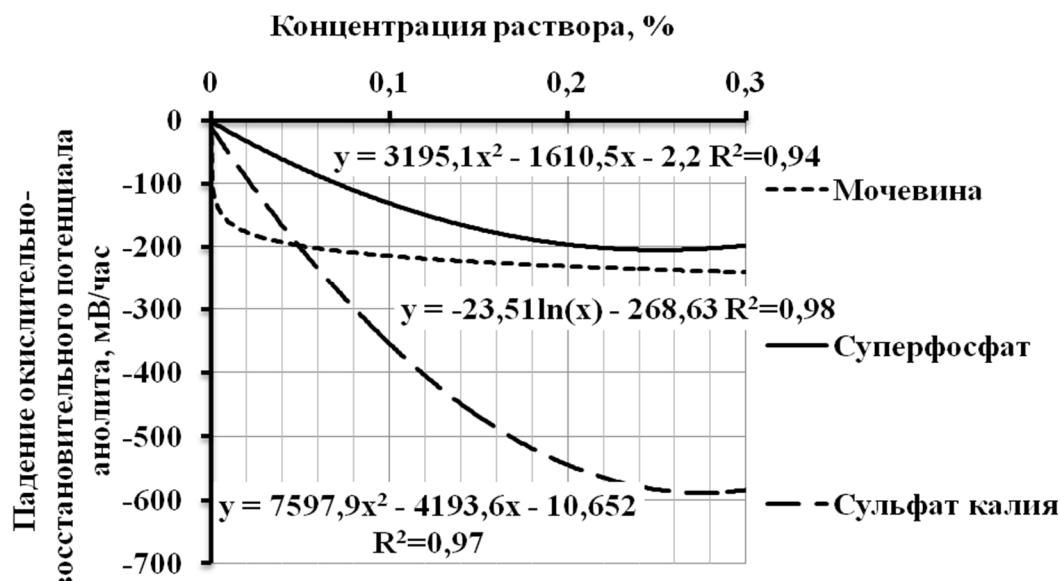


Рисунок 1 – Динамика окислительно-восстановительного потенциала анолита в зависимости от концентрации растворов минеральных удобрений

Зависимости связывают концентрацию растворенных в электрохимически активированной воде удобрений и градиенты изменения окислительно-восстановительного потенциала от начальных значений, полученных при электрохимической обработке.

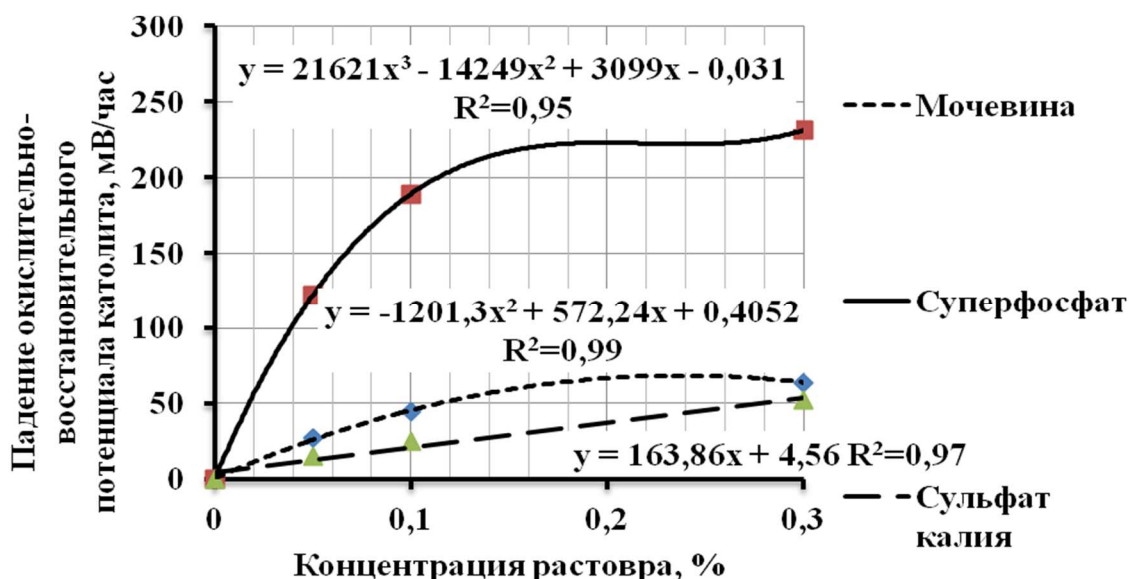


Рисунок 2 – Динамика окислительно-восстановительного потенциала католита в зависимости от концентрации растворов минеральных удобрений

Обозначим градиент падения окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды при добавлении в раствор минеральных удобрений как $\Delta \overline{\text{ОВП}}$. Тогда, формализовано, закономерности релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом и приготовленных на ее основе растворов можно будет представить в виде следующего выражения.

$$\text{ОВП}_i = \Delta \overline{\text{ОВП}} + v_i \cdot T_i + v_{i-1} \cdot T_{i-1} + v_{i-2} \cdot T_{i-2} + \dots + b_0$$

Исследованиями установлено, что в зависимости от концентрации водных растворов минеральных удобрений и времени с момента электрохимической обработки воды значения линейных скоростей релаксации (v_i) изменяются по вполне определенным закономерностям, которые могут быть описаны нелинейными уравнениями множественной регрессии вида:

$$v = a + b \cdot C + k \cdot t + d \cdot C^2 + e \cdot t^2 + f \cdot C \cdot t$$

где v – градиент скорости восстановления окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды и водных растворов минеральных удобрений, мВ/час, C – концентрация минеральных удобрений в растворе, t – фаза релаксации, час.

Идентифицированные параметры зависимостей, для растворов трех видов минеральных удобрений (сульфата калия, суперфосфата и карбамида), дифференцированно, по анолиту и католиту, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Идентифицированные значения параметров зависимостей линейных скоростей восстановления окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды и водных растворов минеральных удобрений

Условия применимости		Параметры						R ²
Растворенное вещество	Анолит/Католит	a	b	k	d	e	f	
Сульфат калия	Анолит	-72,5	-64,2	37,3	-11,1	-7,0	46,2	0,94
	Католит	82,9	-315,8	-41,3	511,3	6,25	49,4	0,91
Суперфосфат	Анолит	-62,4	206,7	21,5	-314,5	-2,75	-20,0	0,97
	Католит	117,5	-31,8	-77,1	236,1	14,1	-16,0	0,99
Карбамид	Анолит	-65,5	190,8	27,0	-309,8	-4,25	-20,0	0,99
	Католит	86,8	-294,6	-45,6	489,7	7,25	43,1	0,93

Представленные зависимости, – регрессионного типа не связаны с физико-химическими характеристиками процессов релаксации электрохимически активированной воды, и не могут быть использованы для прогнозирования динамики восстановления электрохимически обработанной воды с раствором других минеральных веществ, а также с растворами, концентрация которых превышает 0,3 %. Ограничение прогноза по времени релаксации составляет 3 часа. С учетом указанных ограничений зависимости обеспечивают приемлемую формализацию установленных закономерностей и возможность точного прогнозирования линейных скоростей восстановления окислительно-восстановительного потенциала анолита и католита. Коэффициент корреляции зависимостей с данными, полученными в результате лабораторного эксперимента, достигает 0,91-0,99.

Заключение. Количественный анализ закономерностей релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом и приготовленных на ее основе растворов позволяют формализовать процессы обобщенным унифицированным выражением, включающем систему алгебраически связанных зависимостей для определения линейных скоростей релаксации и зависимостей скачкообразного изменения окислительно-восстановительного потенциала электрохимически обработанной воды при добавлении минеральных удобрений в разной концентрации. Используя предложенную систему зависимостей и обобщенную модель релаксации, формализующую установленные закономерности, можно уверенно прогнозировать окислительно-восстановительный потенциал воды или раствора минеральных удобрений для любого времени T , прошедшего с момента электрохимической обработки.

Библиографический список:

1. Белицкая, М.Н. Электроактивированная вода: возможности использования в растениеводстве [Текст]/ М.Н. Белицкая, Е.Э. Нефедьева, И.Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 24. – С. 124-128.
2. Влияние католита на росторегулирующую способность гумата калия при некорневой обработке озимой пшеницы [Текст]/ Э.А. Александрова, Г.А. Шрамко, Т.В. Князева, Я.С. Черных // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 1. – № 38. – С. 113-117.
3. Влияние длительности электролиза воды и последующей релаксации на электрохимические характеристики католита и анолита [Текст]/ Г.А. Шрамко, Э.А. Александрова, Б.Е. Красавцев, А.С. Цатурян, В.Б. Симкин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 35. – С. 385-388.
4. Дуброва, Т.А. Статистические методы прогнозирования [Текст]/ Т.А. Дуброва. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 205 с.
5. Пасько, О.А. Рост и развитие растений, стимулированных электрохимически активированной водой [Текст]/ О.А. Пасько // Вестник бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2010. – № 3. – С. 54-59.
6. Рекомендации по применению усовершенствованных технологий и средств механизации для внесения удобрительных растворов в орошаемом земледелии [Текст]/ Под ред. Р.П. Заднепровского. – Волгоград: ВГСХА, 2002. – 91 с.
7. Семененко, С.Я. Фитосанитарное оздоровление зерновых и овощных культур с помощью электрохимически активированной воды [Текст] / С.Я. Семененко, М.Н. Белицкая, С.М. Лихолетов // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 1. – С. 78-82.
8. 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. – 208-212.
9. Удобрительное орошение: теория, технологии, технические средства [Текст]/ В.В. Карпунин, В.И. Филин, А.П. Сапунков, В.Г. Абезин. – Волгоград: ПНИИЭМТ, 2003. – 443 с.
10. Шрамко, Г.А. Совершенствование технологии некорневой подкормки озимой пшеницы с применением электрохимически активированной воды [Текст]/ Г.А. Шрамко, Э.А. Александрова, Т.В. Князева // Научный журнал Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – №6 (33). – С. 69–72.
11. Экспериментальное обоснование возможности снижения пестицидных нагрузок при возделывании томатов в условиях орошения [Текст] / Н.Н. Дубенок, С.Я. Семененко, Е.И. Чушкина, М.Н. Лытов // Вестник РАСХН. – 2014. – № 5. – С. 55-58.

References

1. Belickaya, M. N. Jelektroaktivirovannaya voda: vozmozhnosti ispol'zovaniya v rastenievodstve [Tekst]/ M. N. Belickaya, E. Je. Nefed'eva, I.G. Shajhiev // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. - 2014. - T. 17. - № 24. - S. 124-128
2. Vliyanie katolita na rostoreguliruyuschuyu sposobnost' gumata kaliya pri nekornevoj obrabotke ozimoy pshenicy [Tekst]/ Je. A. Aleksandrova, G. A. Shramko, T. V. Knyazeva, Ya. S. Chernyh // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - T. 1. - № 38. - S. 113-117.
3. Vliyanie dlitel'nosti jelektroliza vody i posleduyushej relaksacii na jelektrohimicheskie harakteristiki katolita i anolita [Tekst]/ G. A. Shramko, Je. A. Aleksandrova, B. E. Krasavcev, A. S. Caturyan, V. B. Simkin // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2012. - № 35. - S. 385-388.
4. Dubrova, T. A. Statisticheskie metody prognozirovaniya [Tekst]/ T. A. Dubrova. - M.: YuNITI-DANA, 2003. - 205 s.
5. Pas'ko, O. A. Rost i razvitie rastenij, stimulirovannyh]lektrohimicheski aktivirovannoj vodoj [Tekst]/ O. A. Pas'ko // Vestnik buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. - 2010. - № 3. - S. 54-59.

6. Rekomendacii po primeneniyu usovershenstvovannykh tekhnologij i sredstv mehanizacii dlya vneseniya udobritel'nykh rastvorov v oroshaemom zemledelii [Tekst]/ Pod red. R. P. Zadneprovskogo. - Volgograd: VGSXA, 2002. - 91 s.

7. Semenenko, S. Ya. Fitosanitarnoe ozdorovlenie zernovykh i ovoschnykh kul'tur s pomoshch'yu jelektrohimicheskii aktivirovannoj vody [Tekst] / S. Ya. Semenenko, M. N. Belickaya, S. M. Liholetoy // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. - 2013. - № 1. - S. 78-82

8. Semenenko, S. Ya. Zakonomernosti relaksacii i vosstanovleniya svoystv jelektrohimicheskii aktivirovannykh vodnykh sred v sistemah s polimernoj obolochkoy [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. - 208-212

9. Udobritel'noe oroshenie: teoriya, tekhnologii, tehnikheskie sredstva [Tekst]/ V. V. Karpunin, V. I. Filin, A. P. Sapunkov, V. G. Abezin. - Volgograd: PNIJeMT, 2003. - 443 s.

10. Shramko, G. A. Sovershenstvovanie tekhnologii nekornevoj podkormki ozimoy pshenicy s primeneniem jelektrohimicheskii aktivirovannoj vody [Tekst]/ G. A. Shramko, Ye. A. Aleksandrova, T. V. Knyazeva // Nauchnyj zhurnal Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2011. - №6 (33). - S. 69-72.

11. Jeksperimental'noe obosnovanie vozmozhnosti snizheniya pesticidnykh nagruzok pri vozdevlyanii tomatov v usloviyakh orosheniya [Tekst] / N. N. Dubenok, S. Ya. Semenenko, E. I. Chushkina, M. N. Lytov // Vestnik RASXN. - 2014. - № 5. - S. 55-58.

E-mail: pniiemt@yandex.ru

УДК 631.6, 001.57, 556.541:004.94

РАЗРАБОТКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГИ И ЗАПАДНЫХ ПОДСТЕПНЫХ ИЛЬМЕНЕЙ

DEVELOPMENT OF THE HYDRODYNAMIC MODEL OF THE DELTA OF THE RIVER OF THE VOLGA AND THE WESTERN STEPPE ILLMENTS

А.А. Бубер, аспирант

В.В. Бородычев, академик РАН, научный руководитель

А.А. Талызов, старший научный сотрудник

A.A. Buber, V.V. Borodychev, A.A. Talyzov

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский

институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова

*Federal state budgetary scientific institution all-Russian research Institute
of hydraulic engineering and land reclamation them. A. N. Kostyakova*

В статье описывается существующее состояние Дельты р. Волги и Западных подстепных ильменей, сформулирован ряд экологических и водных проблем. Рассматриваются пути решения обводнительных проблем с помощью строительства, сужающих русло гидротехнических сооружений у истока рукава Камызяк и около села Икрыное рукав Бахтемир, для самотечного обводнения Западных подстепных ильменей и дельты р. Волга. Обосновывается необходимость строительства сети дренажных коллекторов и назначения промывок для рассоления территории Западных подстепных ильменей и поддержания экологического режима поймы р. Волга. Представлен технологический цикл разработки гидродинамической модели Дельты р. Волга и Западных подстепных ильменей в программном комплексе MIKE 11: формирование и обработка исходных данных; горизонтальная и вертикальная калибровки модели, калибровка по вододелению; анализ и сравнение результатов моделирования 2006 маловодного и 2012 средней водности года в естественных условиях и при наличии подпорных русловых сооружений.

The article describes the existing state of the Delta River. Volga and Western sub-steppe illmens, formulated a series of environmental and water problems. The ways of solving the water problems are discussed with the help of the construction of a narrowing bed of hydraulic structures at the source of the Kamyzyak sleeve and near the village of Ikryanye sleeve of Bakhtemir, for gravity wa-

tering of the Western steppe ilmens and the delta of the river. The Volga. The necessity of construction of a network of drainage collectors and the appointment of washes for desalinization of the territory of the Western steppe ilmens and maintenance of the ecological regime of the floodplain of the r. The Volga. A technological cycle for the development of the Delta River hydrodynamic model is presented. Volga and Western sub-steppe ilmens in the MIKE 11 software package: the formation and processing of initial data; Horizontal and vertical calibration of the model, calibration for water distribution; Analysis and comparison of modeling results for 2006 low-water and 2012 medium-water year in natural conditions and in the presence of supporting channel structures.

Ключевые слова: гидродинамическое моделирование, MIKE 11, река Волга, Западные подступенные ильмени, геоинформационные системы, QGIS, SRTM, ASTER GDEM, Profile Utility, поперечные сечения, цифровая модель рельефа.

Key words: hydrodynamic modeling, MIKE 11, Volga river, Western steppe ilmens, geographic information systems, QGIS, SRTM, ASTER GDEM, Profile Utility, cross sections, digital relief model.

Введение. Работа была выполнена в рамках ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса РФ в 2012-2020 гг.» [5].

До строительства Волжской ГЭС в период весеннего половодья значительная часть Западных подступенных ильменей (ЗПИ) затапливалась. Волжские воды почти ежегодно в объеме 2-5 км³ устремлялись по цепочке ильменей и ериков на западные территории. Даже после спада в ильменных замкнутых понижениях вода в объеме 1,6 км³ оставалась до осени, а в ряде случаев до следующего половодья. В некоторых ильменах вода искусственно задерживалась с помощью земляных перемычек. Помимо весеннего половодья, южная часть ЗПИ была подвержена периодическим нагонным явлениям со стороны Каспийского моря, и в ильмени «нагонялась» волжская пресная вода [6].

В связи с зарегулированием стока Волги (40-50-е годы) и с изменением уровня Каспия, а также строительством железной и автодороги, прекратились нагоны пресной воды в южной части ЗПИ, значительно уменьшилась приточность к ильменям. Из-за отсутствия финансирования каскада насосных станций (в конце 80-х годов) уменьшилось поступление воды из р. Бахтемир по построенным оросительно-обводнительным трактам вглубь территории ЗПИ.

В настоящее время ЗПИ обводняются в многоводные годы в пределах Прибахтемирской полосы. Ильмени усыхают и уже давно потеряли рыбопромысловое значение, резко упала продуктивность кормовых угодий из-за остепнения земель, засоления и заболачивания межбугровых понижений. Из-за ухудшения водного режима ЗПИ и вторичного засоления земель возникли неразрешимые проблемы с питьевой водой и экологической обстановкой [1].

Обводнение ЗПИ в достаточном объеме происходит при попусках с Волгоградского гидроузла 25-27 тыс. м³ сроком не менее 7 дней, однако обеспечить такой режим с гарантированной надежностью не удастся.

Поэтому ещё в период проектирования Нижне-Волжских гидроузлов предусматривалось коренное мелиоративное переустройство как Волго-Ахтубинской поймы (ВАП), дельты Волги, так и ЗПИ в соответствии с ожидавшимися изменениями гидрологического режима. Однако это переустройство в ЗПИ выполнено в незначительном объеме.

В гидрогеологическом отношении ЗПИ являются водоприемником-аккумулятором минерализованных грунтовых вод, поступающих с окружающих степных территорий. Бессточность грунтовых вод обусловлена подпором их со стороны Волги и Каспия. Единственная расходная статья баланса грунтовых вод – испарение, вызывающее подъем солей к поверхности и прогрессирующее засоление почвогрунтов [8].

В 1973-1974 гг., из-за отказа рыбохозяйственных органов от прудового рыбоводства в ЗПИ, Южгипроводхоз предложил создать здесь 6 оросительно-обводнительных систем с сетью коллекторов, обеспечивающей осушение значительной части ильменей и общее понижение уровня минерализованных грунтовых вод. ГЭК Госплана СССР одобрил предложение Южгипроводхоза. Однако его осуществление осталось не реализованным. К концу 1970-х годов на территории ЗПИ были построены отдельные оросительно-обводнительные тракты – это прокопы, соединяющие собственно ильмени, превращенные в испарители. Расположенные рядом с «водными трактами» ильменные понижения из-за подъема соленых грунтовых вод или уже превратились или превращаются в мокрые солончаки [10].

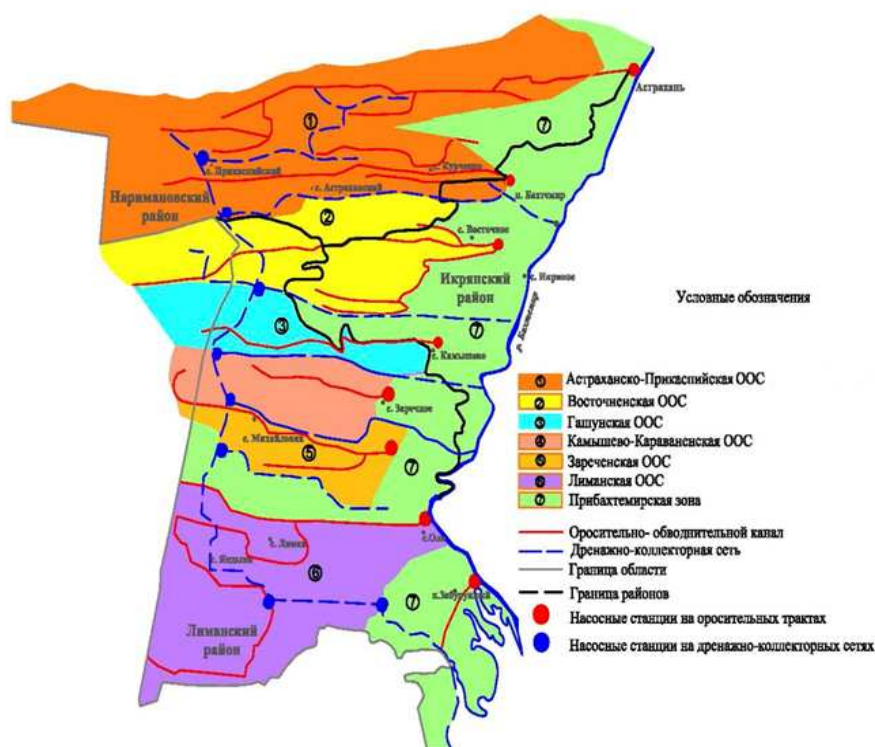


Рисунок 1 – Схема дренирования территории Западных подстепных ильменей

По состоянию на начало 1981 г. в ЗПИ из 19 ранее намеченных водных трактов построено только 10, из которых 7 работало на передвижных тепловых насосных станциях. Коллекторы не строились совсем. В результате территория ЗПИ продолжала усиленно засоляться. Систематическая водоподача из Бахтемира по этим трактам без устройства дренажа и бессистемное освоение земель под орошение ещё больше обострили мелиоративную обстановку. С конца 80-х годов прекратилось поступление воды из р. Бахтемир по построенным оросительно-обводнительным трактам вглубь территории ЗПИ и только, начиная с 2004 г. благодаря усилиям ФБГУ «Астраханмелиоводхоз», возобновилась механическая подача воды в ЗПИ в объеме 0,2-0,5 км³.

В современных условиях экономика ЗПИ отличается резко выраженными экстенсивными формами сельхозпроизводства. Площадь сельхозугодий – 692 тыс.га, в т. ч. пашней занято 4 %, сенокосами и пастбищами – около 96 %. Под орошаемые пашни, используемые под бахчевые и кормовые культуры, занято 22,4 тыс.га, из которых только на 4,3 тыс.га построены инженерные системы. Остальная площадь сельхозугодий – это малопродуктивные сенокосы и пастбища. 80 % орошаемых земель – это 400 отдельных участков с площадью в среднем около 40 га с временной оросительной сетью, разбросанной по всей территории зоны.

Интенсификация сельскохозяйственного производства в зоне ЗПИ в сложившихся условиях возможна за счет значительных капиталовложений на базе развития регулярного орошения, обводнения и улучшения естественных кормовых угодий при условии оздоровления мелиоративной обстановки всего района и поддержания её на уровне, существовавшем в период стихийных паводковых затоплений [9].

В составе Схемы комплексного использования и охраны водных и связанных с ними рыбных и земельных ресурсов Нижней Волги, р. Ахтубы, р. Урала и Северного Каспия [12] была предложена система дренирования территории ЗПИ: локальная дренажная сеть оросительных систем подключается к крупным межхозяйственным коллекторам, трассы которых должны были проходить между существующими водными трактами (рисунок 1). С учётом перспективы мелиоративного освоения ирригационного фонда в зоне намечалось осуществить строительство 8 межхозяйственных коллекторов. Дренажно-сбросные воды по системе межхозяйственных коллекторов должны были поступать в Главный коллектор (ГК), трасса которого должна была пройти вдоль железной дороги Астрахань-Кизляр через заливы Харбата, Мочетный проран и Торбавский затон к Каспийскому морю.

Таким образом, представляется, что проведение намеченного ранее комплекса мелиоративных работ, их корректировка с учетом фактической природно-хозяйственной ситуации в ЗПИ, может значительно улучшить эколого-мелиоративную обстановку в этом регионе. Потери на испарение с акватории Северного Каспия на $0,5-1 \text{ км}^3$ можно уменьшить путем сокращения подачи волжской воды вглубь зоны Западных подстепных ильменей для орошения нескольких десятков гектаров мелких «кочующих участков». Для всей территории ЗПИ, кроме Прибахтемирской полосы, сельскохозяйственное освоение земель нецелесообразно ввиду интенсивного вторичного засоления земель.

Для развития орошения в зоне Западных подстепных ильменей необходимо обоснование и создание сети глубокого дренажа, промывного режима орошения (систематических капитальных промывок), ликвидация фильтрации из каналов, длительная агробиологическая мелиорация солонцов и внесение повышенных доз удобрений. Решающим фактором в комплексе мероприятий по оздоровлению мелиоративной обстановки является создание эффективно действующей сети коллекторов, обеспечивающей общее понижение уровня минерализованных грунтовых вод с обязательным централизованным отведением дренажно-сбросных вод за пределы зоны. [11].

Материалы и методы. Целью исследования является изучение текущего режима обводнения территории ЗПИ с помощью современных технологий компьютерного моделирования, поиск возможных мероприятий, направленных на улучшение данного режима. Для решения задачи в программном комплексе MIKE 11 была создана гидродинамическая модель, с помощью которой была произведена оценка влияния русловых подпорных гидротехнических сооружений (ГТС), обеспечивающих подачу воды в Прибахтемирские протоки и далее в ЗПИ в самотечном режиме.

Программный комплекс MIKE 11 предназначен для разработки имитационных компьютерных моделей гидродинамических процессов в бассейнах рек. Математическая модель реализует квази-двумерную неявную разностную схему решения уравнений Сен-Венана, описывающих неустановившееся движение воды в речных сетях [13].

Задание параметров для расчетов неустановившегося движения воды в реках и каналах производится на основе имеющихся натурных материалов (данных). Топографические, гидрологические и гидротехнические данные являются основными источниками информации при разработке и эксплуатации моделей.

Для разработки модели и выполнения расчетов задаются: плановое положение речной сети и водохранилищ, имеющиеся гидротехнические сооружения (плотины, водосливы, водосбросы, мосты, и т.д.), поперечные сечения в характерных створах, гид-

рографы приточности, расходно-уровневые характеристики водоприемника и известные начальные условия [2,3]. Конфигурация пойменной части поперечников определяется на основе Цифровой модели рельефа в среде ArcGis.

Практически вся информация, используемая при создании гидродинамической модели речной сети, является пространственно-координированной, т.е. имеющей географическую привязку. В связи с этим, обработку исходных данных удобно проводить с использованием геоинформационных систем (ГИС).

При создании ГИС-проекта исследуемого участка Волго-Ахтубинской поймы использовалась свободно распространяемая Quantum GIS (QGIS) [4,5]. На сегодняшний день QGIS представляет собой полнофункциональную ГИС с возможностью просмотра, редактирования и анализа данных. Особенностью QGIS является легкий в использовании и понятный пользовательский интерфейс, поддерживающий русский язык.

В качестве основы ГИС проекта использовались топографические карты масштаба 1:100000, для которых была выполнена географическая привязка в проекции Гаусса-Крюгера. На участках, для которых была необходима большая детальность, использовались карты более крупного масштаба.

При подготовке компьютерной гидродинамической модели необходимо создать набор поперечных сечений, характеризующий русловую и пойменную части исследуемого водотока [7]. При этом необходимо сначала создать цифровую модель рельефа (ЦМР), покрывающую весь участок исследования и имеющую достаточное пространственное разрешение, а затем, с использованием ЦМР создать сами поперечные сечения. Впоследствии полученная ЦМР также может быть использована для отображения территорий затопления.

В качестве источника информации о рельефе поймы использовался набор данных дистанционного зондирования земли SRTM. Разрешение сканирования составляло 3 угловых секунды, что соответствует размеру ячейки 90 м на местности. Было проведено исследование достоверности этих данных, путем сравнения значений отметок высот со значениями с топографических карт. Была выявлена систематическая ошибка и выполнена высотная коррекция данных SRTM для участка исследования.

Нами рассматривался набор данных ASTER GDEM, имеющий более высокое пространственное разрешение (30 м). Однако, из-за выявленных аномалий высотных отметок и неопределенности алгоритма их исправления данный набор не использовался. В дальнейшем планируется корректировка и использование данных ASTER.

На рисунке 2 приведены изображения фрагментов наборов данных SRTM и ASTER GDEM, полученные в QGIS.

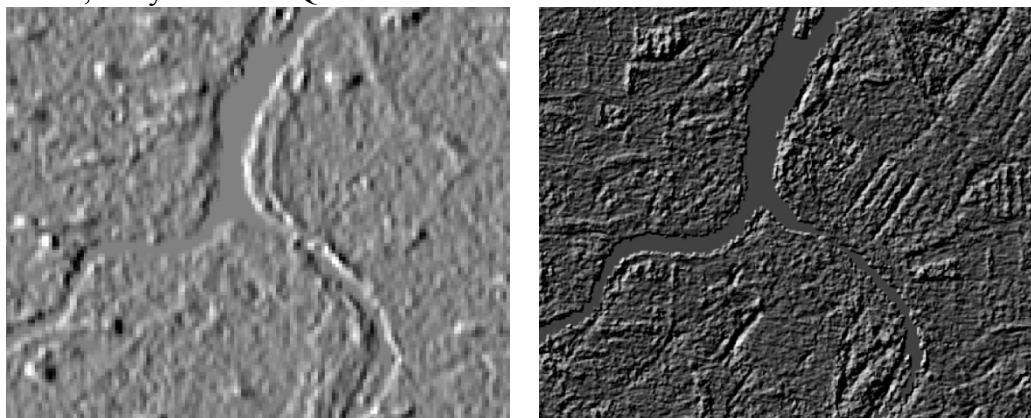


Рисунок 2 – Источники данных о рельефе: слева набор данных SRTM, справа – ASTER GDEM

Поскольку наборы данных SRTM и ASTER GDEM не содержат информации о рельефе дна в русловой части, возникла необходимость дополнения полученной ЦМР. Оптимальным, с точки зрения достоверности, источником информации о русловом рельефе являются данные, полученные в результате русловой съемки. Однако, для столь протяженных участков реки, выполнение русловой съемки является весьма затратным мероприятием, не всегда возможным по временным и финансовым соображениям. Поэтому было принято решение об использовании в качестве источника данных о русловом рельефе листов атласа единой глубоководной системы водных путей РФ.

Результаты и обсуждение. Нами выполнена привязка листов атласа к соответствующим листам топографических карт путем аффинных преобразований (масштабирование и поворот). В результате были получены комбинированные изображения, содержащие фрагменты листов атласа в русловой части, но сохранившие координатную привязку и рельеф надводной части от листов топографических карт (рисунок 3). Эти были переведены в векторную форму, после чего была построена ЦМР русловой части, с учетом особенностей формирования модели рельефа по информации с изолиний [4].

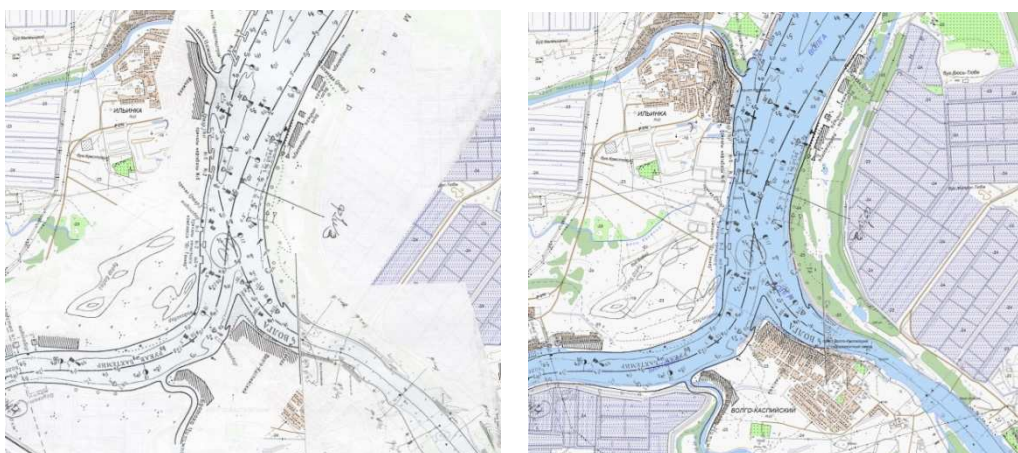


Рисунок 3 – Этапы обработки листов атласа единой глубоководной системы:
слева – листы атласа совмещены с основой (топографической картой);
справа – окончательное изображение, готовое к дальнейшей обработке (векторизации)

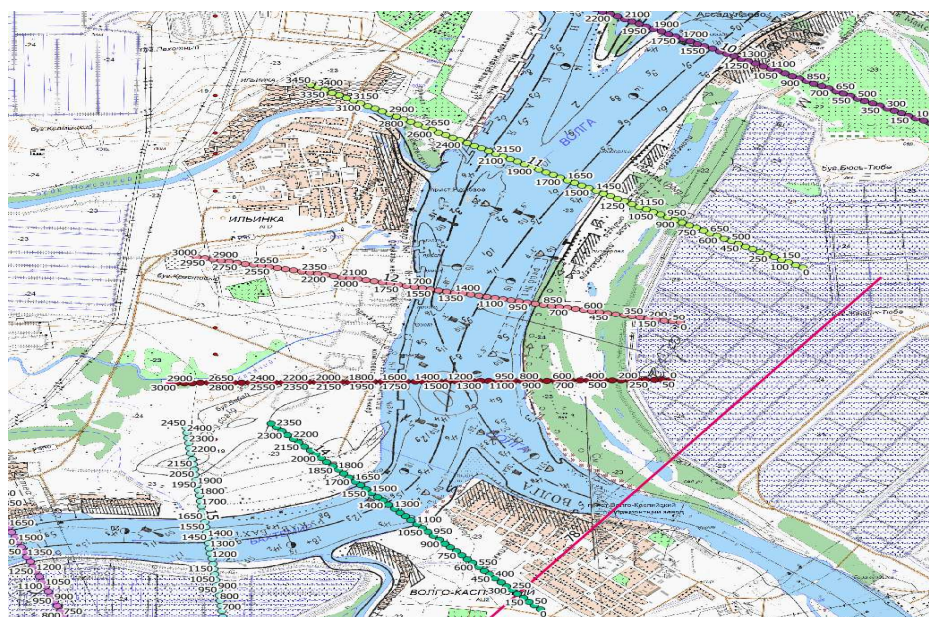


Рисунок 4 – Поперечные сечения, сформированные программой Profile Utility

Для создания набора поперечных сечений по полученной цифровой модели рельефа использовалась разработанная в лаборатории гидроэкологии отдела гидротехники ВНИИГиМ программа Profile Utility (рисунок 4). Основными функциями данной программы являются: расстановка поперечных сечений с заданным интервалом перпендикулярно заданной оси потока; установка длины поперечных сечений (задается охватывающим полигоном); вычисление значений отметок высот в каждой точке поперечного сечения с заданным шагом; запись результирующих данных в формате текст с разделителем.

Для удобства использования в программе реализована работа непосредственно с файлами форматов ESRI Shape и ESRI ASCII Raster для цифровой модели рельефа, поддерживаемыми большинством современных ГИС. Использование программы Profile Utility позволило существенно сократить трудоемкость подготовки данных за счет автоматизации рутинных операций таких как расстановка поперечных сечений, удаление их неиспользуемой части и др.

Для построения гидродинамической модели в среде Mike 11 нами использовались образцы поперечных сечений. Плоские области – это водные объекты (ильмени, затоны), не имеющие батиметрических данных (рисунок 5).

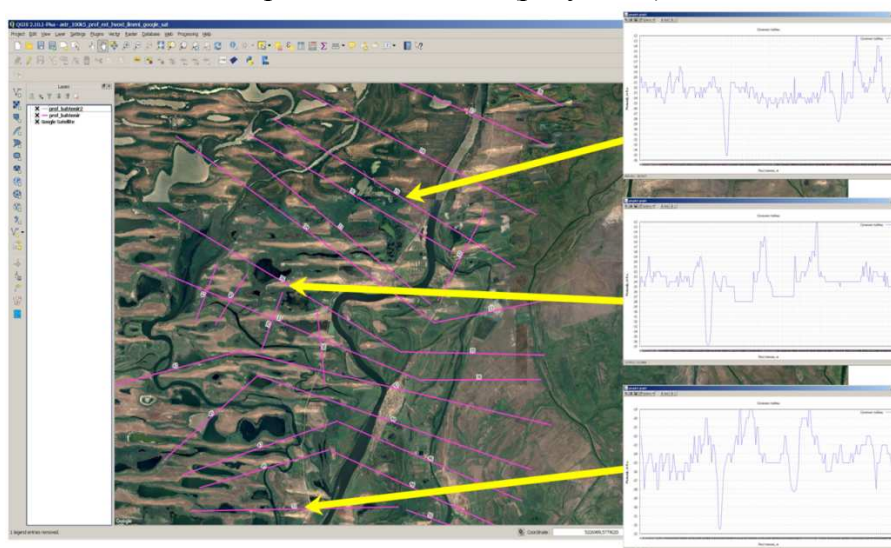


Рисунок 5 – Полученные поперечные сечения реки Волга

На основе топографической карты, привязанной по координатам, в среде MIKE 11 модуль Network построена трасса речной сети по руслу и пойме р. Волга и ее протокам (левобережные протоки – Бузан, Прямая Болда, Царев, Камызяк, Каныча; правобережные протоки – Бахтемир, ерик Хурдун, Хурдун, Большая Кара, Бакланенок, Ямная, Старая Волга) (рисунок 6).

В модуле Cross-sections введены координаты X, Z для 246 поперечных сечений. Их плановое положение привязано к карте-подложке. Сформирована конфигурация поперечных сечений и рассчитаны обработанные данные гидравлических параметров сечений в зависимости от уровней воды. Характерные поперечные сечения по р. Волге с Верхнее Лебяжье и рукаву Бахтемир село Бахтемир приведены на рисунке 7.

Введенные поперечные сечения отображаются в модуле Network на трассе речной сети.

Граничные условия определяют распределение параметров потока на граничных участках. Задавались внешние граничные условия - на верхнем и нижнем конце участка реки: приток в Верхнем Лебяжье, в соответствии с данными по маловодному и сред-

неводному годам; уровень Каспийского моря для рукавов Бахтемир, Царев, Камызяк, Каныча, Старая Волга и реки Волги был задан; функция $Q(h)$ для рукавов Бузан и Прямая Болда в зависимости от уклона и шероховатости концевых поперечных сечений; подача воды в ЗПИ и возврат в период половодья моделировались граничными условиями $Q(t)$ (расходы воды во времени) с условием забора 4 км^3 и возврата 3 км^3 .

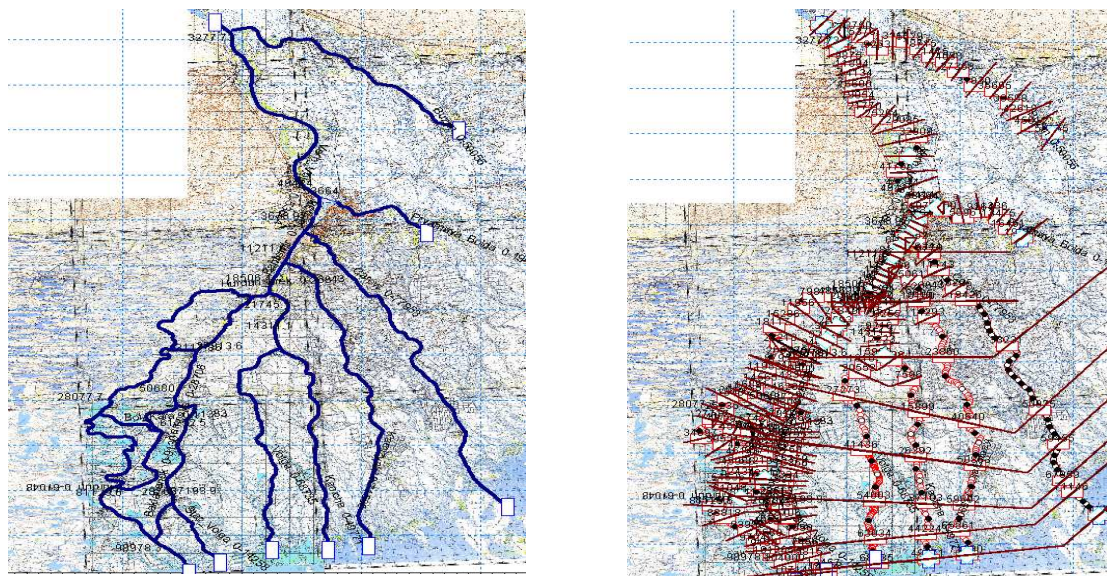


Рисунок 6 – Карта-подложка с нанесенной трассой речной сети и трасса речной сети с нанесенными поперечными сечениями в среде MIKE 11

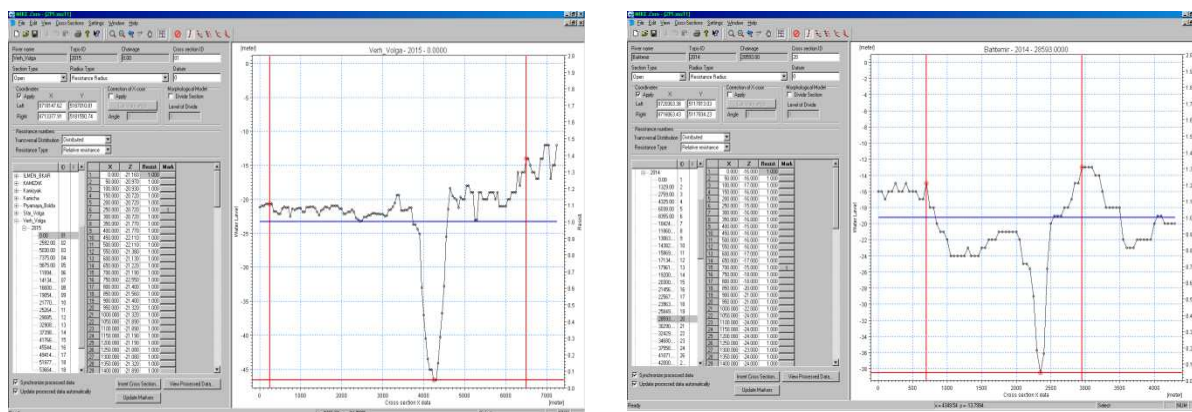


Рисунок 7 – Поперечные сечения р. Волга и рук. Бахтемир

Исходные посуточные данные по уровням и расходам предоставлялись Государственным океанографическим институтом им. А.Н. Зубкова (ФГБУ «ГОИН») для 2006 (маловодного) и 2012 (средневодного) годов. На основе этих данных с помощью аппроксимации получены кривые зависимости Q/h для калибровки. Эти кривые были использованы для калибровки модели (определение адекватных шероховатостей вдоль русла и по высоте для каждого поперечника) и при формировании начальных условий. Обязательно учитывали данные ГОИН по вододелению в точках бифуркации.

Горизонтальная калибровка (вдоль русла) производилась для каждого водпоста. Вертикальная калибровка производилась по высотным отчеткам поперечных сечений. Вододеление в точках бифуркации (между основным руслом и протоками) зависит, в основном, от площадей входных поперечных сечений и учитывалось при подборе шероховатостей и параметров граничных условий. Для калибровки модели весь расчетный участок был разбит на подучастки с одинаковой шероховатостью, которые вклю-

чали как реальные, так «гипотетические» (расчетные) пункты наблюдений. В результате калибровки получены коэффициенты шероховатости n в русле – от 0,024 до 0,04, в пойме – от 0,04 до 0,08. При этом максимальная ошибка по вододелению составила не более 20 %. (рисунок 8).

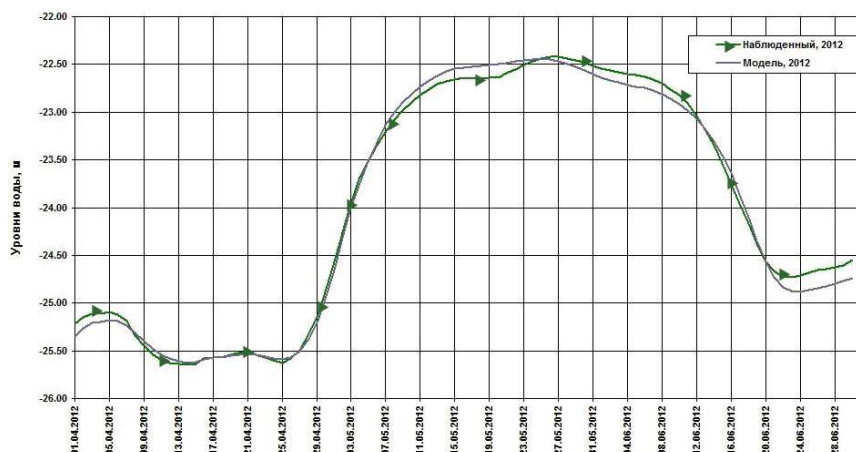


Рисунок 8 – Сравнение результатов калибровки по водонаблюдательному посту г. Астрахань

Основной ориентира обводнения дельты р. Волга и ЗПИ - уровень воды в г. Астрахань. Если уровень воды выше отметки минус 23,5 м, то вода поступает самотеком в ЗПИ объемом 2-5 км³, что обеспечивает затопление ильменей. Ёмкость ильменей составляет 1,6 км³, остальная вода возвращается в р. Волга, если протоки специально не перекрываются перемычками.

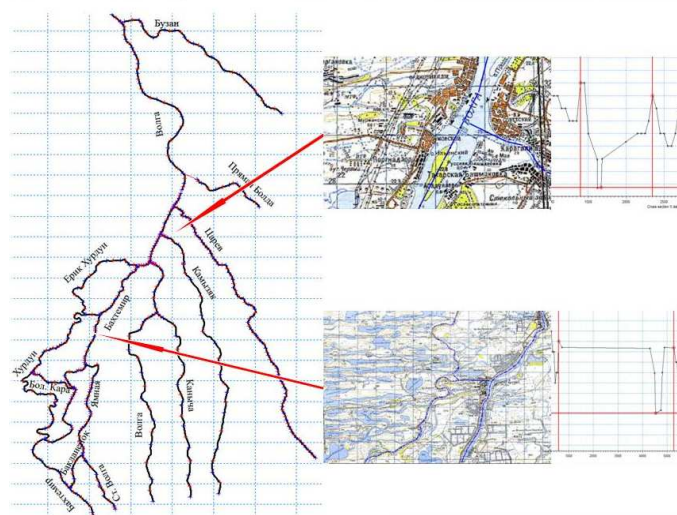


Рисунок 9 – Русловые ГТС на рукаве Бахтемир и на истоке рукава Камызяк

На основе откалиброванной модели по маловодному 2006 году (объем половодья в створе Волгоградского гидроузла 122,1 км³) и 2012 – году средней водности (объем половодья в створе Волгоградского гидроузла 153,5 км³), были выполнены расчеты без подпорных сооружений (существующее состояние) и с 2-я гидротехническими сооружениями (около села Икрыное, рукав Бахтемир и в истоке рукава Камызяк), обеспечивающими сужение русла до 200 м (рисунок 9). В качестве аналога может быть взят Николаевский гидроузел на р. Дон (рисунок 10). Рассматривавшийся вариант установки подпорного ГТС на Старой Волге практически не влияет на уровенные режимы р. Волги, рукавов Бахтемир и Хурдун.



Рисунок 10 – Николаевский гидроузел р. Дон

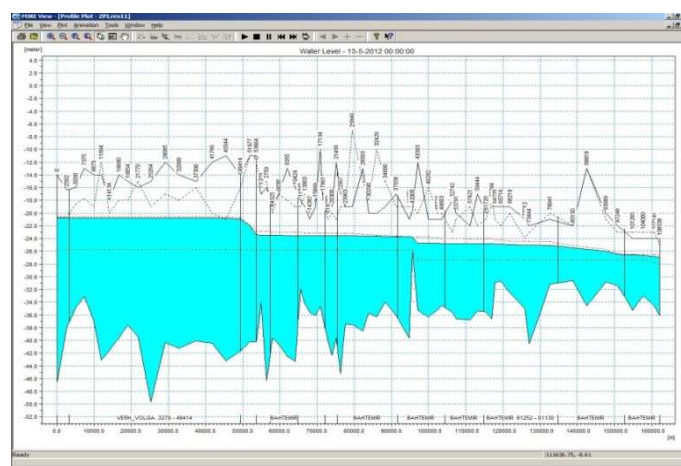


Рисунок 11 – Продольный профиль участка р. Волга и рукава Бахтемир

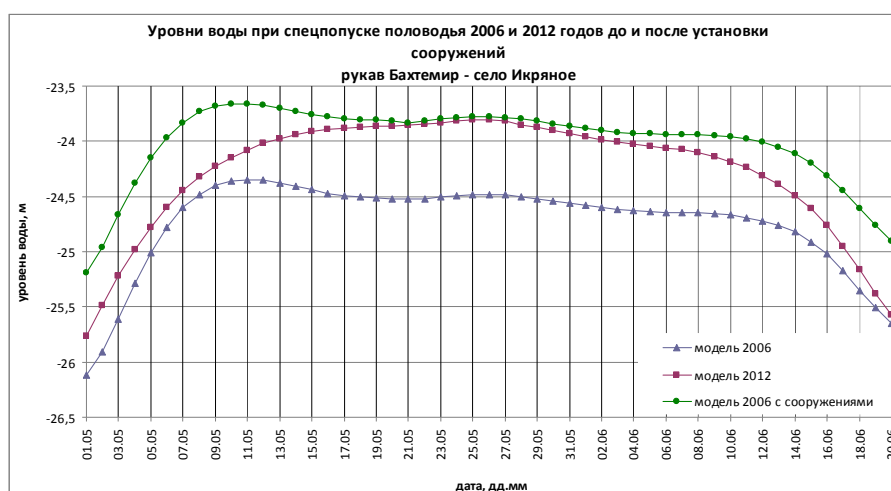


Рисунок 12 – Сравнение хода уровней воды в створе рук. Бахтемир (с. Икрыное)

В дальнейшем результаты моделирования, полученные в среде MIKE 11, визуализировались специальной программой MIKE View, которая позволила просмотреть в виде диаграмм расчетные гидравлические характеристики потока. На рисунке 11 показан продольный профиль участка р. Волга и рукава Бахтемир при установленных двух подпорных сооружениях. На основе полученных данных были построены графики

сравнения уровней воды при спецпуске половодья 2006 и 2012 годов до и после установки подпорных сооружений для створов на рук. Бахтемир (село Икрязное), рук. Царев (исток) и р. Волге (г. Астрахань). Уровни воды в модели маловодного 2006 года с сооружениями практически достигают (а для с. Икрязное превышают) соответствующие уровни воды года средней водности (2012) без сооружений (рисунки 12, 13, 14).

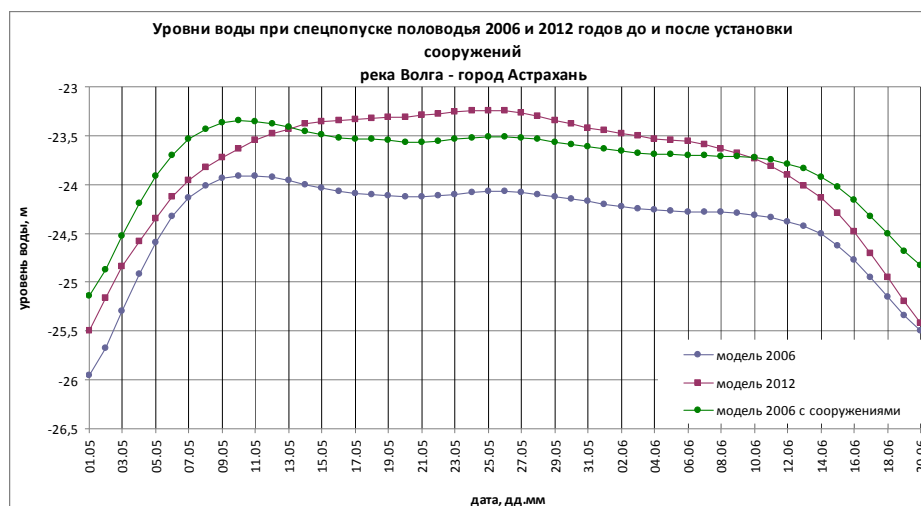


Рисунок 13 – Сравнение хода уровней воды у створа р. Волга (г. Астрахань)

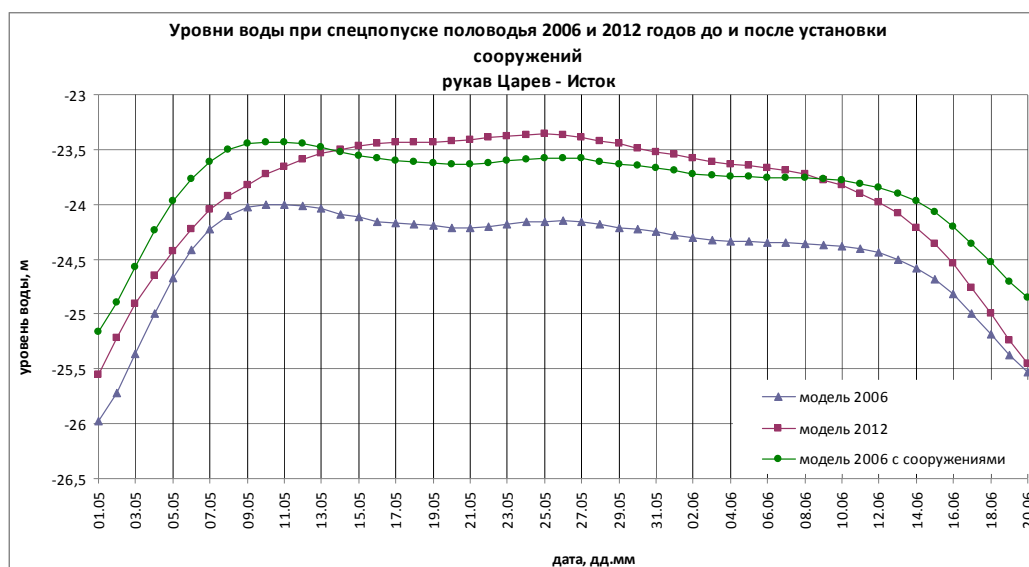


Рисунок 14 – Сравнение хода уровней воды у створа рукав Царев (исток)

Закключение. Разработанная гидродинамическая модель позволяет выполнить анализ и обосновать мероприятия, необходимые для обводнения нерестилищ дельты р. Волги и Западных подступных ильменей. Для обеспечения нормальной приточности в Западные подступные ильмени, необходимо предусмотреть строительство русловых подпорных гидротехнических сооружений на рук. Бахтемир (с. Икрязное, после истока рук. Хурдун) и в истоке рук. Камызяк. Для пропуска транспорта необходимо также обеспечить подпор в селе Оля (рук. Бахтемир). Подпорные ГТС могут конструктивно быть выполнены в виде сужающих до 200 м русло сооружений. В зоне ЗПИ для промывки засоленных земель и поддержания экологического режима функционирования поймы необходимо построить предложенную дренажную сеть.

Библиографический список

1. Горелиц, О.В. Современный механизм заливания территорий Волго-Ахтубинской поймы в период половодья (в пределах Волгоградской области) [Текст]/ О.В. Горелиц, И.В.Землянов. //Научный потенциал регионов на службу модернизации / ГАОУ АО ВПО «АИСИ». – Астрахань, 2013. – № 2 (5). Спецвыпуск. – С. 9-18.
2. Компьютерное моделирование речных потоков. Теоретические основы [Текст]. – М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013. – С. 7–79.
3. Компьютерное моделирование систем рек и каналов Mike11 [Текст]. – М.: Научная консалтинговая фирма «Волга», 2013. – С. 13-47.
4. Кошель, С.М. Моделирование рельефа по изолиниям [Текст] /С.М. Кошель // Университетская школа географической картографии / Под ред. А. М. Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2005. – С. 198-208.
5. НИОКР по реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах» по научному обоснованию мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов и устойчивое функционирование водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранение уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы [Текст], ГК от 13 сентября 2013 года №10-ГК/ФЦП-2013. – М., 2015.
6. Природа и сельское хозяйство Волго-Ахтубинской долины и дельты Волги [Текст] // Труды Прикаспийской экспедиции МГУ им.М.В.Ломоносова. – М.: МГУ, 1962.
7. Разработка компьютерной модели участка слияния рек Москвы и Оки [Текст]/ А.О Щербakov, А.А. Талызов, Е.Э. Головинов, Г.Г. Ермаков, Р. Кромер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 42-44.
8. Русанов, Н.В. Волго-Каспийский морской судоходный канал – современное состояние проблемы и пути их решения [Текст] / Н.В. Русанов, П.И. Бухарицин, Л.Г. Беззубиков // Конференция АФ ФГУП Росморпорт. – Астрахань, 2015.
9. Сбор и анализ материалов предпроектных работ прошлых лет по использованию водных объектов Волго-Ахтубинской поймы [Текст] / ЗАО ПО «Совинтервод». – М., 2014.
10. Схема комплексного использования водных, земельных и рыбных ресурсов Нижней Волги, рек Урала и Ахтубы, Северного Каспия [Текст]. – Союзводпроект. – М., 1974.
11. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Волги на период до 2010 года [Текст] . Том 1 «Современное состояние природного комплекса Волжского региона». – М.: Союзводпроект, 1995.
12. Уточнение Схемы комплексного использования и охраны водных и связанных с ними рыбных и земельных ресурсов Нижней Волги. р. Ахтубы, р. Урала и Северного Каспия [Текст]. – Ленинград: Ленгипроводхоз, 1982.
13. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика для студентов вузов [Текст] /Д.В. Штеренлихт. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 370-374.
14. Graser, A. Learning QGIS / A. Graser. – Third Edition: Packt Publishing, 2016. – 210 p.
- 15 Sherman, G. The PyQGIS Programmer's Guide: extending QGIS 2.x with Python / G. Sherman. – Published by Locate Press LLC, 2014. – 200 p.

References

1. Gorelic, O. V. Sovremennyy mekhanizm zalivaniya territorij Volgo-Ahtubinskoj pojmy v period polovod'ya (v predelah Volgogradskoj oblasti) [Tekst]/ O. V. Gorelic, I. V. Zemlyanov. //Nauchnyj potencial regionov na sluzhbu modernizacii / GAOU AO VPO "AISI". - Astrahan', 2013. - № 2 (5). Specvypusk. - S. 9-18.
2. Komp'yuternoe modelirovanie rechnyh potokov. Teoreticheskie osnovy [Tekst]. - M.: Nauchnaya konsaltingovaya firma "Volga", 2013. - S. 7-79.
3. Komp'yuternoe modelirovanie sistem rek i kanalov Mike11 [Tekst]. - M.: Nauchnaya konsaltingovaya firma "Volga", 2013. - S. 13-47.
4. Koshel', S. M. Modelirovanie rel'efa po izoliniyam [Tekst] /S. M. Koshel' // Universitetskaya shkola geograficheskoy kartografii / Pod red. A. M. Berlyanta. - M.: Aspekt Press, 2005. - S. 198-208.

5. NIOKR po realizacii federal'noj celevoj programmy "Razvitie vodohozyajstvennogo kompleksa Rossijskoj Federacii v 2012-2020 godah" po nauchnomu obosnovaniyu meropriyatij, obespechivayuschih racional'noe ispol'zovanie vodnyh resursov i ustojchivoe funkcionirovanie vodohozyajstvennogo kompleksa Nizhnej Volgi, sohranenie unikal'noj sistemy Volgo-Ahtubinskoj pojmy [Tekst], GK ot 13 sentyabrya 2013 goda №10-GK/FCP-2013. - M., 2015.

6. Priroda i sel'skoe hozyajstvo Volgo-Ahtubinskoj doliny i del'ty Volgi [Tekst] // Trudy Pri-kaspijskoj jekspedicii MGU im. M. V. Lomonosova. - M.: MGU, 1962.

7. Razrabotka komp'yuternoj modeli uchastka sliyaniya rek Moskvy i Oki [Tekst]/ A. O Scherbakov, A. A. Talyzov, E. Je. Golovinov, G. G. Ermakov, R. Kromer // Melioraciya i vodnoe ho-zyajstvo. - 2009. - № 5. - S. 42-44.

8. Rusanov, N. V. Volgo-Kaspijskij morskoy sudohodnyj kanal - sovremennoe sostoyanie problemy i puti ih resheniya [Tekst] / N. V. Rusanov, P. I. Buharicin, L. G. Bezzubikov // Konferenci-ya AF FGUP Rosmorport. - Astrahan', 2015.

9. Sbor i analiz materialov predproektnyh rabot proshlyh let po ispol'zovaniyu vodnyh ob'ektov Volgo-Ahtubinskoj pojmy [Tekst] / ZAO PO "Sovintervod". - M., 2014.

10. Sxema kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh, zemel'nyh i rybnyh resursov Nizhnej Volgi, rek Urala i Ahtuby, Severnogo Kaspiya [Tekst]. - Soyuzvodproekt. - M., 1974.

11. Sxema kompleksnogo ispol'zovaniya i ohrany vodnyh resursov r. Volgi na period do 2010 goda [Tekst] . Tom 1 "Sovremennoe sostoyanie prirodnogo kompleksa Volzhskogo regiona". - M.: Soyuzvodproekt, 1995.

12. Utochnenie Sxemy kompleksnogo ispol'zovaniya i ohrany vodnyh i svyazannyh s nimi rybnyh i zemel'nyh resursov Nizhnej Volgi. r. Ahtuby, r. Urala i Severnogo Kaspiya [Tekst]. - Lenin-grad: Lengiprovodhoz, 1982.

13. Shterenliht, D. V. Gidravlika dlya studentov vuzov [Tekst] /D. V. Shterenliht. - M.: Jener-goatomizdat, 1984. - S. 370-374.

14. Graser, A. Learning QGIS / A. Graser. - Third Edition: Packt Publishing, 2016. - 210 p.

15. Sherman, G. The PyQGIS Programmer's Guide: extending QGIS 2.x with Python / G. Sherman. - Published by Locate Press LLC, 2014. - 200 p.

E-mail: alina020387@bk.ru

УДК 621.43

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ СМЕСЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ПАЛЬМОВОГО МАСЛА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЕ

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF DIESEL FUELS AND PALM OIL MIXTURES ON THE INDICATORS OF THE FUEL INJECTION PROCESS IN DIESEL

Э.К. Чибанда, аспирант

В. М. Славуцкий, доктор технических наук, профессор

А. В. Курапин, кандидат технических наук, доцент

Е.А. Салыкин, кандидат технических наук, доцент

E.K. Chibanda, V.M. Slavutsky, A.V. Kurapin, E.A. Salykin

Волгоградский государственный технический университет

Volgograd State Technical University

Изучен мировой опыт применения пальмового масла в качестве топлива для дизелей. Проанализировано влияние состава смеси на показатели процесса впрыскивания при постоянном значении активного хода плунжера, соответствующего номинальной цикловой подаче, в случае использования только дизельного топлива. Исследовано влияние состава смеси на показатели процесса впрыскивания при постоянном значении массовой цикловой подачи смеси, соответствующей номинальной цикловой подаче при использовании только дизельного топлива. Проанализировано влияние состава смеси на показатели процесса впрыскивания при сохранении постоянной теплотворной способности смеси. Проведён сравнительный анализ изменения

параметров распыливания смесей дизельного топлива и долей пальмового масла от 0 до 60 в зависимости от определенных параметров ТПА и смеси (рабочий ход плунжера, цикловая подача и подведенная теплота). Показано, что изменения параметров ТПА не требуются, поскольку соответствующее изменение объемной цикловой подачи и активного хода плунжера при изменении доли пальмового масла в смеси до 60 % не превышает 3 %. Согласно требованиям стандарта, эти отклонения в допустимых пределах, что позволяет использовать смесевые топлива на основе пальмового масла.

The world experience of using palm oil as a fuel for diesel engines was studied. The influence of the mixture composition on the indices of the injection process at a constant value of the active stroke of the plunger corresponding to the nominal cyclic feeding is analyzed in the case of using only diesel fuel. The influence of the composition of the mixture on the parameters of the injection process at a constant value of the mass cyclic feeding of the mixture corresponding to the nominal cyclic feed rate using only diesel fuel was studied. The influence of the mixture composition on the indices of the injection process is analyzed while maintaining the constant heating value of the mixture. A comparative analysis of the change in the parameters of spraying of diesel fuel mixtures and palm oil fractions from 0 to 60 is performed depending on the specific parameters of the injection molding machine and the mixture (working stroke of plunger, cyclic feed and heat input). It is shown that changes in the TPA parameters are not required, since the corresponding change in the volume cyclic feed and active stroke of the plunger with a change in the proportion of palm oil in the mixture to 60% does not exceed 3%. According to the requirements of the standard, these deviations are within acceptable limits, which makes it possible to use mixed fuels based on palm oil.

Ключевые слова: дизель, дизельное топливо, пальмовое масло, смесевое биотопливо, впрыскивание топлива, топливоподача.

Key words: Diesel engine, diesel fuel, palm oil, mixed biofuel, fuel injection, fuel supply.

Введение. В последние годы в ведущих странах мира активно изучают возможности применения в двигателях внутреннего сгорания биотоплив растительного происхождения, чтобы снизить зависимость от нефтяных ресурсов и значительно сократить выбросы парниковых газов [8]. При использовании биотоплива в дизельных двигателях его принято называть биодизельным топливом (БТ). Биодизельное топливо может использоваться как в смеси с дизельным топливом (ДТ) нефтяного происхождения, так и в чистом виде. Одним из широкого распространенных видов биотоплив являются растительные масла. В странах с тропическим климатом широко распространено производство пальмового масла.

В России начаты и активно развиваются исследования по применению растительных масел в качестве перспективного источника энергии для дизелей [5, 8, 1, 2, 3, 7].

Материалы и методы. Анализ литературных источников показывает, что многочисленные исследования биотоплив растительного происхождения, в том числе пальмового масла, как альтернативных топлив, касаются в основном трибологических, экологических, экономических и других аспектов их использования в дизелях. Влияние же свойств пальмового масла, его смесей с дизельным топливом на характеристики и показатели процесса впрыскивания топлива в системах топливоподачи дизелей мало изучено [9, 10].

В качестве объекта расчетных исследований выбран дизель Д-144 Владимирского тракторного завода. Двигатель оснащён топливным насосом УТН-5 со следующими параметрами: диаметр плунжера $d_{пл} = 8,5$ мм, полный ход плунжера $h_{пл} = 8$ мм, номинальная частота вращения вала топливного насоса $n_{ном} = 1000$ мин⁻¹. Форсунки ФД-22 со стандартным соплом и давлением начала впрыскивания 17 МПа.

За базовое принято дизельное топливо марки Л по ГОСТ 305-82. В качестве добавки к базовому топливу принято пальмовое масло. Пропорция смеси составляет 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 %, 60 % объема пальмового масла от объема смеси. В расчетах состав смесевое топлива определяется объемной долей пальмового масла $g_{пм}$ в смеси с дизельным топливом.

Принята плотность дизельного топлива $\rho_T = 830 \text{ кг/м}^3$, плотность пальмового масла - $\rho_{\text{пм}} = 918 \text{ кг/м}^3$ при нормальных условиях. Номинальная объемная цикловая подача топлива при работе на дизельном топливе $V_{\text{ц}} = 72 \text{ мм}^3$, массовая цикловая подача топлива - $G_{\text{ц}} = 0,06 \text{ г}$.

Характеристики и показатели процесса топливоподачи определялись расчётным методом с использованием программного комплекса «ПК Впрыск», разработанного на кафедре «Поршневые двигатели» МГТУ им. Баумана. Математическая модель «ПК Впрыск» позволяет учитывать влияние свойств топлива и состава смеси на динамику процесса впрыскивания топлива в системах топливоподачи [2, 3, 7].

Результаты. Повышенная плотность и вязкость пальмового масла являются причиной увеличения массовой цикловой подачи и часового расхода топлива при его использовании в дизеле. Рассчитывались плотность $\rho_{\text{см}}$ и массовая цикловая подача $G_{\text{ц см}}$ для смесового топлива, состоящего из дизельного топлива и пальмового масла. Состав смесового топлива определялся объемной долей пальмового масла $g_{\text{пм}}$ в смеси с дизельным топливом. Рисунок 1 наглядно демонстрирует увеличение плотности смеси и массовой цикловой подачи по мере увеличения объемной доли пальмового масла в смесовом топливе.

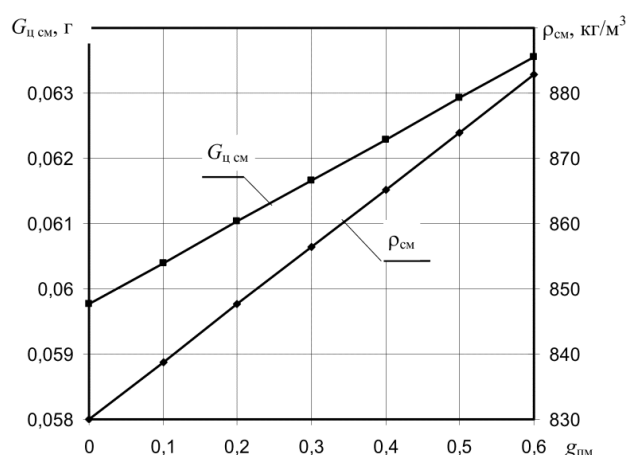


Рисунок 1 – Зависимость плотности $\rho_{\text{см}}$ и массовой цикловой подачи $G_{\text{ц см}}$ смесового топлива (цикловой объем 72 мм^3) от объемной доли пальмового масла в топливе $g_{\text{пм}}$

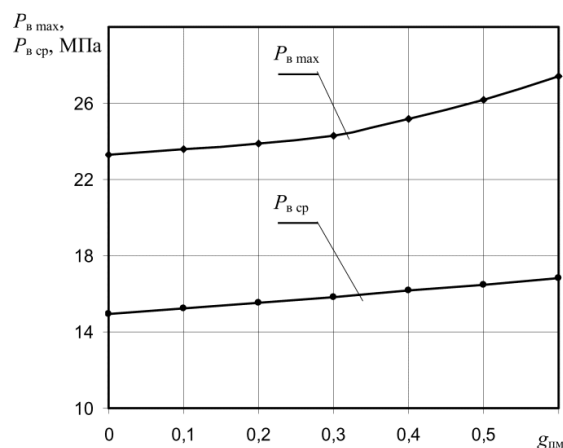


Рисунок 2 – Зависимость максимального $P_{\text{в max}}$ и среднего $P_{\text{в ср}}$ давлений впрыскивания от объемной доли пальмового масла в топливе $g_{\text{пм}}$ при постоянном активном ходе плунжера ТНВД

Методикой предусматривался расчёт показателей процесса топливоподачи для смесового топлива при постоянном активном ходе плунжера (1,93 мм), соответствующем номинальной цикловой подаче при использовании только дизельного топлива. Результаты расчетов приведены на рисунке 2.

Увеличение доли пальмового масла $g_{\text{пм}}$ в составе смесового топлива ведет к увеличению массовой цикловой подачи смеси $G_{\text{ц см}}$, росту среднего и максимального давлений впрыскивания и общей продолжительности подачи. Это объясняется увеличением плотности и вязкости смеси. Следует отметить большее увеличение массовой цикловой подачи смеси $G_{\text{ц см}}$ с ростом доли пальмового масла $g_{\text{пм}}$, полученной при гидродинамическом расчете, по сравнению с массовой цикловой подачей смеси $G_{\text{ц см}}$, полученной только при учете плотности смеси (рисунок 1). Это можно объяснить уменьшением утечек смеси через зазоры в плунжерной паре из-за увеличения вязкости смеси с ростом доли пальмового масла $g_{\text{пм}}$.

Обсуждение. Для стабилизации массовой цикловой подачи смеси $G_{ц см}$ с ростом доли пальмового масла $g_{пм}$ необходимо уменьшать активный ход плунжера, то есть производить соответствующую регулировку топливной аппаратуры.

Выполнена серия расчетов для определения показателей процесса подачи смешанного топлива при постоянной (массовой) цикловой подаче смеси $G_{ц см}$, соответствующей цикловой подаче только дизельного топлива (0,06 г).

Активный ход плунжера уменьшился от 1,93 до 1,7 мм. Снизилась и общая продолжительность подачи топлива. Максимальное и среднее давления впрыскивания повысились, с ростом доли пальмового масла в смеси $g_{пм}$, до 24,9 МПа и до 15,8 МПа, соответственно (рисунок 2), что объясняется увеличением плотности и вязкости смеси.

Стабилизация массовой цикловой подачи смеси $G_{ц см}$ с ростом доли пальмового масла в смеси $g_{пм}$ ведет к снижению количества теплоты, введенной с топливом в камеру сгорания, что объясняется снижением теплотворной способности смеси. Это приводит к снижению мощности двигателя. На рисунке показано изменение количества теплоты $Q_{см}$, введенной с топливом в камеру сгорания при постоянной массовой цикловой подаче смеси $G_{ц см}$, равной 0,06 г. Теплотворная способность дизельного топлива принята равной 42500 кДж/кг, пальмового масла – 37 100 кДж/кг.

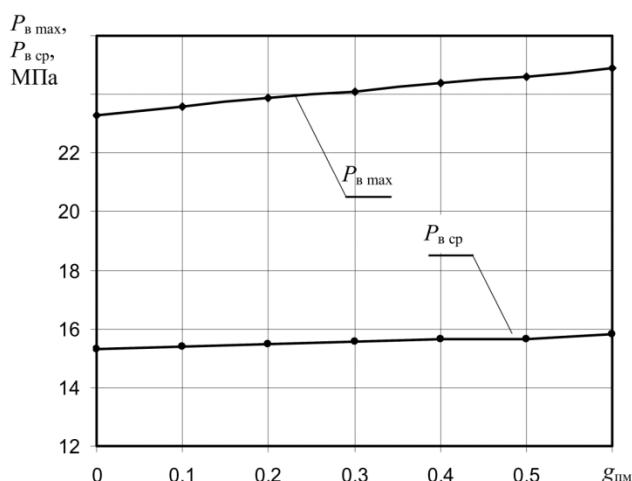


Рисунок 3 – Зависимость максимального $P_{в max}$ и среднего $P_{в ср}$ давлений впрыскивания от объемной доли пальмового масла в топливе $g_{пм}$ при постоянной массовой цикловой подаче топлива

В связи с этим, представляется целесообразным производить регулировку активного хода плунжера с учетом постоянного количества теплоты, введенной с топливом в камеру сгорания.

Произведены расчеты показателей процесса топливоподачи для смешанного топлива при постоянном количестве введенной теплоты 2,54 кДж, соответствующей сжиганию только дизельного топлива при номинальной цикловой подаче. Результаты расчетов представлены на рисунках 4, 5.

Общая продолжительность впрыскивания при данных условиях практически не изменилась. Из рисунков 4, 5 следует, что массовая и объемная цикловая подачи смеси возрастают. При этом массовая подача смеси возрастает в меньших пределах, чем при сохранении постоянного активного хода плунжера. Среднее и максимальное давления впрыскивания возрастают в меньшей мере, чем при условии сохранения постоянной цикловой подачи смеси (рисунок 3). Активный ход плунжера снижается в меньших пределах, чем при сохранении постоянной массовой цикловой подачи смеси.

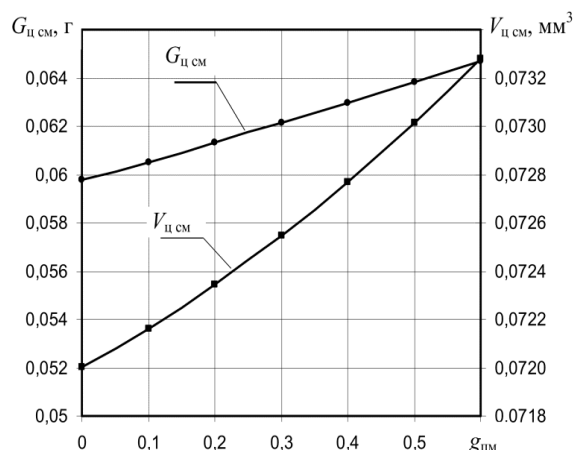


Рисунок 4 – Зависимость массовой $G_{ц см}$ и объемной $V_{ц см}$ цикловых подач от объемной доли пальмового масла в топливе $g_{пм}$, при постоянном количестве подведенной теплоты

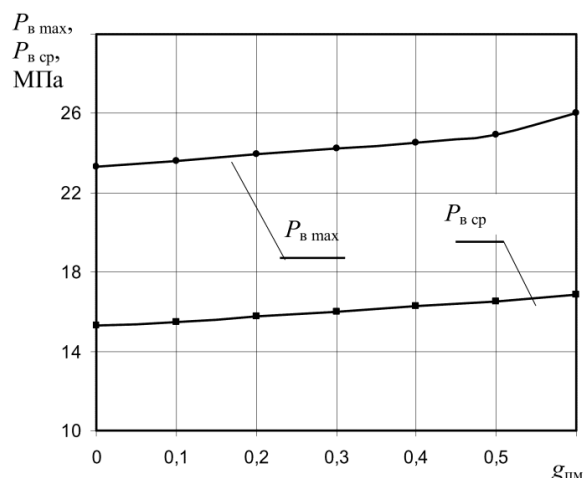


Рисунок 5 – Зависимость максимального $P_{в max}$ и среднего $P_{в ср}$ давлений впрыскивания от объемной доли пальмового масла в топливе $g_{пм}$ при постоянном количестве подведенной теплоты

Для практического использования наиболее ценными представляются результаты расчетов топливоподачи, выполненные при сохранении постоянным количества теплоты, введенной с топливом в камеру сгорания. Изменение массовой и объемной подачи смесевых топлив, а также регулировочного параметра ТНВД – активного хода плунжера при изменении объемной доли пальмового масла $g_{пм}$ в смеси для этого случая приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение регулировочных параметров ТНВД при изменении объемной доли пальмового масла

Доля пальмового масла в смеси $g_{пм}$	Изменение массовой цикловой подачи смеси		Изменение объемной цикловой подачи смеси		Изменение активного хода плунжера	
	г	%	см³	%	мм	%
0	0,0000	0	0,0000	0	0	0,0000
0,1	0,0006	1,06024	0,0002	0,2243	0,02	1,0368
0,2	0,0013	2,12048	0,0003	0,4768	0,03	1,5552
0,3	0,0019	3,18072	0,0005	0,7580	0,038	1,9699
0,4	0,0025	4,24096	0,0008	1,0682	0,045	2,3328
0,5	0,0032	5,3012	0,0010	1,4081	0,054	2,7994
0,6	0,0038	6,36145	0,0013	1,7781	0,056	2,9031

Заключение. Применение смесевых топлив с использованием пальмового масла в дизелях с топливной аппаратурой разделенного типа не требует проведения дополнительных регулировок ТНВД с целью поддержания постоянной мощности дизеля, поскольку требуемое для этого изменение объемной цикловой подачи и активного хода плунжера при изменении доли пальмового масла в смеси до 60 % не превышает 3 %. Согласно требованиям стандартов: EN 41214, EN590, (590:2000), DIN51606., Гост Р523686 и ASTM 6751-2002, эти отклонения лежат в допустимых пределах, что позволяет использовать смесевые топлива на основе пальмового масла.

Библиографический список

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учеб. пособие [Текст]/А. А. Александров; И. А. Архаров; В. А. Марков и др. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
2. Вальехо, П.Р. Сравнительные испытания альтернативных топлив для дизельных двигателей [Текст]/ П.Р. Вальехо и др. // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». – 2014. – №6. – С. 596.
3. Ведрученко, В.Р. Влияние свойств разнородных топлив для дизелей на характеристики топливоподачи [Текст]/ В.Р. Ведрученко, В.В. Крайнов, П.В. Литвинов //Вестник СибАДИю – 2016. – Выпуск 2(48). – С. 44-49.
4. Грехов, Л.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей [Текст]: учеб. пособие / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора. – М.: Изд-во Легион - автодата, 2013. – 292 с.
5. Девянин, С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей [Текст]/ С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 340 с.
6. Лаборатория топливных систем МВТУ им. Баумана/ О программном комплексе «Впрыск» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energy.bmstu.ru/e02/inject/i03rus.htm>
7. Марков, В.А. Влияние состава смесового биотоплива на параметры процесса впрыскивания топлива в дизеле [Текст]// Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – №12. – С. 3-9.
8. Работа дизелей на нетрадиционных топливах [Текст]: учеб. пособие / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, А. В. Грехов; Н. А. Иващенко. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с.
9. M. Song et al. Comparisons of NO emissions and soot concentrations from biodiesel – fuelled diesel engine //Fuel.-2012. № 96 - С. 446 - 453.
10. Januan J, Ellis N.perspectives on biodiesel as sustainable fuel. Renew sustain Energy Rev. 2010; 14:1312-20

References

1. Al'ternativnye topliva dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Tekst]: ucheb. posobie [Tekst]/A. A. Aleksandrov; I. A. Arharov; V. A. Markov i dr. - M.: ООО NIC "Inzhener", ООО "Oniko-M", 2012. - 791 s.
2. Val'eho, P. R. Sravnitel'nye ispytaniya al'ternativnyh topliv dlya dizel'nyh dvigatelej [Tekst]/ P. R. Val'eho i dr. // Vestnik MGTU im. N. Je. Bauman. Ser. "Mashinostroenie". - 2014. - №6. - S. 596.
3. Vedruchenko, V. R. Vliyanie svojstv raznosortnyh topliv dlya dizelej na harakteristiki toplivopodachi [Tekst]/ V. R. Vedruchenko, V. V. Krajnov, P. V. Litvinov //Vestnik SibADIyu - 2016. - Vypusk 2(48). - S. 44-49.
4. Grehov, L. V. Konstrukciya, raschet i tehničeskij servis toplivopodayuschih sistem dizelej [Tekst]: ucheb. posobie / L. V. Grehov, I. I. Gabitov, A. V. Negovora. - M.: Izd-vo Legion - avtodata, 2013. - 292 s.
5. Devyanin, S. N. Rastitel'nye masla i topliva na ih osnove dlya dizel'nyh dvigatelej [Tekst]/ S. N. Devyanin, V. A. Markov, V. G. Semenov. - M.: Izdatel'skij centr FGOU VPO MGAU, 2008. - 340 s.
6. Laboratoriya toplivnyh sistem MVTU im. Bauman/ O programmnom komplekse "Vprysk" [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <http://energy.bmstu.ru/e02/inject/i03rus.htm>
7. Markov, V. A. Vliyanie sostava smesevogo biotopliva na parametry processa vpryskivaniya topliva v dizele [Tekst]// Traktory i sel'hozmashiny. - 2014. - №12. - S. 3-9.
8. Rabota dizelej na netradicionnyh toplivah [Tekst]: ucheb. posobie / V. A. Mar-kov, A. I. Gajvoronskij, A. V. Grehov; N. A. Ivashchenko. - M.: Izd-vo "Legion-Avtodata", 2008. -- 464 s.
9. M. Song et al. Comparisons of NO emissions and soot concentrations from biodiesel - fuelled diesel engine //Fuel. -- 2012. № 96 - S. 446 - 453.
10. Januan J, Ellis N.perspectives on biodiesel as sustainable fuel. Renew sustain Energy Rev. 2010; 14:1312-20

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 657.244:339.187.62

**ЛИЗИНГ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВОВ (БИОЛИЗИНГ):
КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ
И УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
LEASING OF BIOLOGICAL ASSETS (BIOLEASES):
THE CLASSIFICATION CRITERIA AND ACCOUNTING
AND ANALYTICAL SUPPORT****Е.В. Токарева, аспирант****Н.Н. Балашова, доктор экономических наук, профессор***Волгоградский государственный аграрный университет***E.V. Tokareva, N.N. Balashova***Volgograd State Agricultural University*

В статье обосновывается новый вид агролизинга на основе классификационных признаков биологических активов – лизинг биологических активов (биолизинг). Авторами предложен алгоритм организации бухгалтерского учета лизинга биологических активов (биолизинга), а также методика учетно-аналитического обеспечения лизинга биологических активов (биолизинга) в соответствии с требованиями МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases) с применением счетов российского Плана счетов бухгалтерского учета.

The article explains a new form of leasing in agriculture on the basis of the classification criteria of biological assets – leasing of biological assets (BIOLEASES). The authors proposed the algorithm of the organization of accounting of leasing biological assets (BIOLEASES), as well as the methodology of accounting and analytical support of a leasing biological assets (BIOLEASES) in accordance with the requirements of IFRS (IAS) 17 leases (Leases) using the accounts of Russian chart of accounts.

Ключевые слова: импортозамещение, инвестиционная операция, управление агропроизводством, аграрный лизинг, биологический актив, биотрансформационный процесс, лизинг биологических активов, биолизинг, лизингополучатель, лизингодатель, дебиторская задолженность.

Key words: import substitution, investment operation, managements of agroproduction, agricultural leasing, biological assets, biotransformation process, leases of biological assets, biolizing, bioleases, the lessee, the lessor, accounts receivable.

Введение. Научная новизна исследования состоит в обосновании нового вида агролизинга на основе классификационных признаков биологических активов — лизинга биологических активов (биолизинга); разработки алгоритма организации бухгалтерского учета лизинга биологических активов (биолизинга); а также методики учетно-аналитического обеспечения лизинга биологических активов (биолизинга) в соответствии с требованиями МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases).

Материалы и методы. В условиях формирования инновационной и инвестиционной политики функционирования экономики России в аграрной сфере отнесение при осуществлении лизинговых операций в агропромышленном комплексе к предмету лизинга племенных животных закреплено ст. 36 Меры государственной поддержки лизинговой деятельности (в ред. Федерального закона от 29.01.2002 № 10-ФЗ), что определило актуальность тематики исследования, изучению которой посвящены труды отечественных и зарубежных учёных Н. Г. Белова, И. Н. Богатой, В. В. Ковалева, Л. И. Хоружий, Р. Дж. Доллана, Р. Коуза, В. Хойера и других.

Обсуждение. Лизинг биологических активов (биолизинг) будет способствовать укреплению и развитию механизмов межгосударственных диалогов по вопросам продовольственной безопасности в соответствии с Концепцией внешней политики Российской Федерации.

Лизинг биологических активов (биолизинг) – это особый вид аграрного лизинга, основанный на договорных финансово-имущественных отношениях, направленных на осуществление инвестиционной операции в аграрной сфере экономики, основанной на кредите и состоящей из покупки с последующей передачей в лизинг биологических активов, развивающихся на основе биотрансформационных процессов и являющихся собственностью лизингодателя в течение всего срока договора лизинга биологических активов (биолизинга) (авторская трактовка).



Рисунок 1 – Классификация лизинга АПК (составлено авторами)

Методику организации бухгалтерского учета лизинга биологических активов (биолизинга) необходимо, на наш взгляд, разрабатывать на основе зарубежного опыта лизинга биологических активов. Использование дополнительных признаков классификации лизинга АПК позволит усовершенствовать систему управления лизингом биологических активов, вести более точный бухгалтерский учет и формировать наиболее полную и точную финансовую отчетность.

Для совершенствования методологической базы признания и отражения лизинга биологических активов в бухгалтерской (финансовой) отчетности предлагаются классификационные признаки биологических активов, право коммерческого использования которых позволяет нам признать этот актив предметом договора лизинга, а следовательно и объектом бухгалтерского учета, и расширить классификацию аграрного лизинга (рисунок 1).

Племенные животные по международным стандартам МСФО 41 «Сельское хозяйство» рассматриваются как биологические активы, обладающие биотрансформационными свойствами [2, 9]. Однако данный стандарт не может служить регламентом учета бизнес-операций лизинга биологических активов, так как не отражает специфику механизма лизинга и ориентирует нас на МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases), в котором также определены требования к предмету лизинга [8] (таблица 1).

По нашему мнению, только биологические активы, отвечающие требованиям МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases), могут быть объектом учета лизингового контракта, выделяя его в особый вид лизинга – лизинг биологических активов (биолизинг).

Таблица 1 – Сравнение основных классификационных признаков биологических активов в рамках международных стандартов

Признаки классификации биологических активов	МСФО 41 «Сельское хозяйство»	МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases)
1. Продолжительность периода использования и получения сельскохозяйственной продукции и дополнительных биологических активов	подразделяются на краткосрочные и долгосрочные	долгосрочные
2. Зрелость	зрелые и незрелые биологические активы	зрелые
3. Возможность многократного получения сельскохозяйственной продукции и дополнительных биологических активов	плодоносящие и потребляемые	плодоносящие и потребляемые
4. По величине выхода продукции	Высокопродуктивные и низкопродуктивные биологические активы	Высокопродуктивные биологические активы
5. В зависимости от целей использования	Для собственного пользования внутри организации; для промышленного производства (племенные хозяйства)	Для использования в коммерческой деятельности организации с целью получения дохода

Источник: составлено авторами по материалам исследования

На наш взгляд, алгоритм организации бухгалтерского учета бизнес-операций лизинга биологических активов (биолизинга) должен способствовать информативности лизинговой сделки.

Для управления лизингом биологических активов необходимо учетно-информационное обеспечение, позволяющее раскрыть сущность биологического актива как актива организации и, следовательно, объекта бухгалтерского учета сделки биозинга. Алгоритм организации бухгалтерского учета бизнес-операций биозинга по требованиям МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases) нам представляется следующим образом (рисунок 2).

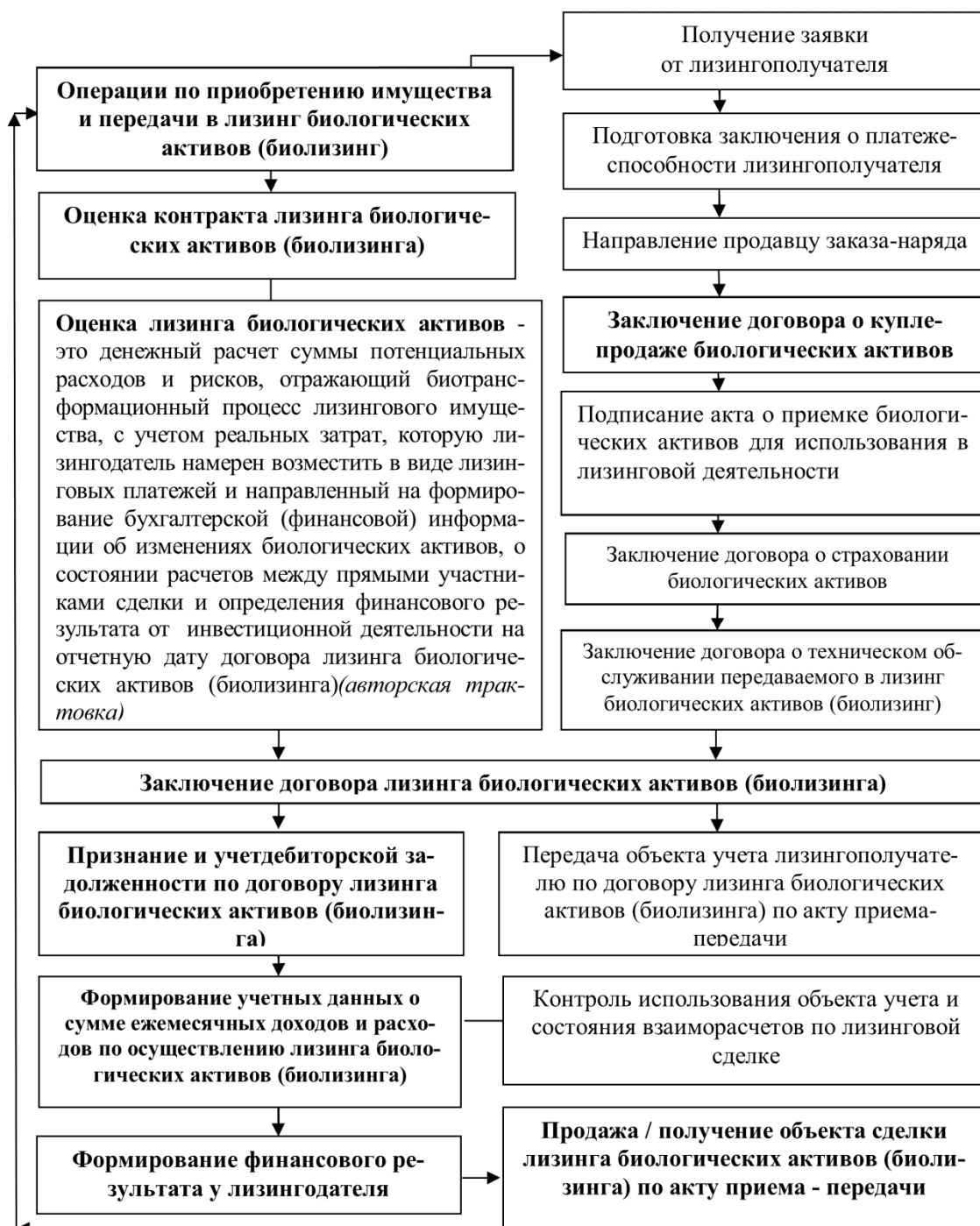


Рисунок 2 – Алгоритм организации бухгалтерского учета бизнес-операций лизинга биологических активов (биозинга) в соответствии с требованиями МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases) (разработан авторами)



Рисунок 3 – Структура синтетического и аналитического учета расчетных операций по договору лизинга биологических активов (биозининга) в соответствии с требованиями МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases) (разработан авторами)

В соответствии с действующей практикой в бухгалтерском учете лизингодателя имущество лизинга, не зависимо от классификационной принадлежности, принимается к учету на счет 03 «Вложения в материальные ценности», субсчет «Основное средство для сдачи в лизинг» [1, 6]. Однако, на наш взгляд, применение данного счета для учета технических средств и биологических активов приводит к искажению учетно-аналитической информации об объектах учета, отличных между собой в разрезе амортизационной политики и срока полезного пользования. В связи с этим, предлагаем биологические активы, предназначенные для сдачи в лизинг, в учете лизингодателя отражать на счете 06 «Биологические активы», субсчет «Предназначенные для сдачи в лизинг», открывая дополнительные субсчета по каждому виду биологических активов (например, по виду животных или растений, половозрастному признаку, породе и т. д.).

Начисление лизинговых платежей отражается признанием дебиторской задолженности на счёте 76 «Расчёты с разными дебиторами и кредиторами». Однако, использование счёта 76 «Расчёты с разными дебиторами и кредиторами», не позволяет получить своевременную и достоверную информацию по лизинговым расчетам, так как данный счет обобщает множество прочих расчетных операций с контрагентами. Аккумуляирование расчетов по лизинговым операциям предлагаем осуществлять на счете 78 «Расчеты по договору биозининга», аналитический учет которого должен производиться по всем договорам лизинга отдельно (рисунок 3). На основании этого, предлагаем, капитализацию суммы лизинговых платежей в бухгалтерском учёте лизингодателя формировать из финансовых расходов и платежа в уменьшение непоплаченного обязательства лизингополучателя. Такой учётный подход закреплён в международных стандартах финансовой отчетности (IAS) 17 «Аренда» введён в действие в РФ согласно Приложению № 9 к Приказу Министерства финансов Российской Федерации от 25.11.2011 № 160 н, в редакции Приказа Минфина России от 18.07.2012 №106н.

Таблица 2 – Корреспонденция счетов бухгалтерского учета лизинга биологических активов (биолизинга) (составлена авторами)

Период	Содержание бизнес-операции	Приобретение лизингодателем имущества у поставщика для последующей сдачи в библизинг				Рекомендованная методика бухгалтерского учета		Сумма, тыс. руб.
		Применяемая отечественная практика бухгалтерского учета		Дебет		Кредит		
		Дебет	Кредит	имущество принимается на баланс лизингодателя				
1	Отражены затраты по приобретению биологических активов по договору поставки, предназначенные для передачи в лизинг	Счет 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет «Биоактивы, приобретенные для сдачи в лизинг»	Счет 60 «Расчеты с поставщиками и заказчиками»	Счет 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет «Биоактивы, приобретенные для сдачи в лизинг»	Счет 60 «Расчеты с поставщиками и заказчиками»	Счет 60 «Расчеты с поставщиками и заказчиками»	24 524	
2	Приняты к учету биологические активы, предназначенные для передачи в лизинг	Счет 03 «Вложения в материальные ценности», субсчет «Основное средство для сдачи в лизинг»	Счет 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет «Биоактивы, приобретенные для сдачи в лизинг»	Счет 06 «Биологические активы», субсчет «Биологические активы, предназначенные для сдачи в лизинг»	Счет 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет «Биоактивы, приобретенные для сдачи в лизинг»	Счет 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет «Биоактивы, приобретенные для сдачи в лизинг»	24 524	
3	Начисление лизингодателем лизинговых платежей по договору библизинга	Счёт 76 «Расчёты с разными дебиторами и кредиторами»	Счет 03 «Вложения в материальные ценности», субсчет «Основное средство для сдачи в лизинг»	Счёт 78 «Расчеты по договору библизинга» субсчет «в части возмещения основных инвестиционных затрат»	Счет 06 «Биологические активы», субсчет «Биологические активы, предназначенные для сдачи в лизинг»	Счёт 78 «Расчеты по договору библизинга» субсчет «в части налоговых обязательств»	4576	
4	Получен на расчетный счет в банке платеж по договору библизинга			Счёт 78 «Расчеты по договору библизинга» субсчет «в части лизинговой маржи»	Счет 98 «Доходы будущих периодов»	Счет 98 «Доходы будущих периодов»	900	
4	Получен на расчетный счет в банке платеж по договору библизинга			Счет 51 «Расчетные счета»	Счёт 78 «Расчеты по договору библизинга»	Счёт 78 «Расчеты по договору библизинга»	30 000	
имущество принимается на баланс лизингополучателя по договору библизинга								
1	Принят к учёту биологический актив по договору библизинга	Счет 001 «Арендованные основные средства», субсчет «биологические активы, полученные по договору лизинга»	Счет 001 «Арендованные основные средства», субсчет «биологические активы, полученные по договору лизинга»	Счет 001 «Арендованные основные средства», субсчет «биологические активы, полученные по договору лизинга»	Счет 001 «Арендованные основные средства», субсчет «биологические активы, полученные по договору лизинга»	Счет 001 «Арендованные основные средства», субсчет «биологические активы, полученные по договору лизинга»	30 000	
	Начисление лизингополучателем лизинговых платежей по договору библизинга	Счет 20 «Основные средства»	Счёт 76 «Расчёты с разными дебиторами и кредиторами»	Счет 20 «Основные средства»	Счет 20 «Основные средства»	Счёт 78 «Расчеты по договору библизинга»	30 000	

С нашей точки зрения, в методических рекомендациях для устранения неопределенности в учёте и отчётности лизингодателя и лизингополучателя следует отражать рекомендации по учёту обязательств и выплат платежей в единой методике, что отвечает международной практике учёта лизинговых операций.

Для повышения информативности расчетов по сделке библизинга рекомендуем величину лизингового платежа детализировать на суммы основного долга, налога НДС и лизингового дохода лизингодателя (маржи), что будет отвечать отечественным требованиям бухгалтерского и налогового законодательства [7](таблица 2).

Таким образом, внедрение международных стандартов учета следует проводить путем формирования принципов оценки, учета и отчетности лизинга биологических активов и закрепление их в нормативно-правовых актах [10, 4, 3]:

- внесение изменений в понятийный аппарат: *биологический актив, библизинг, оценка лизинга биологических активов (библизинга)*;
- выбор способа оценки лизинга биологических активов (библизинга): *справедливая и дисконтированная стоимость*;
- формирование документального обеспечения сделки лизинга биологических активов (библизинга): *первичной документации, регистров аналитического и синтетического учета*.

Заключение. Применение предложенной методики бухгалтерского учета операций лизинга биологических активов поможет лизингодателю формировать правдивую учетно-аналитическую информацию о состоянии взаиморасчетов с лизингополучателем по обязательствам лизинга в части возмещения основных инвестиционных затрат, налоговых обязательств и дохода (лизинговой маржи), полученного от лизинговой деятельности, что позволит вычленить инвестиционную составляющую лизингодателя и обеспечит достоверность и информативность его отчетности.

Результаты должной организации бухгалтерского учета бизнес-операций лизинга биологических активов повлияют на уровень управления лизинговыми компаниями, что позволит повысить эффективность ведения лизинговых сделок и использования механизма лизинга биологических активов (библизинга) в целом для обеспечения продовольственной безопасности государства.

Библиографический список

1. Балашова, Н.Н. Определение объекта бухгалтерского учета лизинга биологических активов (библизинга) в условиях внедрения МСФО (IAS) 17 Аренда (Leases) [Текст]/ Н.Н. Балашова, Е.В. Токарева // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2017. – № 1 (38). – С. 187-192.
2. Глуценко, А.В. Организация и методика раздельного учета НДС при осуществлении экспортных операций [Текст]/ А.В. Глуценко, А.А. Дулепова // Вестник государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2014. – №1. – С. 77-86.
3. Малые формы хозяйствования аграрного сектора экономики волгоградской области: диагностика состояния и приоритеты развития [Текст]: коллективная монография / Н.Н. Скитер, Л.В. Попова, О.А. Донскова, А.А. Карпова, М.С. Лата, Т.И. Мазаева, Л.А. Мелихова, Н.С. ПANOVA, И.А. Пономарченко, Е.Е. Смотров, С.Ю. Шалдохина / Под общей редакцией Н.Н. Скитер. – Волгоград, 2016.
4. Организация финансовых потоков агрохолдинга [Текст]/ Л.В. Попова, Г.А. Татаркина, Д.О. Забазнова, Д.Н. Попов // Региональная экономика. Юг России. – 2015. – № 3(9). – С. 70-78.
5. Токарева, Е.В. Бухгалтерский учет лизинга племенных животных: актуальные проблемы и пути их решения [Текст] / Е.В. Токарева // Научное обозрение: теория и практика. – 2016. – №6. – С. 83-92.

6. Токарева, Е. В. Сравнительная оценка контрактных отношений федерального и коммерческого лизинга [Текст] /Е.В. Токарева // Известия Нижневолжского аграрного университета: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 4 (36). – С. 273-277.

7. Шалдохина, С.Ю. Формирование финансового механизма лизинговой деятельности [Текст]/ С.Ю. Шалдохина // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 10 (51). – С. 936-938.

8. Хоружий, Л. И. Адаптация МСФО 41 «Сельское хозяйство» в целях применения в учетной практике [Текст]/ Л. И. Хоружий, А. Е. Выручаева // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2014. – № 3. – С. 8-18.

9. Ягупова, Е.В. Биологические активы овцеводства и особенности их учета (статья) [Текст]/ Е.В. Ягупова, Е.В. Голубева // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, 2016. – С. 335-340.

10. Balashova, N.N. Organizational and methodological approaches to development of accounting policy for formation of integrated accounting of interrelated agricultural companies / N.N., Balashova, V.A. Melikhov, M.A. Ovchinnikov, E.M. Egorova, E.V. Tokareva // European Research Studies Journal. -2016. -T. 19. -№ 2 Special Issue. - С. 153-160.

Reference

1. Balashova, N. N. Opredelenie ob'ekta buhgalterskogo ucheta lizinga biologicheskikh aktivov (biolizinga) v usloviyakh vnedreniya MSFO (IAS) 17 Arenda (Leases) [Tekst]/ N. N. Balashova, E. V. Tokareva // Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa. - 2017. - № 1 (38). - S. 187-192.

2. Gluschenko, A. V. Organizatsiya i metodika razdel'nogo ucheta NDS pri osuschestvlenii jeksportnykh operatsiy [Tekst]/ A. V. Gluschenko, A. A. Dulepova // Vestnik gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: jekonomika. jekologiya. - 2014. - №1. - S. 77-86.

3. Malye formy hozyajstvovaniya agrarnogo sektora jekonomiki volgogradskoj oblasti: diagnostika sostoyaniya i priority razvitiya [Tekst]: kollektivnaya monografiya /N. N. Skiter, L. V. Popova, O. A. Donskova, A. A. Karpova, M. S. Lata, T. I. Mazaeva, L. A. Melihova, N. S. Panova, I. A. Ponomarchenko, E. E. Smotrova, S. Yu. Shaldohina / Pod obschej redakciej N. N. Skiter. - Volgograd, 2016.

4. Organizatsiya finansovykh potokov agroholdinga [Tekst]/ L.V. Popova, G.A. Tatarkina, D.O. Zabaznova, D.N. Popov // Regional'naya jekonomika. Yug Rossii. - 2015. - № 3(9). - S. 70-78.

5. Tokareva, E. V. Buhgalterskij uchets lizinga plemennykh zhivotnykh: aktual'nye problemy i puti ih resheniya [Tekst] /E. V. Tokareva // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. - 2016. - №6. - S. 83-92.

6. Tokareva, E. V. Sravnitel'naya ocenka kontraktnykh otnoshenij federal'nogo i kommercheskogo lizinga [Tekst] /E. V. Tokareva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrarnogo universitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2015. - № 4 (36). - S. 273-277.

7. Shaldohina, S. Yu. Formirovanie finansovogo mehanizma lizingovoy deyatel'nosti [Tekst]/ S. Yu. Shaldohina // Jekonomika i predprinimatel'stvo. - 2014. - № 10 (51). - S. 936-938.

8. Horuzhij, L. I. Adaptatsiya MSFO 41 "Sel'skoe hozyajstvo" v celyakh primeneniya v uchetnoy praktike [Tekst]/ L. I. Horuzhij, A. E. Vyruchaeva // Buhuchet v sel'skom hozyajstve. - 2014. - № 3. - S. 8-18.

9. Yagupova, E. V. Biologicheskie aktivy ovcevodstva i osobennosti ih ucheta (stat'ya) [Tekst]/ E. V. Yagupova, E. V. Golubeva // Strategicheskie orientiry innovacionnogo razvitiya APK v sovremennykh jekonomicheskikh usloviyakh: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 2016. - S. 335-340.

10. Balashova, N.N. Organizational and methodological approaches to development of accounting policy for formation of integrated accounting of interrelated agricultural companies / N.N. Balashova, V.A. Melikhov, M.A. Ovchinnikov, E.M. Egorova, E.V. Tokareva // European Research Studies Journal. -2016. -T. 19. -№ 2 Special Issue. - S. 153-160.

E-mail: ip.elena.tokareva@yandex.ru

УДК 657:363.32/.38

**ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО
ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В ОВЦЕВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ**
**THE FORMATION OF THE SYSTEM OF ACCOUNTING AND ANALYTICAL
DOCUMENTATION IN OWSIACKI FARMS**

Е.В. Ягупова, кандидат экономических наук
Н.В. Чернованова, кандидат экономических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет

E.V. Yagupova, N.V. Chernovanova

Volgograd State Agrarian University

В статье рассмотрено формирование системы учетно-аналитического документирования в овцеводческих хозяйствах. В целях улучшения экономической эффективности отрасли животноводства возрастает необходимость освоения сельскохозяйственными товаропроизводителями современных методов и средств управления, составной частью которых является развитие учетно-аналитического обеспечения процессами производства. В управлении затратами управленческий учет играет важную роль. В системе такого учета формируется информация, на базе которой руководители бизнес-структур АПК принимают решения, в первую очередь, в области ожидаемых экономических результатов деятельности организации. Важным условием правильной организации производства продукции является хорошо организованный учет. В этой связи для снижения трудоемкости счетной работы и ускорения обработки первичных документов сельскохозяйственным предприятиям необходимо разработать мероприятия по совершенствованию информационной емкости регистров по учету затрат и выходу продукции. В целях улучшения экономической эффективности отрасли овцеводства необходимо совершенствование локальной документации с позиции бухгалтерского управленческого учета. Важным условием решения поставленных задач, которые направлены на совершенствование учетно-аналитического сопровождения, является научное обоснование состава затрат, которое должно отражать все технологические особенности производства продукции и выращивания племенных животных.

The article considers the formation of a system of accounting and analytical documentation in sheep farms. With a view to improving the economic efficiency of the livestock sector, there is a growing need for the agricultural producers to master modern management methods and tools, an integral part of which is the development of accounting and analytical support for production processes. In management of costs, management accounting plays an important role. In the system of such accounting information is formed on the basis of which the leaders of the business structures of the agro-industrial complex make decisions, primarily in the field of expected economic results of the organization. An important condition for the proper organization of production is a well-organized account. In this regard, in order to reduce the labor intensity of computing operations and accelerate the processing of primary documents, agricultural enterprises need to develop measures to improve the information capacity of the registers on cost accounting and output. In order to improve the economic efficiency of the sheep industry, it is necessary to improve local documentation from the position of accounting management accounting. An important prerequisite for solving the tasks that are aimed at improving the accounting and analytical support is the scientific justification of the composition of costs, which should reflect all technological features of production and breeding of breeding animals.

Ключевые слова: *производственный учет, управленческий учет, учет затрат, овцеводство, учетное обеспечение.*

Key words: *production accounting, managerial accounting, cost accounting, sheep breeding, accounting providing.*

Введение. Актуальность вопроса совершенствования организации учета затрат состоит в том, что его информацию используют в целях формирования финансовой и управленческой отчетности, осуществления анализа и контроля финансово-хозяйственной деятельности экономических субъектов АПК. Современная система управленческого учета должна обеспечить учетно-аналитическое содействие выполнению основных управленческих функций в структурах АПК: контролю, регулированию, планированию, анализу, бюджетированию, управлению для разработки и принятия экономически обоснованных управленческих решений. В настоящее время в учетной практике сельскохозяйственных товаропроизводителей все большее внимание уделяется качеству и информационной емкости учетной информации, а также определяются новые требования к повышению эффективности управления производством.

Материалы и методы. Одной из главных отраслей аграрного производства является животноводство, в котором можно выделить основные биотехнологические стадии процесса выращивания животных, которое осуществляется по группам животных, а внутри групп по определенным видам получаемой продукции. Поэтому, в учетно-аналитическом процессе все затраты на производство того или иного биоактива группируются по отраслям, а внутри каждой отрасли по видам или даже по технологическим группам выращиваемых животных. Биотрансформационный процесс производства в животноводческой отрасли характеризуется однообразием выполняемых операций, таких как уход за животными и их кормление, а также производство продукции. В воспроизводственно-функциональной структуре АПК все производственно-технологические операции, не разделяют строго по времени, а протекают они непрерывно. Следовательно, в учете нет разделения затрат по данному признаку.



Рисунок 1 – Биотехнологические особенности отрасли овцеводства, влияющие на организацию учетно-аналитического комплекса [1]

В условиях санкционной политики проблема интенсификации производства продукции овцеводства на основе внедрения инновационных технологий учета, является актуальной. Овцеводство является источником таких ценных видов биопroduкции, как шерсть, овчина, а также ценных пищевых продуктов - баранины и молока. Вопрос

управления затратами в овцеводстве актуален потому, что достижение устойчивого преимущества над конкурентами сегодня возможно только при наличии более низкой, по сравнению с другими производителями, себестоимости произведенной продукции. Овцеводство как важнейшая подотрасль сельского хозяйства имеет определенные биотехнологические особенности, которые нашли свое отражение и в учетно-аналитическом сопровождении (рисунок 1).

Результаты. В аграрных предприятиях в зависимости от видов получаемой продукции или выращиваемых животных выделяют несколько самостоятельных отраслей, которые включают более конкретизированные производства со специализацией на отдельных продуктах: овцеводство мясо-шерстного направления и выращиванием животных на мясо. Поэтому затраты овцеводства в бизнес-структурах АПК необходимо разделять, в первую очередь, по видам производств и по отраслям, т.е. по специализациям, что в свою очередь должно отражаться в организации учетно-аналитического сопровождения. На рисунке 2 представлены основные задачи учета затрат в овцеводстве.

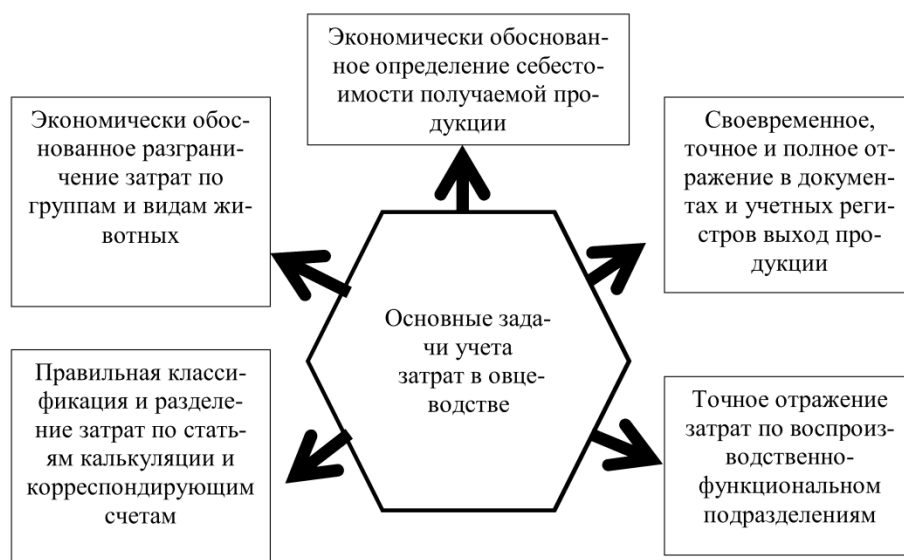


Рисунок 2 – Основные задачи учета затрат в овцеводстве

Учет затрат в овцеводстве обеспечивает разграничение затрат по видам затрат и по хозяйственным подразделениям, по основным видам производств и группам животных (рисунок 3).

Вся учетная система в овцеводстве базируется на данных первичных документов, которые отражают использование средств и предметов труда, затрат живого труда, а также поступление продуктов труда.

Важным требованием, предъявляемым к первичному учету производственных затрат в овцеводстве, является полное отражение всех учетно-хозяйственных фактов в системе первичной учетной документации. Учет производственных затрат на продукции овцеводства с точки зрения первичного учета является сегментом, в котором аккумулируются данные наибольшего количества учетных документов по всем направлениям производства. В общем первичный учет затрат и выхода продукции овцеводства должен обеспечивать текущий контроль выполнения плана по производству шерсти, мяса, увеличению взрослого поголовья овец и баранов, а также выращиванию поголовья молодняка, своевременный контроль за рациональным использованием средств оплаты труда, материальных затрат, а также контроль за своевременным и полным оприходованием полученной продукции.

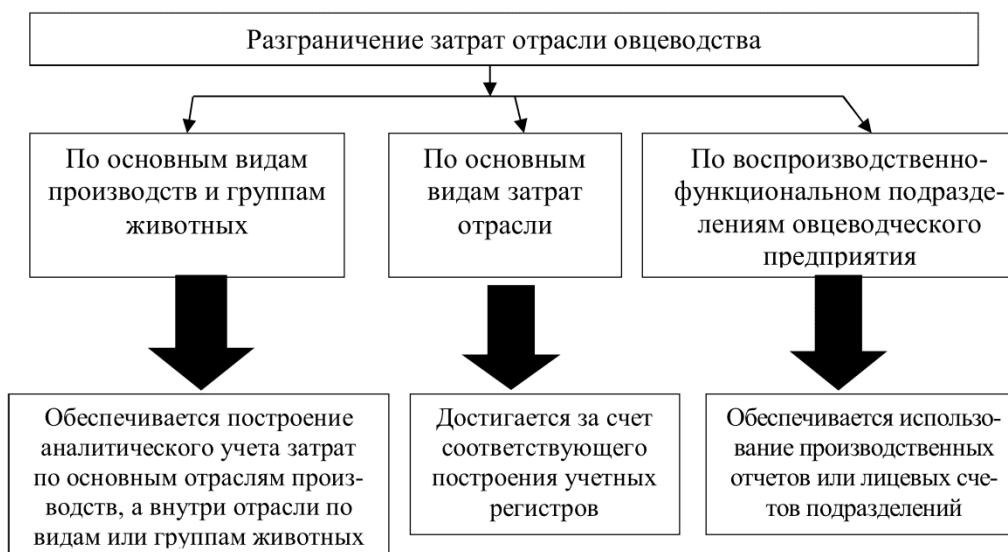


Рисунок 3 – Механизм учета и распределения затрат отрасли овцеводства

Обсуждение. Поскольку любое правильное управленческое решение основывается на своевременной, достоверной и полной информационной емкости учетных локальных актов, важная роль в системе информационно-аналитического обеспечения принадлежит правильному документальному оформлению всех совершенных хозяйственных процессов. Ведь первичный и сводный учетный документ, представляющий собой важный носитель информации о совершенных фактах хозяйственной деятельности, а также выполняет многоцелевую функцию: контрольно-аналитическую, юридическую, экономическую и управленческую, что является свидетельством заверченных хозяйственных операций и производственных процессов.

Поэтому, учет затрат в овцеводстве должен быть организован согласно технологическим и производственным особенностями отрасли овцеводства, то есть на каждой технологической стадии выращивания молодняка племенных овец имеются свои особенности.

В аграрных предприятиях сложилась необходимость корректировки первичной и сводной учетной документации, потому как значительное количество документов используется без поправок уже длительное время, что не отражает специфики отрасли и ее технологических особенностей.

В целях повышения качества контроля, планирования и принятия управленческих решений предприятиям необходимо совершенствовать учет затрат на производство и калькулирование себестоимости продукции овцеводства, а также специфические формы документов. Учет затрат в разрезе центров ответственности, таких как производственные подразделения, должен стать средством повышения оперативности информации как первичного, так и сводного управленческого учета для управления производством иначе применение данной постановки учета просто не имеет смысла. Достичь этого можно, только усовершенствовав формы учетной документации и регистров сводного учета. Предлагаем усовершенствованную форму сводного производственного отчета биотехнологического центра ответственности. Данные отчеты составляются по фактически произведенным затратам с учетом индивидуальной номенклатуры статей, которая должна разрабатываться экономической службой совместно с бухгалтерией. В таблице 1 представлена форма производственного отчета (лицевого счета) овцеводства с уточненной номенклатурой статей, которая может быть скорректирована самой организацией.

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕТаблица 1 – Фрагмент производственного отчета (лицевого счета) овцеводства
1. Затраты на производство продукции овцеводства

номер строки	Технологические и нетехнологические затраты									
	овцематки									
	бюджет					факт				
	с начало года до отчет. месяца	за месяц	с начало года до отчет. месяца	за месяц	с начало года до отчет. месяца	за месяц	с начало года до отчет. месяца	за месяц	отклонения до отчет. месяца	за месяц
1	1	2	3	4	5	6				
2	35158	2947	36132	3096	978	149				
3	547002	89455	573010	97542	26008	8087				
4	10393	1699	11567	1981	1174	282				
5	30084	4920	31456	5123	61540	203				
6	12581	2057	12981	2143	400	86				
7	8901	786	9812	897	911	111				
8	30541	2567	30541	2567	0	0				
9	639502	104431	705508	113349	66006	8918				
10	6365	471	6387	469	22	3				
11	1906832	141524	1906854	141534	32	10				
12	2865	78	2865	78	0	0				
13	859761	23491	859761	23491	0	0				
14	3457	678	4313	746	856	68				
15	5463	675	5641	689	178	14				
16	8920	1353	9954	1435	1034	82				
17	4040	325	4530	342	490	17				
18	10126	3029	11237	3451	1111	422				
19	113	65	117	67	4	2				
20	14279	3419	15884	3860	1605	451				
21	54605	6932	57321	7001	2716	69				
22	33413	3004	34231	3121	818	117				
23	54022	5250	55467	5341	1445	91				
24	162783	28870	162783	28870	0	0				
25	112144	14317	112144	14317	0	0				
26	1027144	280034	1027144	280034	0	0				
27	2160	245	162783	28870	0	0				
28	1302071	323466	1454854	352091	0	0				
29	1964772	432669	2186200	470735	73624	820				

В предложенном документе приводится уточненная номенклатура статей с учетом специфики овцеводства. Данная форма документа составляется за отчетный период руководителем подразделения и передается в отдел бухгалтерии предприятия. В предлагаемом производственном отчете отражаются плановые (бюджетные) показатели, а также отклонения от них, поэтому эти показатели рекомендуется проставлять заранее, до формирования фактических данных. После внесения фактических данных руководителем структурного подразделения определяется отклонение полученных значений от заданных параметров, таким образом, данный документ является регистром управленческого учета, что в очередной раз доказывает, что это форма необходима при принятии правильных управленческих решений.

Развернутый производственный отчет является основной формой для контроля и анализа плановых заданий воспроизводственно-функционального подразделения на каждом технологическом цикле производственного процесса.

Заключение. Важным условием решения поставленных задач, которые направлены на совершенствование учетно-аналитического сопровождения, является научное обоснование состава затрат, которое должно отражать все технологические особенности производства продукции и выращивания племенных животных.

В целях повышения учетно-аналитической информативности данных о структуре и составе затрат в отчетные формы, которые будут представлены руководителям отделов и подразделений, рекомендуем включать плановые показатели развития отрасли, это даст возможность сопоставлять фактические затраты с планируемыми, а впоследствии по отклонениям принимать правильные и своевременные управленческие решения[1].

Библиографический список

1. Балашова, Н.Н., Синхронизация системы финансовой и управленческой отчетности агрохолдинга на основе интеграции оперативных сегментных статей [Текст]/Н.Н. Балашова, Е.Ф. Перепёлкина, В.А. Мелихов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2015. – № 2. – С. 107-118.
2. Горбачева, А.С. Контроллинг производственного менеджмента в овцеводстве [Текст] /А.С. Горбачева, З.Н. Мартынюк // Стратегическое развитие АПК и сельских территорий РФ в современных международных условиях: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – С. 299-303.
3. Горбачева, А.С. Формирование релевантной информационной поддержки производственного менеджмента в овцеводстве [Текст] /А.С. Горбачева, Т.А. Чекрыгина, Е.В. Голубева // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2014. – № 2. – С. 23-26.
4. Донскова, О.А. Экономические проблемы и перспективы развития овцеводства волгоградского региона [Текст] /О.А. Донскова, Е.В. Голубева // Проблемы агропромышленного комплекса стран евразийского экономического союза: материалы I Международной научно-практической конференции, 2015. – С. 48-51.
5. Каржова, И.С. Повышение эффективности овцеводства в регионе [Текст] /И.С. Каржова, Т.А. Дугина // Наука и молодёжь: новые идеи и решения материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. – Волгоград, 2016. – С. 144-146.
6. Мелихова, Л.А. Проблема снижения аналитической ценности бухгалтерской (финансовой) отчетности сельскохозяйственных предприятий [Текст] /Л.А. Мелихова //Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию победы в Сталинградской битве. – Волгоград, 2013. – С. 70-73.

7. Попова, Л.В., Анализ транзакционных издержек на сельскохозяйственных предприятиях [Текст] /Л.В. Попова, Е.В. Вобленко // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 1 (54). – С. 738-741.

8. Токарева, Е.В. Бухгалтерский учет лизинга племенных животных: актуальные проблемы и пути их решения [Текст] /Е.В. Токарева // Научное обозрение: теория и практика. – 2016. – № 6. – С. 83-92.

9. Юсуфов, А.М. Обеспечение системного подхода к классификации затрат в сельскохозяйственных организациях [Текст] /А.М. Юсуфов, З.А. Оруджева // Актуальные вопросы АПК в современных условиях развития страны сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2016. – С. 426-433.

10. Popova L.V. Analysis and prospects of development of small business sector in agrarian sphere of economy of the Volgograd region / L.V. Popova, N.N. Skiter, D.A. Korobeinikov, O.A. Donskova, A.S. Bogdanov // Международные научные исследования. – 2015. – № 1-2 (22-23). – С. 30-34.

Reference

1. Balashova, N. N. Sinhronizaciya sistemy finansovoj i upravlencheskoj otchet-nosti agroholdinga na osnove integracii operativnyh segmentnyh statej [Tekst]/N. N. Balashova, E. F. Perepjolkina, V. A. Melihov // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Seriya: jekonomika. - 2015. - № 2. - S. 107-118.

2. Gorbacheva, A. S. Kontrolling proizvodstvennogo menedzhmenta v ovcevodstve [Tekst] /A. S. Gorbacheva, Z. N. Martynyuk // Strategicheskoe razvitie APK i sel'skih territorij RF v sovremennyh mezhdunarodnyh usloviyah: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvyaschjionnoj 70-letiyu Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941-1945 gg. - Volgograd: Volgogradskij GAU, 2015. - S. 299-303.

3. Gorbacheva, A. S. Formirovanie relevantnoj informacionnoj podderzhki proizvodstvennogo menedzhmenta v ovcevodstve [Tekst] /A. S. Gorbacheva, T. A. Chekrygina, E. V. Golubeva // jekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. - 2014. - № 2. - S. 23-26.

4. Donskova, O. A. Jekonomicheskie problemy i perspektivy razvitiya ovcevodstva volgogradskogo regiona [Tekst] /O. A. Donskova, E. V. Golubeva // Problemy agropromyshlennogo kompleksa stran evrazijskogo jekonomičeskogo soyuza: materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, 2015. - S. 48-51.

5. Karzhova, I. S. Povyschenie jeffektivnosti ovcevodstva v regione [Tekst] /I. S. Karzhova, T. A. Dugina // Nauka i molodjozh': novye idei i resheniya materialy X mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii molodyh issledovatelej. - Volgograd, 2016. - S. 144-146.

6. Melihova, L. A. Problema snizheniya analiticheskoy cennosti buhgalterskoj (finansovoj) otchetnosti sel'skohozyajstvennyh predpriyatij [Tekst] /L. A. Melihova //Integraciya nauki i proizvodstva - strategiya ustojchivogo razvitiya APK Rossii v VTO: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, posvyaschennoj 70-letiyu pobedy v Stalingradskoj bitve. - Volgograd, 2013. - S. 70-73.

7. Popova, L. V., Analiz transakcionnyh izderzhhek na sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah [Tekst] /L. V. Popova, E. V. Voblenko // Jekonomika i predprinimatel'stvo. - 2015. - № 1 (54). - S. 738-741.

8. Tokareva, E. V. Buhgalterskij uchet lizinga plemennyh zhivotnyh: aktual'nye problemy i puti ih resheniya [Tekst] /E. V. Tokareva // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. - 2016. - № 6. - S. 83-92.

9. Yusufov, A. M. Obespechenie sistemnogo podhoda k klassifikacii zatrat v sel'skohozyajstvennyh organizacijah [Tekst] /A. M. Yusufov, Z. A. Orudzheva // Aktual'nye voprosy APK v sovremennyh usloviyah razvitiya strany sbornik nauchnyh trudov Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, 2016. - S. 426-433.

10. Popova L.V. Analysis and prospects of development of small business sector in agrarian sphere of economy of the Volgograd region / L.V. Popova, N.N. Skiter, D.A. Korobeinikov, O.A. Donskova, A.S. Bogdanov // Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya. - 2015. - № 1-2 (22-23). - S. 30-34.

E-mail: Ch25nv@mail.ru; yev26@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

Овчинников А.С., Дусарь С.А., Бородычев В.В., Мартынова А.А. Условия эффективного применения спринклерных систем для орошения столовой моркови Ovchinnikov A.S., Dugar' S.A., Borodychev V.V., Martynova A.A. Conditions of effective use of sprinkler systems for irrigation of carrot	9
Бородычев В.В., Лытов М.Н. Современные алгоритмы создания интенсивного кормопроизводства в условиях орошения Borodychev V.V., Lytov M.N. Modern algorithms create intensive fodder production under irrigated condition	20
Дубенок Н.Н., Болотин Д.А., Болотин А.Г. Продуктивность различных сортов картофеля при капельном орошении в Нижнем Поволжье Dubenok N.N., Bolotin D.A., Bolotin A.G. Productivity of different varieties of potatoes during drip irrigation in the lower Volga region	28
Кулик К.Н., Рулев А.С., Сажин А.Н. Методы исследований глобального переноса минерального вещества Kulik K.N., Rulev A.S., Sazhin A.N. Methods of research global transport mineral substance.....	37
Зволинский В.П., Булахтина Г.К., Кудряшова Н.И. Технологические приемы по созданию высокопродуктивных пастбищных угодий аридной зоны северного Прикаспия Zvolinsky V.P., Bulahtina G.K., Kudryashova N.I. Processing methods on creation of highly rangelands In arid zone Northern Caspian	44
Кружилин И.П., Ганиев М.А., Родин К.А., Невежина А.Б. Влияние предшественников на водно-физические свойства светло-каштановой почвы и урожайность риса при капельном орошении Kruzhilin I.P., Ganiev M.A., Rodin K.A., Nevezhina A.B. Influence of predecessors on water-physical properties of light-chestnut soil and rice efficiency in drop irrigation	49
Кулик К.Н., Рулев А.С., Ткаченко Н.А. Изменения климата и агролесомелиорация Kulik K.N., Rulev A.S., Tkachenko N.A. The changing climate and agroforest amelioration	58
Барабанов А.Т., Кулик А.В. Научное обоснование инновационного проекта агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства балочных водосборов Barabanov A.T., Kulik A.V. Scientific basing of the innovative project for agroforest meliorative adaptive-landscape arrangement of ravine drainage area	67
Ахмедов А.Д., Гахраманова Г.Е. Биоэкологические особенности <i>Anisoplia austriaca</i> (Herbst, 1783) (Scarabaeidae) в Азербайджане Akhmedov A.D., Gakhramanova G.E. Bioecological features <i>Anisoplia austriaca</i> (Herbst, 1783) (Scarabaeidae) in Azerbaijan.....	73
Зеленев А.В., Неймышева А.Н., Смутнев П.А. Достижения селекции проса в сухостепной зоне Нижнего Поволжья Zelenev A.V., Neymysheva A.N., Smutnev P.A. Achievements selection millet in the dry steppe zone of the Lower Volga region.....	79

Барабанов А.Т., Кулик А.В. Роль стокорегулирующих лесополос в регулировании снегоотложения и промерзания почв в европейской части РФ Barabanov A.T., Kulik A.V. Effect of the runoff-regulation forest belts in regulation of snow-deposit and frost penetration in soils in european part of Russian federation....	85
Ивонин В.М. Теоретическое обоснование системы охраняемых природных территорий России Ivonin V. M. Theoretical substantiation of the system of protected natural territories of Russia.....	90
Манаенков А.С., Сурхаев Г.А., Сурхаев И.Г. Актуальные задачи лесной мелиорации в Терско-Кумском междуречье Manayenkov A.S., Surkhayev I.G., Surkhayev G.A. Actual problems of forest reclamation in the Terek-Kuma interfluve.....	97
Тютюма Н.В., Меншутина Т.В., Иваненко Е.Н., Попова Л.В. Урожайность, устойчивость продуктивности и периодичность плодоношения сорто-подвойных комбинаций яблони в условиях Северного Прикаспия Tutuma N.V., Menshutina T.V., Ivanenko E.N., Popova L.V. Crop productivity, sustainability and fertility of fruit filling of variety-rootstock apple-trees combinations in conditions of Northern Caspians.....	104
Плескачев Ю.Н., Сарычев А.Н. Влагообеспеченность и продуктивность озимой пшеницы при различных технологиях возделывания в зоне влияния лесной полосы Pleskachev Yu. N., Sarychev A.N. Water safety and productivity of winter wheat in various cultivation technologies in the forest band affection zone.....	111
Петров Н.Ю., Калмыкова Е.В., Убушаева С.В., Батыров В.А. Влияние агротехнических приемов на рост, развитие и продуктивность томата в условиях Нижнего Поволжья Petrov N.Y., Kalmykova E.V., Ubushaeva S.V., Batyrov V.A. Influence of agrotechnic means on growth, development and productivity of tomato under the conditions of the Lower Volga region.....	118
Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Влияние стимуляторов роста на продуктивность тыквы в условиях светло-каштановых почв Северо-Западного Прикаспия Tutuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. The effect of stimulants on productivity of pumpkin in the conditions of light-chestnut soils the North-Western Caspian.....	125
Бондаренко А.Н. Результаты экономической эффективности возделывания сои с применением ростостимулирующих препаратов в условиях орошения Северо-Западного Прикаспия Bondarenko A.N. Results of economic efficiency of soybean cultivation with the use of growth promoting drugs in the irrigation of the North-Western Caspian.....	129
Тубалов А.А. Картографирование современной пространственной структуры агроландшафтов Tubalov A.A. Mapping the contemporary spatial structure of agricultural landscapes...	136
Шишова Е.А. Качество зеленой массы суданской травы Shishova E.A. Quality of the green mass of the sudan herbs.....	145

Кременской В.И., Иванютин Н.М. Технология внутрипочвенного и капельного полива с разными объемами локального увлажнения плодового яблоневого сада Kremenskoy V.I., Ivanutin N.M. Technology subsurface and drip irrigation with different volumes of local moisturizing fruit apple orchard.....	151
Филатов А.С., Мельников А.Г., Чамурлиев Н.Г., Эзергайл К.В. Мясная продуктивность и пищевая ценность мяса баранчиков грозненской породы и ее помесей с калмыцкой Filatov A.S., Melnikov A.G., Chamurliiev N.G., Ezerghail K.V. Meat production and nutritional value of meat of rams of groznensky breed and its hybrids with kalmyk.....	159
Колесников П.В. Патоморфологические изменения при сердечной недостаточности на фоне чумы собак Kolesnikov P.V. Pathomorphological changes of by-heart insufficiency in the case of plague in dogs.....	164
Мельник И.В., Васильева Е.Г., Батаева Н.В. Анализ эффектов влияния электромагнитных полей (ЭМП) на водные организмы с позиции современных концепций действия фактора Melnik I.V., Vasileva E.G., Butaeva N.B. Analysis of the effect of electromagnetic fields (emf) on aquatic life from the perspective of modern conceptions of action factor	169
Поддубная И.В. Исследование влияния органического йода на продуктивность молоди радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum) Poddubnaya I.V. Study of the influence of organic iodine on the productivity of young rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum).....	175
Ву Т.Т., Мгебришвили И.В., Храмова В.Н., Животова Т.Ю. Разработка технологии производства йогуртов с использованием японского чая матча Vu T.T., Mgebrishvili I.V., Hramova V.N., Zhivotova T.S. Elaboration production technology of yogurt using japanese matcha tea.....	181
Юшкин Д.С., Кулик Д.К., Варакин А.Т., Харламова Е.А. Повышение воспроизводительных качеств хряков-производителей при использовании в рационах кормовых добавок Yushkin D.S., Kulik D.K., Varakin A.T., Kharlamova E.A. Increase of reproductive quality of boars-producers at use in animal feeds.....	187

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCES

Бородычев В.В., Лытов М.Н. Пространственная организация функциональных модулей рассредоточенной информационной системы мониторинга и управления орошением Borodychiev V.V., Lytov M.N. The spatial organization of the functional modules of the dispersed information system of monitoring and control of the irrigation	193
Боровой Е.П., Душкина Е.М., Наливаева А.А. Изменение плотности почвы под влиянием различных мелиоративных приемов обработки рисовых полей в условиях Сарпинской низменности Borovoy E.P., Dushkina E.M., Nalivaeva A.A. Modification of soil density under influence of different meliorative receives for processing of drawing fields under conditions of Sarpin lower.....	200
Загородских Б.П. Работа тракторного двигателя на биотопливе Zagorodskih B.P. The operation of the tractor engine on biofuel	206

Лобойко В.Ф., Есмагулова Б.Ж., Ткаченко Н.А. Фитоэкологическая оценка и лесомелиоративное картографирование песчаного массива «Кандагаш» Западно-Казахстанской области Республики Казахстан Loboiko V.F., Esmagulova B.Zh., Tkachenko N.A. Phytoecological assessment and forest reclamative mapping of sand massive «Kandagash», the western Kazakhstan region, the republic of Kazakhstan	211
Русакова Г.Г., Павлова С.В., Мазина Л.В., Губицкая Е.В. Технология получения удобрений из отходов горчично-маслобойного производства Rusakova G.G., Pavlova S.V., Masina L.V., Gubitskaya E.V. Production technique fertilizers from waste mustard-oil production	218
Ряднов А.И., Бондарев С.В. Оценка показателей безотказности опытного комбинированного почвообрабатывающего агрегата Ryadnov A.I., Bondarev S.V. Estimation of performance indicators in a sample of combined soil-consuming unit.....	225
Семененко С.Я., Абезин В.Г., Моторин В.А., Сальников А.Л. Внутрипочвенное внесение удобрений и мелиорантов Semenenko S.Ya., Abezin V.G., Motorin V.A., Salnikov A.L. Intrincipal application of fertilizers and meliorants.....	233
Кравченко Л.В. Математическое моделирование процесса дождевания струйными аппаратами при работе по сектору Kravchenko L.V. Mathematical modeling of processes sprinkling jet apparatus at work by sector	239
Мелихова Е.В. Математическое моделирование солевого режима при фертигации в почвогрунтах фрактальной структуры Melikhova E.V. Mathematical modeling of the salt regime at fertigating in soil fractal structures.....	249
Цепляев В.А., Матасов А.Н., Цепляев А.Н., Рогачев А.Ф. Обоснование применения роторного агрегата для борьбы с сорняками методом теребления Tseplyaev V.A., Matasov A.N., Tseplyaev A.N., Rogachev A.F. Rationale for use of the rotary unit for fighting weeds with the treatment method.....	256
Семененко С.Я., Чушкин А.Н., Лытов М.Н. Закономерности релаксации воды с электрохимически измененным окислительно-восстановительным потенциалом Semenenko S.Y., Chushkin A.N., Lytov M.N. The law of relaxation of water with electrochemically modified redox potential	263
Бубер А.А., Бородычев В.В., Талызов А.А. Разработка гидродинамической модели дельты реки Волги и западных подступных ильменей Buber A.A., Borodychev V.V., Talyzov A.A. Development of the hydrodynamic model of the delta of the river of the volga and the western steppe illments.....	271
Чибанда Э.К., Славущкий В.М., Курапин А.В., Салыкин Е.А. Оценка влияния состава и свойств смесей дизельного топлива и пальмового масла на показатели процесса впрыскивания топлива в дизеле Chibanda E.K., Slavutsky V.M., Kurapin A.V., Salykin E.A. Evaluation of the influence of the composition and properties of diesel fuels and palm oil mixtures on the indicators of the fuel injection process in diesel.....	284

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ/ ECONOMIC SCIENCES

Токарева Е.В., Балашова Н.Н. Лизинг биологических активов (биолизинг): классификационные признаки и учетно-аналитическое обеспечение	
Tokareva E.V., Balashova N.N. Leasing of biological assets (bioleases): The classifi- cation criteria and accounting and analytical support	289
Ягупова Е.В., Чернованова Н.В. Формирование системы учетно-аналитического Документирования в овцеводческих хозяйствах	
Yagupova E.V., Chernovanova N.V. The formation of the system of accounting and analytical documentation in owsiacski farms	297
СОДЕРЖАНИЕ/ABSTRACTS.....	304

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности и беспристрастности.

Содержание статьи должно соответствовать одному из следующих отраслей науки и групп специальностей:

- Технические науки
- Сельскохозяйственные науки
- Экономические науки
- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем
- 06.01.00 Агрономия
- 06.02.00 Ветеринария и Зоотехния
- 06.03.00 Лесное хозяйство
- 08.00.00 Экономические науки

Рукопись предварительно рассматривается на профильной кафедре на предмет общего научного уровня, и за три месяца до публикации передается ответственному секретарю журнала.

Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов после представления рукописи (в электронной и печатной форме), выписки из протокола заседания профильной кафедры и внешней рецензии, подписанной доктором наук или признанным специалистом (с ученой степенью) в сфере производственной деятельности по тематике статьи. Проверка **оригинальности** авторского текста, ссылки на использованные источники, степени заимствования осуществляется в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи.

Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используются следующие модели рецензирования:

- *одностороннее слепое* рецензирование (singl-blind reviewing): рецензент знает имя автора, но автор не знает имени рецензента;
- *двухстороннее слепое* рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

При этом в каждом конкретном случае модель рецензирования и количество рецензентов могут варьироваться.

Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более трех дней.

При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. **Рукописи возврату не подлежат.**

За содержание статьи (точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных) **ответственность несет автор (авторы).**

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакционно-издательский центр в печатном виде (на листах формата А4) с приложением электронной версии (в формате Word Windows), полностью совпадающим с бумажным вариантом. Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стилль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 14. Межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Количество строк на одной странице – 29 ± 3 , знаков в строке – 65 ± 3 . Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы представляются в формате Corel Draw, фотографии в формате с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация (строго 150-200 слов); ключевые слова.

В статье следует четко выделять следующие составные части:

1. Введение (Introduction),
2. Материалы и методы (Materials and Methods),
3. Результаты (Results),
4. Обсуждение (Discussion),
5. Заключение (Conclusions),
6. Библиографический список (References).

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **10** 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, контактный телефоны, почтовый и электронный адрес.

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.