

ISSN 2313-2248

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научно-практический журнал

Выпуск № 3(67)/2017

Новочеркасск

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал
ФГБНУ «РосНИИПМ»
Издается с июня 1978 года
Выходит четыре раза в год

Выпуск № 3(67)/2017

Июль – сентябрь 2017 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор – академик РАН, доктор технических наук, профессор, директор ФГБНУ «РосНИИПМ» В. Н. Щедрин

Заместитель главного редактора – доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев

Ответственный секретарь – Л. И. Юрина

Редакторы: доктор технических наук, доцент С. М. Васильев; доктор технических наук А. В. Колганов; доктор технических наук, профессор Ю. М. Косиченко; доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай; доктор технических наук Ю. Ф. Снипич; доктор экономических наук, доцент Л. Н. Медведева; кандидат технических наук Г. А. Сенчуков; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО НИМИ ДГАУ В. И. Ольгаренко; кандидат технических наук О. А. Баев; кандидат технических наук Д. В. Бакланова; кандидат физико-математических наук М. В. Власов; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент В. Д. Гостищев; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук С. Л. Жук; кандидат технических наук А. С. Капустян; кандидат технических наук А. Л. Кожанов; кандидат технических наук А. А. Кузьмичев; кандидат технических наук, доцент Г. Л. Лобанов; кандидат технических наук, доцент С. А. Манжина; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат сельскохозяйственных наук В. Иг. Ольгаренко; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук А. В. Слабунова; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор, выпускающий – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – А. И. Литовченко

Переводчик – В. В. Кульгавюк

Адрес редакции: 346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Тел./факс: (8635) 26-86-24
<http://www.rosniipm.ru/ppeoz>
e-mail: transfer-rosniipm@yandex.ru

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61083 от 19 марта 2015 г.

Подписано в печать 09.10.2017. Формат 60×84/8.
Усл. печ. л. 19,65. Тираж 500 экз. Заказ № 71

ФГБНУ «РосНИИПМ»
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190

Отпечатано ИП Белоусов А. Ю.
346421, Ростовская область,
г. Новочеркасск, Баклановский проспект, 190 «Е»

ISSN 2313-2248



9

772313 224008

Дата выхода в свет 27.10.2017
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»

Пономаренко Т. С., Бреева А. В. К вопросу производственных исследований на оросительных системах	5
Вайнберг М. В. Основные требования при проведении измерений по методу «уклон – площадь»	9
Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Математическое моделирование влагопотерь из почвы при отсутствии на ее поверхности защитного растительного экрана.....	12
Кременской В. И., Джапарова А. М., Демуренко А. И. Опыт эксплуатации системы внутрисочвенного орошения сельскохозяйственных культур очищенными сточными водами в Сакском районе Республики Крым.....	16
Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Оценка используемых для питьевого водоснабжения населения Крыма вод с точки зрения их физиологической полноценности	22
Власенко М. В. Анализ научных мнений по вопросам опустынивания и аридизации пастбищных угодий.....	31
Дубенок Н. Н., Болотин Д. А., Болотин А. Г. Режим орошения и урожайность клубней картофеля летней посадки	35
Пономаренко Т. С., Бреева А. В. Результаты сценарных исследований полифункциональной модели Пролетарского магистрального канала	40
Бабичев А. Н., Мартынов Д. В. Влияние радиуса увлажнения почвы и глубины посева семян при струйном внутрисочвенном поливе на рост и урожайность корнеплодов свеклы столовой	46
Школьная В. М., Чураев А. А. Способ реализации модели управления водораспределением с помощью автоматизированных систем управления.....	50
Глущенко Ю. Ю., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Определение концентрации загрязняющих веществ в поливной воде для капельного орошения	53
Турко С. Ю., Вдовенко А. В., Трубакова К. Ю. Имитационные модели мелиорированных пастбищ на различных почвах в условиях сухой степи и полупустыни	57
Власенко М. В. Факторы среды, определяющие продуктивность и видовое разнообразие аридных пастбищ.....	63
Тищенко А. П. Лабораторная установка для изучения водно-физических характеристик почвы	68
Гостищев В. Д., Кузьмичев А. А. Анализ эксплуатационных характеристик Большого Ставропольского канала.....	74
Сейтумеров Э. Э. Вопросы обеспечения качества поверхностных вод Крыма в условиях дефицита водных ресурсов	79
Гарбуз А. Ю. Виды и свойства полимерных композиционных материалов, применяемых для ремонта бетонных покрытий	83
Матвиенко А. О., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Биологическая активность почв при орошении очищенными сточными водами животноводческих хозяйств.....	91

Ляшков М. А., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Экономическое обоснование применения сточных вод для орошения сельскохозяйственных угодий.....	96
Власенко М. В. Биоразнообразие пастбищных угодий Среднего Дона	101
Лавренко С. О., Лавренко Н. Н., Радковская А. П. Современные системы контроля качества полива	105

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Бондарев Е. С., Авдеенко С. С. Анализ технологического цикла выращивания гибридов огурца на малообъемной гидропонике в ООО «НТК» г. Новочеркаска	113
Куприянов А. А. Способы орошения сельскохозяйственных культур	118
Митяева Л. А. Технология комплексной оценки состояния процессов деградации орошаемого агроландшафта	125

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Махмудов Э. Ж., Палуанов Д. Т. Организация мониторинга безопасности крупных и особо важных водохозяйственных объектов.....	134
---	-----

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Барамыков М. Р. Использование акустических приборов для определения твердого стока.....	140
--	-----

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Гамаюнова В. В., Смирнова И. В. Основные элементы структуры урожая пшеницы озимой в зависимости от сорта и фона питания	145
Дуброва Ю. Н., Рыбалко Л. Е., Баранов В. С. Эффективность инвестирования в развитие сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь	149
Гаевая Э. А., Васильченко А. П. Экологическая оценка севооборотов с короткой ротацией на склонах Ростовской области	153
Василенко Н. Е. Семенная продуктивность и посевные качества овсяницы красной	159
Шевченко А. С., Авдеенко С. С., Устинов Е. В. Продуктивность и качество сортов картофеля при поливе различными дождевальными установками.....	164

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации»

УДК 626.80.001.57

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В статье приведены задачи и цели производственных исследований на оросительных системах, выполнение которых целесообразно для целей оптимизации водопользования и рационального использования водных ресурсов.

Ключевые слова: производственные исследования, оросительная система, водопользование, водохозяйственный баланс, русловой водный баланс.

T. S. Ponomarenko, A. V. Breyeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ON THE QUESTION ON-THE- FARM RESEARCH ON IRRIGATION SYSTEMS

The tasks and objectives of on-the-farm research on irrigation systems, the implementation of which is appropriate for water use optimization and sustainable use of water resources are presented in the article.

Key words: on-the-farm research, irrigation system, water use, water balance, channel water balance.

В настоящее время основными проблемами большинства существующих оросительных систем (ОС) России являются нерациональное водопользование, неудовлетворительное качество возвратных вод, ухудшение технического состояния основных производственных фондов и низкая эффективность системы управления водораспределением и водоучетом. Наряду с этим возросший уровень и темпы развития водного хозяйства, организация эксплуатации ОС приводят к значительному усложнению связей водоисточников с водопользователями. По мере увеличения дефицита водных ресурсов возрастают требования к качеству, динамике управления водораспределением на ОС и обеспечению оптимальности решений в планировании использования водных ресурсов с учетом требований экологии.

Правильная техническая эксплуатация ОС требует, во-первых, наличия значительных общих знаний в области орошаемого земледелия, сельскохозяйственных мелиораций, теории сооружений, гидрологии, гидравлики, гидротехнических сооружений, гидрогеологии, строительных материалов и т. п., во-вторых, глубокого знания местных условий и особенностей работы каждого из элементов ОС во всем их многообразии в пространстве и времени.

При организации производственных исследований на ОС в качестве основных могут быть поставлены следующие задачи [1]:

- изучение условий и показателей работы различного типа учетных сооружений в различной природной обстановке с целью количественной оценки ее влияния на точность гидрометрических работ и выявления наиболее целесообразных для данных условий измерительных устройств и приспособлений;

- изучение путей повышения точности учета воды на гидрометрических постах (ГМП) с неустойчивыми расходными кривыми;

- выяснение наиболее целесообразного для тех или иных условий порядка проведения гидрометрических работ (получение расходных кривых, установление количества и сроков наблюдений, использование самопишущих приборов и т. д.), а также способов обработки их результатов, позволяющих получать наиболее близкие к действительности данные о расходах воды во всех разветвлениях ОС;

- определение фактических потерь воды на фильтрацию и испарение в каналах различных категорий с целью определения КПД системы, выявления первоочередных объектов технического улучшения или переустройства, обоснования эффективности осуществляемых мероприятий и т. д.;

- изучение коэффициентов шероховатости, характера распределения скоростей по ширине и глубине потока, его транспортирующей способности с целью получения надежных исходных данных для расчета разных категорий каналов, тарифовки гидрометрических створов, назначения допустимых по размыву или заилению скоростей течения воды и т. д.;

- выяснение противофильтрационной эффективности различного типа покрытий и одежд, характера и величины их деформаций, срока службы и т. д. в конкретных условиях с целью разработки наиболее эффективных мероприятий по снижению потерь воды на отдельных участках данной системы;

- определение показателей использования и условий потребления воды на орошаемых массивах с целью получения исходных данных для корректирования планов водораспределения и осуществления мероприятий по улучшению использования воды на орошаемых полях;

- изучение мероприятий, проводимых на системе в периоды маловодья и паводков, с целью выяснения их эффективности;

- определение времени добегания потока от одного пункта до другого с целью выявления средней скорости движения воды на том или ином участке, переходного коэффициента от поверхностной скорости к средней, внесения коррективов в сроки наблюдения на ГМП, краткосрочного прогнозирования водоносности источников и решения других вопросов, связанных с эксплуатацией данной системы.

Изучение условий работы оросительных каналов и их технического состояния производится с целью определения показателей, характеризующих устойчивость поперечного сечения русла, его шероховатость, величину фильтрационных потерь, гидравлические элементы потока, его транспортирующую способность, деформации русла, условия зимней эксплуатации и т. д., необходимых для улучшения эксплуатации, переустройства и проектирования каналов различных категорий.

Также с целью повышения рациональности использования водных ресурсов необходимо проведение производственных балансовых водохозяйственных исследований на межхозяйственных и внутрихозяйственных ОС. Данные исследования позволяют всесторонне изучить взаимосвязь между всеми элементами поступления и расходования воды и на основе этого вскрыть огромные резервы за счет улучшения ее использования.

Структура стандартного водохозяйственного баланса включает приходную Π и расходную P части, а также результат водохозяйственного баланса. Определенные составляющие баланса являются отражением инженерных решений, связанных с рациональным водопользованием, регулированием стока и его территориальным перераспределением. Результат водохозяйственного баланса характеризуется наличием резервов ($\Pi \geq P$) или дефицитов ($\Pi < P$) стока [2].

Составление и анализ водного баланса является одной из важнейших задач водохозяйственных организаций. Целью таких работ является:

- изучение роли и степени использования всех источников поступления воды в систему в покрытии норм водопотребления сельскохозяйственных культур (и других потребителей);

- наиболее полное изучение всех показателей использования оросительной воды во всех звеньях системы, в т. ч. и на полях; установление влияния потерь в сети и на полях на режим грунтовых вод;

- обеспечение обоснованного выбора комплекса мероприятий по улучшению эксплуатации, повышению КПД системы и ее звеньев и осуществлению правильного режима орошения;

- определение динамических и эксплуатационных ресурсов подземных вод и способов их использования с учетом ирригационно-мелиоративных условий нижележащих земель;

- правильный анализ существующего мелиоративного состояния орошаемых земель системы, прогноз режима грунтовых вод и на основе этого выбор схемы мероприятий по предотвращению засоления и заболачивания орошаемых земель, а также мелиорации существующих засоленных и заболоченных массивов;

- установление количества воды, которое должно быть удалено с помощью дренажа (горизонтального и вертикального), и т. д.

Для определения водных ресурсов и их изменения под влиянием хозяйственной деятельности на водохозяйственных участках рек и каналов составляется русловой водный баланс. В зависимости от полноты учитываемых элементов составляют детальный и гидрометрический русловые водные балансы [3].

Детальный русловой баланс имеет вид:

$$Q_v - Q_n + Q_{бп} - Q_{вз} + Q_{вс} - Q_{ит} + Q_{ос} \pm Q_{рр} \pm Q_{бр} \pm Q_{ф} \pm \eta_6 = 0,$$

где Q_v , Q_n – соответственно расходы воды в верхнем и нижнем створах, $м^3/с$.

В приходные составляющие этого уравнения входят, $м^3/с$:

- $Q_{бп}$ – боковой приток;

- $Q_{вс}$ – сбросные воды;

- $Q_{ос}$ – поступления воды от осадков.

В расходные, $м^3/с$:

- $Q_{вз}$ – водозаборы на хозяйственные нужды;

- $Q_{ит}$ – расходы на испарение и транспирацию воды влаголюбивой растительностью в зоне затопления и подтопления.

Результирующие элементы включают, $м^3/с$:

- $Q_{рр}$ – русловое регулирование;

- $Q_{бр}$ – береговое регулирование;

- $Q_{ф}$ – фильтрационный отток или приток в русло, в т. ч. возврат оросительных вод;

- η_6 – невязка руслового баланса, учитывающая неполноту учета его элементов и погрешности в их определении.

Гидрометрический русловой водный баланс составляется на основе измерений расходов воды в створах, водозаборов, сбросов, руслового регулирования:

$$Q_v - Q_n + Q_{бп} - Q_{вз} + Q_{вс} \pm Q_{рр} \pm \eta_6 = 0.$$

Русловые водные балансы составляются по годам, месяцам, кварталам, характерным периодам хозяйственного использования вод (вегетационным периодам, периодам влагозарядковых поливов и промывок полей от засоления и т. п.).

Составление русловых водных балансов позволяет восстановить или спрогнозировать естественный сток в нижнем створе:

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{н}} \pm \sum \Delta Q_t, \quad (1)$$

где $\sum \Delta Q_t$ – суммарное изменение расходов воды между створами, м³/с.

Если по реке (каналу) имеют место только водозаборы и сбросы воды, уравнение (1) можно записать в виде:

$$Q_{\text{вн}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{вз}} - Q_{\text{вс}}.$$

Баланс составляется для системы в целом или отдельных, соответствующим образом выделенных, балансовых участков. Балансовые участки выбирают по принципу однообразия естественно-исторических, почвенных, гидрогеологических и хозяйственных условий и обеспечения наибольшей точности определения всех элементов в балансе.

Балансовые исследования на ОС производятся на основе:

- правильно организованной эксплуатационной гидрометрии, обеспечивающей получение точных данных по водозабору, водоподаче, сбросным расходам в руслах реки, оросительной сети, дренажным водам и т. п.;
- постоянного контроля показателей использования воды в хозяйстве с целью получения фактических КПД, КИВ, поливных и промывных норм, сбросных расходов и т. д., по крайней мере для отдельных типовых хозяйств и на типичных участках основных культур;
- правильно организованных режимных наблюдений за динамикой уровня грунтовых вод;
- специальных исследований по определению запасов воды в почве, величины испарения, всех видов потерь воды в сети на полях, дренажного модуля и т. д., проводимых научными учреждениями самостоятельно или совместно с органами эксплуатации.

Объем балансовых наблюдений должен назначаться конкретно для каждой системы при максимальном использовании данных эксплуатационной гидрометрии и режимных наблюдений.

Для поставленных задач необходимы и некоторые специальные работы. К ним относятся:

- установка дополнительных ГМП на границах систем (балансового участка), сбросной, коллекторно-дренажной сети, обеспечивающих возможно более полный учет поступления (приток – отток) поверхностных вод;
- определение фактических режимов орошения, КПД полива, КПД внутрихозяйственной сети в типовых хозяйствах;
- определение запасов влаги в почве при различных уровнях грунтовых вод;
- организация сбора данных по фактической урожайности отдельных культур по зонам с глубиной залегания грунтовых вод 0–1, 1–2, 2–3 м и глубже 3 м, которые позволят уточнить фактическое водопотребление (испарение + транспирация) культур;
- организация (при наличии возможности) совместно с гидрометеорологическими станциями (УГМС) или научными учреждениями изучения испарения с водной поверхности, почвой и растительностью для сопоставления его с величиной суммарного испарения, получаемой из балансового уравнения.

Основной объем работ связан с более полным и всесторонним анализом проводимых (согласно действующим инструкциям по эксплуатации) гидрометрических и режимных наблюдений.

Балансовые расчеты производят за год с выделением по крайней мере двух расчетных периодов – вегетационного и невегетационного. Даты расчетного периода устанавливают с учетом конкретных условий: вегетационного периода основных культур, режима колебаний уровня грунтовых вод (периода подъема, периода спада) и т. д. По мере накопления материалов составляют балансы за многолетний период.

Для определения элементов водного баланса проводят комплекс наблюдений, включающий инженерно-геодезические, инженерно-гидрометеорологические и инженерно-геологические изыскания.

Поэтому неотъемлемой частью работ, связанных с эксплуатацией ОС, их улучшением и развитием, должно быть изучение особенностей ОС в природной обстановке, их технического состояния, выполняемых задач и условий работы каналов и сооружений по этапам вегетационного периода, водообеспеченности и т. д. как системы в целом, так и ее отдельных частей. Только при условии проведения производственных исследований проводящиеся на системе эксплуатационные и реконструктивные мероприятия будут технически целесообразными и экономически оправданными.

Список использованных источников

1 Производственные исследования на оросительных системах. – Фрунзе: Изд-во АН Киргиз. ССР, 1961. – 305 с.

2 Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов (утв. приказом МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 314). – М., 2007. – 54 с.

3 Гидрологические и водно-балансовые расчеты / под ред. Н. Г. Галущенко. – Киев: Высш. шк., 1987. – 248 с.

УДК 627.133

М. В. Вайнберг

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕТОДУ «УКЛОН – ПЛОЩАДЬ»

В статье описан косвенный метод определения расхода воды «уклон – площадь», основанный на измерении перепада уровней воды в контрольных створах специально спроектированного русла канала. Установление расхода воды начинается с выбора участка канала и организации гидрометрического створа. Для получения достоверных результатов необходимо выполнение требований к участку канала для проведения измерительных работ в соответствии с правилами, обеспечивающими необходимую точность гидрометрических данных. Требования касаются оборудования измерительного участка средствами переправы (лодкой или мостиком), очистки от застарения и заиления с определением длины участка в зависимости от максимального расхода, гидравлических и геометрических параметров гидрометрических створов в начале и конце измерительного участка, оснащения техническими средствами (вспомогательным оборудованием) измерения уровня воды в створах. Использование предложенных нами требований позволит эксплуатационным организациям, обслуживающим оросительные системы, повысить достоверность водоучета и контроля расхода воды на мелиоративных системах.

Ключевые слова: участок канала, расход воды, метод «уклон – площадь», водоучет, сечение канала, гидрометрический пост.

M. V. Vaynberg

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

MAIN REQUIREMENTS FOR MEASUREMENTS BY “SLOPE – AREA” METHOD

The article describes an indirect method “slope – area” for determining the water discharge based on the measurement of water level difference at control gates of a specially

profiled canal bed. Water consumption determination begins with the choice of the canal site and the organization of the gauging station. To obtain reliable results, it is necessary to meet the requirements for canal section for measuring operations in accordance with the rules that ensure the necessary accuracy of the hydrometric data. These requirements concern the equipment of gauging section by means of crossing (boat or bridge), cleaning from overgrowing and silting with section length estimation depending on maximum discharge, hydraulic and geometric parameters of the gauging stations at the beginning and end of the measuring site, equipment with technical means (auxiliary equipment) for measuring the water level in gates. The use of our proposed requirements will allow the operating organizations servicing irrigation systems to increase the reliability of water account and control of water consumption on land reclamation systems.

Key words: canal section, water discharge, "slope – area" method, water account, canal cross-section, hydro-metering station

Для рациональной и эффективной эксплуатации оросительных систем должен производиться оперативный и достоверный учет воды [1]. Точность гидравлических измерений в большой степени зависит от формы движения жидкости, параметров потока, изменчивости его элементов движения во времени, участка канала и многого другого.

При определении расхода воды по методу «уклон – площадь» расход воды рассчитывают по уклону, коэффициенту Шези и площади живого сечения. Уклон свободной поверхности воды является важной гидравлической характеристикой водотока.

Для точного определения расхода воды уклон водной поверхности необходимо измерять [2, 3], выбрав правильное местоположение гидрометрического створа и длину базиса. Масса воды должна пройти определенное расстояние, чтобы перепад уровней на нем охарактеризовал расход, так как в силу инерционности движущейся воды мгновенный или местный уклон может и не охарактеризовать расход в гидростворе. Поэтому определение расхода воды должно начинаться с правильного выбора участка канала и организации гидрометрического створа для проведения измерений методом «уклон – площадь».

Участок канала, на котором организуют пункт водоучета для определения расхода воды по методу «уклон – площадь», должен правильно отображать гидравлический режим потока и удовлетворять следующим требованиям [4]:

- дно и откосы канала должны быть устойчивыми. Их желательно закрепить железобетонными плитами или каменной отмосткой. Показатель устойчивости, если возможно предварительное наблюдение, определяют из уравнения [5]:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3h_0} \right)}{n} 100 \leq \pm 5,$$

где δ – показатель устойчивости, %;

n – число наблюдений, шт.;

h_1, h_2, h_3 – глубины контрольных вертикалей, расположенных в средней части русла, при отдельных последующих наблюдениях, м;

h_0 – высота уровня воды над постоянной горизонтальной плоскостью, проведенной на уровне дна, в начале наблюдений, м.

Если предварительные наблюдения за устойчивостью русла провести невозможно, ее оценивают по общим признакам (внешний вид состояния откосов и берегов, данные по очистке русла канала от наносов и пр.);

- для каналов с расходом более 25 м³/с и скоростью потока менее 1,5 м/с, находящихся в эксплуатации, допускается использовать измерительные участки без сплошной облицовки, но при условии планировки и уплотнения дна и откосов или создания фикси-

рующего пояса (конструкции, обеспечивающей постоянство формы и геометрических размеров с отклонениями не более $\pm 2,0$ % от средних размеров) в створе измерений;

- участок канала должен быть прямолинейным, с постоянной правильной формой поперечного трапецеидального сечения, допускающей отклонение от средних геометрических размеров (ширины, строительной высоты русла, величины заложения откосов) не более ± 2 %, с постоянным однообразным уклоном дна;

- при скорости потока в канале менее 2 м/с допустимая длина участка L , на котором должны быть выдержаны указанные условия, в зависимости от ширины канала по верху B должна быть не менее указанной в таблице 1. При скорости потока воды в канале более 2 м/с длина участка канала должна приниматься в 1,5 раза больше по сравнению с данными таблицы 1;

- участок должен быть удален от гидротехнических сооружений и других источников сбойности потока на расстояние не менее $10B$, исключающее появление в створе измерений волновых явлений, косоструйности и повышенных пульсаций скорости;

- участок измерений должен находиться вне влияния переменного подпора как от нижележащих регулируемых подпорных сооружений, так и создаваемого в результате изменения водного режима потока ниже участка измерений. Предельное расстояние от нижней границы участка до места образования подпора приближенно можно определить по формуле [4]:

$$L \geq \frac{h_n}{i},$$

где L – предельное расстояние от нижней границы участка до места образования подпора, м;

h_n – дополнительная высота подпора воды над бытовой глубиной перед преградой при наибольшем возможном уровне воды, м;

i – средний уклон дна канала выше преграды;

- измерительный участок должен быть оборудован средствами гидрометрической переправы. При отсутствии гидрометрического мостика допускается применение лодочной переправы из двух тросов (на одном из тросов размечается положение промерных вертикалей, на другом крепится лодка);

- на измерительном участке должна быть исключена возможность зарастания и систематического заиливания русла. Участок должен быть доступен для проведения измерений, подъезда автотранспорта и обеспечивать безопасность работ.

Таблица 1 – Определение длины рабочего участка русла канала

Предел максимального расхода воды в канале, м ³ /с	0,2–0,5	5–10	10–25	25–100	> 100
Пределы минимальной допустимой длины прямолинейного участка L , м	$6B–8B$	$4B–6B$	$3B–5B$	$2B–3B$	$\geq 1,5B$

Гидрометрический створ, расположенный на измерительном участке, должен удовлетворять следующим требованиям:

- гидрометрический створ должен располагаться перпендикулярно среднему направлению течения;

- эпюры скоростей на вертикалях в гидрометрическом створе должны быть правильного одномодального выпуклого вида;

- участок канала, примыкающий к гидрометрическому створу, на длине 20 максимальных глубин против течения и 10 максимальных глубин по течению должен иметь однородную по длине шероховатость, косоструйность течения на нем не должна превышать 10° ;

- гидрометрические створы должны иметь координатную геодезическую привязку к единой системе координат;
- гидрометрический створ должен быть оснащен техническими средствами, позволяющими выполнять гидрометрические работы;
- гидрометрический створ должен быть оборудован устройством для измерения уровня воды с пределом допускаемой основной погрешности $\leq 1,0 \%$, причем отметки гидрометрического створа и уровни воды должны отсчитываться в единой относительной системе координат.

Использование предложенных нами требований к участку канала и гидрометрическому створу для измерения расхода воды по методу «уклон – площадь» позволит эксплуатационным организациям, обслуживающим современные оросительные системы, повысить точность и достоверность водоучета и контроля расходования воды на мелиоративных системах.

Список использованных источников

- 1 Железняков, Г. В. Точность гидрологических измерений и расчетов / Г. В. Железняков, Б. Б. Данилевич. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 240 с.
- 2 Филиппов, Е. Г. Требования к системам водоучета / Е. Г. Филиппов; РАСХН, ВНИИГиМ. – М., 1999.
- 3 Железняков, Г. В. Теория гидрометрии / Г. В. Железняков. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 343 с.
- 4 Провести исследования и разработать проект стандарта организации Минсельхоза России «Мелиоративные системы и сооружения. Эксплуатация. Правила определения расхода воды в открытых каналах оросительных систем с использованием метода одноточечного измерения скорости потока»: отчет о НИР (промежуточ.): 2.1.4 / ФГБНУ «РосНИИПМ»; рук.: Чураев А. А. – Новочеркасск, 2013. – 68 с. – Исполн.: Юченко Л. В., Бородин Т. С., Митров В. В.
- 5 Пат. 2572068 Российская Федерация, G 01 F 1/00. Способ определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь» / Щедрин В. Н., Чураев А. А., Вайнберг М. В.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2014128423; заявл. 10.07.14; опубл. 27.12.15. – 4 с.

УДК 621.72:633.2

С. Ю. Турко, К. Ю. Трубакова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛАГОПОТЕРЬ ИЗ ПОЧВЫ ПРИ ОТСУТСТВИИ НА ЕЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗАЩИТНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ЭКРАНА

В статье рассматриваются общие подходы к моделированию влагообмена в системе «открытая почва – приземный слой воздуха» и показаны проблемы современных расчетов водопотребления растений. Исследования показали следующее. Во-первых, изменение влагозапасов в почвенном слое во временном плане процесс нелинейный, а конечный результат его неоднозначный. Во-вторых, этот процесс существенно зависит от приходной части влаги, связанной с осадками. В-третьих, существенную роль играют сроки выпадения этих осадков в пределах вегетационного периода растений. В рассматриваемой математической модели использованы общие представления о динамике влагозапасов в почве, иначе говоря, в расчетах параметры $K_{\text{п}}$, $D_{\text{р}}$ считаются априори известными. На самом же деле они существенно зависят от характера

обработок почвы, времени их проведения и т. п. В этом плане, очевидно, и должны быть проведены мероприятия, направленные на совершенствование данной модели.

Ключевые слова: математическое моделирование, испарение, влага, оптическая плотность, растительный экран, параметры, закономерность.

S. Yu. Turko, K. Yu. Trubakova

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

MATHEMATICAL SIMULATION OF SOIL MOISTURE LOSS IN THE ABSENCE OF PROTECTIVE VEGETATIVE SCREEN ON ITS SURFACE

The article considers general approaches to simulation of moisture exchange in the system “open ground – surface air” and shows the issues of current calculations of plant consumption. Studies have shown the following. Firstly, the change in stored soil moisture is non-linear process in time schedule, and its final result is ambiguous. Secondly, this process essentially depends on moisture input associated with precipitation. Thirdly, the essential role is played by terms of precipitation within the vegetation period. In the mathematical model under consideration, the general ideas on stored soil moisture dynamics were used, in other words, the parameters of correcting factor, DP are considered to be a priori known in calculations. In fact, they essentially depend on the nature of soil treatments, the time of their realization, etc. Obviously the activities aimed at improving the given model should be carried out in this direction.

Key words: mathematical modeling, evaporation, moisture, optical density, vegetative screen, parameters, regularity.

Введение. Влагозапасы в почвогрунте, как показывают практика и опыт, играют очень большую роль в формировании продукционной составляющей растительного сообщества. При этом важны не только их суммарные абсолютные величины в начале вегетации растений, но и расклад по фенологическим фазам развития. Поэтому знание закономерностей временного изменения влагозапасов является полезным не только с позиций того, что по ним можно будет судить об урожайности сельскохозяйственных культур в конкретном году, но и с позиций возможностей построения прогностических моделей продуктивности растений для сценарных оценок глобального изменения климата [1, 2].

Конечно, нужно помнить и учитывать тот факт, что отмеченный показатель формируется под действием множества факторов климатического, почвенного, влаго-режимного плана и других [3, 4]. Это и температурный, влажностный режимы воздуха, и свойства почвенного субстрата почвенной поверхности растений.

Материалы и методы. Исследования строились на использовании общепринятых методов математического моделирования и имитации, принципов формализации и построения математических моделей. Применены общие подходы к динамике влагозапасов в почве [5, 6].

Результаты и обсуждение. Проведенные нами исследования испарения влаги из почвы при отсутствии на ее поверхности защитного экрана позволили рассмотреть общие закономерности непродуктивного расходования влаги в случае нерегулярных и многокомпонентных процессов. Касательно данного конкретного случая нужно отметить, что здесь не ставится задача описания процесса во всех его деталях. Мы лишь хотим показать, что к процессу влагообеспечения растений нужно подходить достаточно осторожно. Не все так просто, как кажется. Например, кажется вполне правдоподобным, что с увеличением влагозапасов в почве скорость испарения влаги (градиент испарения) увеличивается. На самом деле наши лабораторные опыты показали следующее [7]:

$$\frac{dE}{dW} = \frac{K_1}{(W + B)},$$

где E – испарение влаги из почвенного слоя 0–100 см, мм;

W – влага в почве, мм;

K_1 , B – коэффициенты, зависящие от условий испарения влаги и свойств почвогрунтового слоя.

Решая это уравнение и учитывая граничные условия, получаем:

$$E = K_1 \ln\left(\frac{W + B}{B}\right), \quad (1)$$

где E – суточное испарение влаги из почвы, мм.

Предполагая, что начальное содержание влаги в почвогрунте составляет W_0 , т. е. $W = W_0$, можно утверждать, что за первые сутки от начала отсчета потеря влаги может быть найдена из соотношения:

$$E_1 = K_1 \ln\left(\frac{W_0 + B}{B}\right). \quad (2)$$

Остаток влаги в почвогрунте после первых суток отсчета при условии отсутствия осадков, очевидно, будет равен:

$$W_1 = W_0 - E_1 = W_0 - K_1 \ln\left(\frac{W_0 + B}{B}\right). \quad (3)$$

Используя с некоторой корректировкой наработку А. Р. Константинова [7], показатель E_1 мы можем выразить следующим соотношением:

$$E_1 = \left[\frac{0,3d_e\gamma_1(1+mV_1)(e_{0,5}-e_{2,0})K_{\Pi} \cdot DP}{\ln^2(100/z_0)} \right] \ln\left(\frac{W_0 + B}{B}\right), \quad (4)$$

где d_e , γ_1 – коэффициенты, зависящие от свойств испаряющей поверхности и температуры на уровнях 0,5 и 2,0 м;

m – коэффициент влияния скорости ветра;

V_1 – скорость ветра на высоте 1 м;

$e_{0,5}$ и $e_{2,0}$ – упругость водяного пара;

K_{Π} – коэффициент реакции почвы на испарительный процесс;

DP – параметр, характеризующий свойства почвы;

z_0 – параметр шероховатости испаряющей поверхности, см.

Значения d_e могут быть найдены из соотношения [7]:

$$d_e = 1 + 0,72\left(\sqrt{1 - 28(z_0 - z_{00})R_i} - 1\right),$$

где z_0 , z_{00} – соответственно параметр фактической шероховатости почвенной поверхности и параметр, равный 1 см;

R_i – число Ричардсона, определяемое из соотношения вида [7]:

$$R_i = -0,025(T_{0,5} - T_{2,0})\ln(100/z_0)/V_1^2,$$

где $T_{0,5}$, $T_{2,0}$ – температура воздуха на высоте соответственно 0,5 и 2,0 м.

Значение коэффициента γ_1 в уравнении (4) находится по формуле [7]:

$$\gamma_1 = 1/\sqrt[4]{1 - R_i}.$$

Что касается коэффициента K_1 уравнений (1)–(3), то он еще окончательно не раскрыт и, по-видимому, многовариантен. В своих расчетах мы его определяли по зависимости вида:

$$K_1 = \frac{0,3 \cdot d_e \gamma_1 (1 + m V_1) (e_{0,5} - e_{2,0}) K_{\Pi} \cdot DP}{\ln^2(100/z_0)}.$$

Расчеты показали, что, во-первых, изменение влагозапасов в почвенном слое 0–100 см во временном плане суть процесс нелинейный, а конечный результат его неоднозначный. Во-вторых, этот процесс существенно зависит от приходной части влаги, связанной с осадками. В-третьих, существенную роль играют сроки выпадения этих осадков в пределах вегетационного периода растений (рисунок 1).

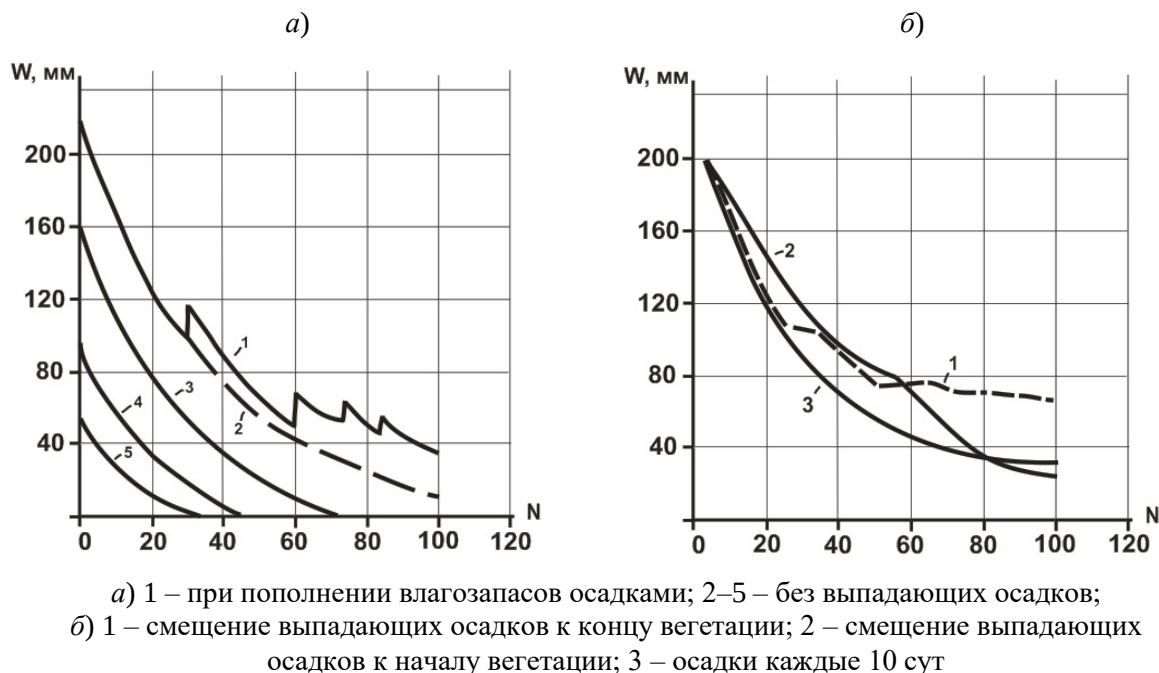


Рисунок 1 – Изменение влагозапасов в почвенном слое 0–100 см во времени при отсутствии на поверхности почвы растительного защитного экрана

Выводы. Установлено, что при смещении приходной части осадков к началу вегетационного периода растений в конце его запасы влаги в почве оказываются меньшими. При смещении же их ближе к концу этого периода картина наблюдается обратная. Конечно, могут быть и другие расклады по временным периодам. Все зависит от характера и периодичности пополнения запасов влаги в почве, связанной с выпадающими осадками. Иначе говоря, это конечный результат того или иного характера временного распределения их пополнения, а также количественных характеристик осадков. Несомненно, он имеет вероятностный характер, т. е. строго не детерминирован. Поэтому всегда есть серьезная опасность ошибки при подсчете коэффициента водопотребления по той методике, которая сейчас используется агрономами и другими специалистами, имеющими дело с оценкой урожайности растений и расходов на нее влаги.

Это рискованно еще и потому, что на расходную часть влаги может существенно влиять и растительный экран, параметры которого также не детерминированы. Но это уже другая сфера научной проработки.

Следует отметить и еще один очень важный момент: в данной математической модели использованы общие представления о динамике влагозапасов в почве и не рассматриваются закономерности зависимости испарения влаги от состояния почвенного покрова и структуры почвогрунта. Иначе говоря, в расчетах параметры K_{Π} , DP считаются априори известными. На самом же деле они существенно зависят от характера обработок почвы, времени их проведения и других факторов. В этом плане, очевидно, и должны быть реализованы мероприятия, направленные на совершенствование данной модели.

Список использованных источников

- 1 Васильев, Ю. И. Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик / Ю. И. Васильев, Т. В. Волошенкова, Н. Н. Овечко // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 4. – С. 54–57.
- 2 Турко, С. Ю. Математическое моделирование в процессе формирования и развития агросистем / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 81–87.
- 3 Васильев, Ю. И. Моделирование продукционной составляющей озимой пшеницы с учетом колебаний влажностно-термического режима / Ю. И. Васильев, А. Н. Сарычев, Т. В. Волошенкова // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 6. – С. 9–12.
- 4 Турко, С. Ю. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с использованием высокопродуктивных фитомелиорантов / С. Ю. Турко, А. К. Кулик, М. В. Власенко // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 5. – С. 58–61.
- 5 Музыкин, С. Н. Моделирование динамических систем / С. Н. Музыкин, Ю. М. Родионова. – Ярославль: Верхне-Волж. кн. изд-во, 1984. – 297 с.
- 6 Борисов, Ю. П. Математическое моделирование радиосистем / Ю. П. Борисов. – М.: Совет. радио, 1976. – 295 с.
- 7 Константинов, А. Р. Испарение в природе / А. Р. Константинов. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 532 с.

УДК 628/631.62.6

В. И. Кременской, А. М. ДжапароваНаучно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация**А. И. Демуренко**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь,
Российская Федерация**ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОЧИЩЕННЫМИ СТОЧНЫМИ
ВОДАМИ В САКСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

В данной статье изучена проблема рационального использования альтернативных водных ресурсов и улучшения экологического состояния окружающей природной среды посредством использования очищенных сточных вод для целей орошения. За период работы системы внутрипочвенного орошения (ВПО) очищенными сточными водами в Сакском районе возделывались зерновые, кормовые и технические культуры. Система ВПО показала себя работоспособной и обеспечивающей поддержание влаги в почве на необходимом уровне. Однако некоторые элементы системы требуют усовершенствования. За 10 лет эксплуатации системы ВПО в Сакском районе Республики Крым произошло снижение расхода воды в увлажнителях из-за заиливания.

Ключевые слова: внутрипочвенное орошение, очищенные сточные воды, очистные сооружения, магистральный трубопровод, поливной режим, заиливание увлажнителей.

V. I. Kremenskoy, A. M. Dzhaparova

Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation

A. I. Demurenko

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

OPERATION EXPERIENCE OF AGRICULTURAL CROPS SUBSURFACE IRRIGATION SYSTEM WITH TREATED EFFLUENTS IN SAKI REGION OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

The problem of rational use of alternative water resources and improvement of the ecological state of environment through the use of treated sewage for irrigation purposes is examined in this article. Grain, fodder and industrial crops were cultivated in Saki region throughout the operation period of subsurface irrigation with treated effluents. The system of subsurface irrigation has proved to be efficient and providing soil moisture support at the required level. However, some elements of the system require improvement. For 10 years of subsurface irrigation operation in Saki region of the Crimea, the water consumption in moisturizers has decreased due to silting.

Key words: subsurface irrigation, treated effluents, waste treatment facilities, main pipeline, irrigation regime, silting of moisturizers.

Введение. Усиление дефицита водных ресурсов в Республике Крым и уменьшение орошаемых площадей поставило перед сельхозпроизводителями вопрос: стоит ли использовать очищенные сточные воды для орошения или нет. Дать однозначный ответ на него в настоящее время нельзя, так как это в первую очередь зависит от качества стоков на канализационных очистных сооружениях (КОС), которые постоянно меняются. Однако имеется положительный опыт эксплуатации систем внутрипочвенного орошения (ВПО) в Сакском районе.

Практически все КОС построены в советское время, реконструкция и капитальные ремонты на них не проводились. Критическая ситуация сложилась на КОС городов Саков, Судака, Феодосии, которые нуждаются в полной реконструкции с проведением модернизации системы очистки сточных вод. В прибрежных населенных пунктах, где в период курортного сезона увеличивается нагрузка на существующие канализационные сооружения, нарушается технология очистки, что приводит к сбросу недостаточно очищенных стоков в поверхностные водные объекты и водоемы-накопители. Основными приемниками сточных вод являются река Салгир, Черное море и залив Сиваш. Объем сброса сточных вод в природные водные объекты составил в 2016 г. 134,7 млн м³. 26 КОС имеют глубоководные выпуски в Черное и Азовское моря, большинство очистных сооружений находится в неудовлетворительном состоянии, что приводит к загрязнению морской воды.

По Республике Крым в 2016 г. всего сброшено 157,50 млн м³ сточной воды, из них нормативно-очищенной 95,10 млн м³, нормативно-чистой (без очистки) – 32,62 млн м³, загрязненной – 6,97 млн м³, объем сточных вод, отведенных на рельеф местности (выгреб), – 22,81 млн м³ [1]. В связи с загрязнением водных объектов сточными водами актуальными становятся разработка эффективных методов их очистки и дальнейшее использование при орошении сельскохозяйственных культур. КОС города Евпатории располагаются на землях Сакского района в 1,4 км от села Молочного и в 1,0 км от берега моря, очистка биологическая, проектная мощность – 63,0 тыс. м³/сут. Очищенные сточные воды по коллектору (1,5 км до моря, 0,95 км в море) сбрасываются в Черное море.

В соответствии с нормативными и законодательными требованиями РФ, для целей орошения могут быть использованы очищенные хозяйственно-бытовые, производственные и смешанные сточные воды городов, поселков, фермерских хозяйств, предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции. Качество сточных вод и их осадков, используемых для орошения, регламентируется по химическим, бактериологическим и паразитологическим показателям. Сточные воды, содержащие микроэлементы, в т. ч. тяжелые металлы, в количествах, не превышающих ПДК для хозяйственно-питьевого водопользования, могут использоваться для орошения без ограничений [2].

Орошение сточными водами – комплексное мероприятие, направленное на охрану окружающей среды и интенсификацию сельскохозяйственного производства [3–5]. В бывшем колхозе им. Горького Сакского района, находящемся рядом с очистными сооружениями города Евпатории, с 1988 г. на площади 50 га эксплуатировалась система ВПО очищенной сточной водой.

Система ВПО очищенными сточными водами и методы исследований. Опытнo-производственная система ВПО состоит из пяти модулей площадью по 10 га. Принцип работы системы ВПО следующий. Из отстойника очистных сооружений насосной станцией очищенная сточная вода подается в магистральный трубопровод на модульные участки системы ВПО. В голове каждого из пяти модулей имеется распределительный узел, состоящий из двух колодцев: один для управления, в нем установлены задвижки диаметром 150 мм и водомер; второй для водовыпуска с поплавковым регулятором уровня воды, поддерживающим необходимый напор. При поливе модульного участка открывается задвижка, и вода попадает в мокрый колодец с регулятором уровня, где поддерживается напор 0,2–0,3 м над поверхностью почвы. Одновременно вода подается на все пять модульных участков системы. Из мокрого колодца вода поступает в участковый распределительный трубопровод, к которому подключены 10 поливных участков. Переключая задвижки на трубопроводе, поочередно проводят полив всех поливных участков, каждый площадью 1 га.

В голове поливного участка расположен поливной трубопровод, к нему подсоединяются 80 перфорированных труб длиной 100 м. Увлажнители уложены бестраншейным способом на глубину 50 см. Перфорация продольно-щелевая в нижней части полиэтиленовых труб диаметром 25 мм в виде щелей 1×50 мм. Расстояние между ними – 0,5 м. В соответствии с почвенными условиями системы расстояние между увлажнителями составляет 1,25 м. Вода, вытекая из щелей, осуществляет увлажнение почвы на глубине корнеобитаемого слоя.

За 10 лет эксплуатации системы ВПО на ней возделывались кукуруза на зеленый корм, пшеница, озимый ячмень, люцерна на семена и зеленую массу, кормовая свекла. Данные о выращиваемых культурах и поливном режиме за последние 3 года представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Поливной режим на системе ВПО

Культура	Количество поливов, шт.	Средняя продолжительность полива, ч	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Урожайность, ц/га
Кукуруза на зеленый корм	4	27	360	1440	400
Пшеница	3	29	390	1160	41
Люцерна на зеленую массу	5	26	350	1750	360

Контроль за аналитическим и химическим составом сточных вод ведет лаборатория очистных сооружений. Санитарно-гигиенические исследования почвы на содержание бактерий, микроорганизмов и гельминтов проводились совместно с санэпидстанцией осенью, после окончания поливов. По результатам исследований дана оценка биологического загрязнения почвы и выявлен наиболее безопасный способ полива (таблица 2). Патогенная микрофлора и гельминты при ВПО и дождевании не обнаружены. При поливе дождеванием общее микробное число на поверхности почвы в 7 раз выше, чем при ВПО.

На участках ВПО в зимне-осенний период проводился ремонт отдельных узлов системы и трубопроводов. В процессе эксплуатации опытнo-производственного участка в течение вегетационного периода определялась работоспособность основных эле-

ментов: насосной станции, фильтра, регуляторов уровня воды, запорной арматуры, водометров, трубопроводной и увлажнительной сети, были учтены сбои в работе ВПО.

Таблица 2 – Бактериологический и гельминтологический анализ почвы при ВПО и дождевании

Горизонт почвы, см	Титр кишечной палочки		Количество колоний в 1 г (общее микробное число)	
	ВПО	дождевание	ВПО	дождевание
Поверхность почвы	0,001	0,00001	3250	21750
Горизонт 0–20	0,01	0,00001	2750	18000
Горизонт 20–40	0,1	0,0001	2000	87500
Горизонт 40–60	0,1	0,1	2500	3950
Горизонт 60–80	0,9	выше 1,0	1050	2500
Горизонт 80–100	выше 1,0	выше 1,0	800	800

Результаты и обсуждение. ВПО – экологически надежный способ полива [6, 7]. Работоспособное состояние системы ВПО зависит от объективных и субъективных факторов. К объективным факторам относятся воздействие окружающей среды и особенности эксплуатационных режимов. Окружающая среда: температура воздуха, качество очищенной сточной воды, состояние почвы – оказывает воздействие на работу системы ВПО. Температурные колебания (зима и лето) влияют на линейное распределение полиэтиленовых труб и их старение, вследствие чего изменяется пропускная способность трубопроводов. Одной из проблем, возникающих при эксплуатации системы ВПО, является наличие взвешенных частиц, микроорганизмов, мусора в очищенной сточной воде. Все это приводит к заилению труб. На пропускную способность увлажнителей оказывает влияние и цикличность работы системы. При длительной эксплуатации системы происходит уплотнение почвы вокруг увлажнителя, что снижает его расход. Таким образом, влияние окружающей среды на работоспособность системы ВПО является сложным и проявляется многофакторно.

Субъективные факторы, влияющие на работу системы ВПО, можно условно подразделить на три группы: конструкторско-проектные, производственные и эксплуатационные. К первой группе относится несовершенство конструкций отдельных элементов системы, вследствие чего они неудовлетворительно выполняют свои функции. Ко второй группе относится несовершенство строительства трубопроводной сети и увлажнителей, низкое качество производимых строительных и монтажных работ. К эксплуатационным факторам, влияющим на работоспособность системы ВПО, следует отнести нарушение правил эксплуатации, в частности невыполнение промывки увлажнителей и низкое качество технического обслуживания.

Основным фактором, влияющим на работоспособность системы ВПО, является качество выполненных строительных работ при создании системы, а при эксплуатации оказывает влияние качество очищенной сточной воды и своевременное проведение ремонтных работ. Первые годы эксплуатации системы показали необходимость доочистки очищенной сточной воды, так как в отдельные периоды работы очистные сооружения не справлялись с очисткой и подавали недостаточно очищенную воду с механическими примесями (мусором, пленками, косточками и т. п.) и биологическими загрязнителями (мертвым илом). Это затрудняло нормальную эксплуатацию системы ВПО. Поэтому был установлен фильтр от дождевальной машины «Фрегат». В течение 2 лет работы сетчатого фильтра происходил несколько раз порыв сетки фильтра, чему способствовало большое содержание механических загрязнителей. В дальнейшем эксплуатация фильтра не решила проблемы доочистки очищенной сточной воды, так как необходимо было ежедневно производить ручную очистку и промывку фильтра, а при невыполнении этого происходил разрыв сетки. Анализ низкой работоспособности фильтра выявил субъективные факторы проектно-конструкторской недоработки.

Основной частью системы ВПО является распределительный узел, обеспечивающий фиксированный равномерный расход воды. Наличие взвешенных веществ снижает работоспособность водомеров и диафрагменных затворов с поплавковым регулятором уровня воды. За поливной сезон возникала необходимость несколько раз проводить разборку и очистку этих элементов системы. Анализ низкой работоспособности диафрагменных затворов с поплавковым регулятором уровня воды выявил субъективные факторы конструкторской недоработки.

Эксплуатация гидроавтомата уровня воды диафрагменного типа ГУД-150, который применялся на участке ВПО в опытном хозяйстве Крымского филиала Института гидротехники и мелиорации в течение длительного времени, показала высокую работоспособность. При проектировании новых орошаемых участков данную конструкцию регулятора уровня можно брать за образец.

За поливной сезон были выявлены дефекты в работе оросительной сети: девять задвижек (чугунных, клиновых с выдвижным шпинделем) диаметром 100 мм из ста на системе неплотно перекрывали ток воды, имели место течи на поливных и собирающих трубопроводах из асбестоцементных труб. Основными причинами сбоя в работе установки являлись плохое качество строительных работ и несвоевременное выполнение технического обслуживания системы.

Для определения заиливания и обрастания корнями перфорированных труб были проведены раскопки, раскапывались три увлажнителя, расположенные в разных местах системы (4-е поле 2-го модуля, 9-е поле 4-го модуля, 1-е поле 5-го модуля). Поливные трубопроводы раскапывались в трех местах: в начале, середине и конце увлажнителя длиной 1 м. Исследования заключались в определении обрастания корнями растений и установлении количества отложившегося осадка в граммах на погонный метр увлажнителя и распределения его по периметру. На 9-м и 10-м полях модулей выращивалась люцерна 2-го года посадки. При раскопке встречались корни толщиной до 3,0 мм, уходившие на глубину до 1,0 м и более. Обрастание корнями или их скопление вблизи увлажнителя не наблюдалось. При раскопке на 9-м поле 4-го модуля заиливание наблюдалось на половине – трети периметра сечения в нижней лотковой части увлажнителя. Слой налета осадка составлял от 0,05 до 1 мм. Наибольший слой и количество ила наблюдались в конце увлажнителя, осадок слоистый, в котором встречались волоски.

Два увлажнителя (4-е поле 2-го модуля и 1-е поле 5-го модуля) раскапывались на полях кукурузы на зеленую массу. При раскопке перфорированных трубок на этих полях вблизи увлажнителей встречались активные корни кукурузы толщиной до 1 мм, которые проходили параллельно увлажнителю, но в водовыпускающие щели они не заходили. Это наблюдалось при расположении ряда растений над увлажнителем на 4-м поле 2-го модуля. Заиливание увлажнителя наблюдалось в лотковой части. В таблице 3 представлено распределение осадка сточной воды в увлажнителях системы. Осадок располагался на половине периметра сечения увлажнителя в начале и на двух третях периметра сечения в конце. Ил слоистый высотой от 0,5 до 2,0 мм. Меньший слой и количество осадка наблюдается в начале перфорированных трубок, больший – в конце (в 2–4 раза при положительных уклонах увлажнителей). При обратном уклоне осадок скапливается в середине увлажнителя (1-е поле 5-го модуля), иловый налет занимает треть периметра сечения увлажнителя, и его слой составляет 0,5–1,0 мм. Осадок слоистый, в нем присутствуют ворсинки, волоски, солома.

Количество осадка сточной воды в одном увлажнителе составляет от 227,5 г (на 1-м поле 5-го модуля) до 625,0 г (на 4-м поле 2-го модуля). На поле количество ила в 80 увлажнителях составило от 18,2 до 50,0 кг. Осадок отбирался с 1 пог. м перфорированной трубы, высушивался до воздушно-сухого состояния, а затем прокаливался при температуре 800 °С. В таблице 4 представлены результаты измерения веса осадка сточных вод в увлажнителях системы ВПО.

Таблица 3 – Количество осадка и распределение его в увлажнителе системы ВПО

№ модуля, № поля	Место раскопки увлажнителя	Глубина укладки увлажнителя, см	Уклон увлажнителя, %	Количество осадка на 1 пог. м в воздушно-сухом состоянии, г	Количество осадка в увлажнителе 100 пог. м, г
4-е поле 2-го модуля	начало	56,5	–	2,80	625,0
	середина	52,5	0,0085	4,45	
	конец	–	0,0027	13,30	
9-е поле 4-го модуля	начало	47,0	–	2,35	241,25
	середина	44,5	0,0042	0,90	
	конец	52,0	0,0027	5,50	
1-е поле 5-го модуля	начало	52,0	–	2,90	227,5
	середина	49,0	0,0035	2,80	
	конец	43,5	0,0009	0,60	

Таблица 4 – Распределение прокаленного осадка сточных вод в увлажнителях системы ВПО

В %

№ модуля, № поля	Начало увлажнения		Середина увлажнения		Конец увлажнения	
	прока- ленный осадок	в % от воздуш- но-сухого состава	прока- ленный осадок	в % от воздуш- но-сухого состава	прока- ленный осадок	в % от воздуш- но-сухого состава
4-е поле 2-го модуля	1,53	54,64	1,86	41,80	5,93	44,59
9-е поле 4-го модуля	1,31	44,50	0,51	56,67	2,75	50,00
1-е поле 5-го модуля	2,12	73,10	1,49	53,21	0,43	71,67

Вес прокаленного осадка составляет от 41,8 до 73,1 %. При малых количествах нерастворенных веществ доля неорганической части осадка больше. Для оценки неорганической части осадка проведен валовой анализ (таблица 5). Из данных таблицы 5 видно, что оксид кремния составляет большую часть ила, затем примерно одинаковое содержание оксидов алюминия, железа и кальция, тяжелые металлы находятся в очень малых количествах.

Таблица 5 – Качественный состав неорганической части осадка сточных вод в увлажнителях системы ВПО

В %

Оксид кремния	Оксид алюминия	Оксид железа	Оксид кальция	Хром	Никель	Марганец	Цинк	Медь
54,02	10,85	9,39	8,70	0,054	0,009	0,035	0,110	0,023

Выводы

1 Установлено, что на участке ВПО очищенными сточными водами при возделывании культур зернового и кормового севооборотов поливной режим и урожайность не отличаются от полива чистой водой.

2 За период эксплуатации система ВПО показала себя работоспособной и обеспечивающей поддержание влаги в почве на необходимом уровне. Однако некоторые элементы, а именно диафрагменные затворы с регулятором уровня воды, водомерные устройства, запорная арматура, требуют усовершенствования.

3 Основным фактором, влияющим на работоспособность системы ВПО, является качество выполненных строительных работ, а при эксплуатации оказывает влияние степень очистки сточной воды и своевременное проведение ремонтных работ.

4 ВПО – экологически надежный способ полива. При поливе дождеванием общее микробное число на поверхности почвы в 7 раз выше, чем при ВПО.

5 Результаты раскопок увлажнителей показали, что слой налета ила составляет от 0,5 до 2,0 мм в нижней лотковой части на 1/3–1/4 части увлажнителя. Меньший слой и количество ила наблюдаются в начале увлажнителя, в конце – больший в 2–4 раза. Текстура ила слоистая. Количество осадка сточной воды в одном увлажнителе составляет от 227,5 до 625,0 г. Обрастание увлажнителя корнями растений не наблюдалось, однако имело место прохождение активных корней параллельно увлажнителю.

6 Разработан капельно-внутрипочвенный способ полива нового поколения, он применяется при возделывании технических (сои, кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы) и многолетних культур (персика, сливы, яблони), когда нет шпалеры, при поливе очищенными сточными водами.

Список использованных источников

1 Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2016 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meco.rk.gov.ru/rus/file/doklad-o-sostoyanii-i-okhrane-okruzhayushhej-sredy-respubliki-krym-v-2016-godu.pdf>, 2017.

2 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для целей орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96. – М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997. – 54 с.

3 Бескровный, Ю. Г. Использование сточных вод для орошения / Ю. Г. Бескровный, М. В. Козинец, В. И. Бойко. – Киев: Урожай, 1989. – 158 с.

4 Овцов, Л. П. Сельскохозяйственное использование сточных вод: справочник / Л. П. Овцов, В. В. Игнатова, Э. Е. Элик. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 224 с.

5 Кременской, В. И. Сточные воды как перспективный ресурс повышения водообеспеченности Республики Крым / В. И. Кременской, М. В. Вердыш // Природообустройство. – 2016. – № 5. – С. 72–77.

6 Ляшевский, В. И. Изучение возможностей использования очищенных сточных вод для орошения в Крыму / В. И. Ляшевский, М. В. Вердыш, В. И. Кременской // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 1(5). – С. 111–119.

7 Волкова, Н. Е. Качественная оценка возможности использования сточных вод в Крыму при существующем уровне очистки / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров, С. В. Подвалова // Строительство и техногенная безопасность. – 2016. – № 5(57). – С. 113–118.

УДК 628.1.033/628.171.033/556.11

Н. М. Иванютин, С. В. Подвалова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ КРЫМА ВОД С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛНОЦЕННОСТИ

Целью исследований была оценка физиологической полноценности питьевых вод с выявлением возможных рисков для здоровья населения, поступающих потребителю из источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения в разных районах г. Симферополя, а также некоторых населенных пунктов Симферопольского района. Для достижения поставленной цели были отобраны пробы воды в разных водоисточниках, определен их химический состав, а также проведен сравнительный

анализ полученного солевого состава вод для оценки их физиологической полноценности и соответствия нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01, ГН 2.1.5.1315-03. Установлено, что природные воды централизованного водоснабжения из поверхностных водоемов более соответствуют нормативным показателям по физиологической полноценности и СанПиН, чем подземные воды из централизованных и нецентрализованных источников в сельской местности. В последних отмечается повышенное значение pH, жесткости, а также содержания ионов кальция, магния и др., которые могут оказывать негативное влияние на здоровье жителей, употребляющих данную категорию вод. Для предотвращения негативного воздействия на организм населения и возможности развития многих заболеваний, связанных с употреблением питьевой воды ненадлежащего качественного состава, существует необходимость внедрения современных технологий водоподготовки, которые способны не только изменять ее солевой состав в сторону уменьшения концентрации некоторых элементов, но и обогащать наиболее важными компонентами до требуемых концентраций.

Ключевые слова: водоснабжение, физиологическая полноценность, питьевая вода, химический состав, централизованное и нецентрализованное водоснабжение.

N. M. Ivanyutin, S. V. Podovalova

Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation

ASSESSMENT OF WATER USED FOR DRINKING WATER SUPPLY FOR POPULATION OF THE CRIMEA FROM THE VIEWPOINT OF ITS PHYSIOLOGICAL USEFULNESS

The purpose of research was the assessment of physiological usefulness of drinking water with identification of possible risks to people's health that is delivered to consumers from sources of centralized and non-centralized water supply in various areas of Simferopol, as well as some settlements of Simferopol district. To achieve this goal, water samples from different water sources were taken, their chemical composition was determined, and a comparative analysis of the obtained water salt composition was made to assess their physiological usefulness and compliance with SanPiN standards 2.1.4.1074-01, GN 2.1.5.1315-03. It is found out that natural waters of centralized water supply from surface water sources correspond to the normative indices on physiological usefulness and SanPiN more than groundwater from centralized and non-centralized sources in rural areas. In the latter there is increased pH, stiffness, and also calcium, magnesium, etc. ions which can have a negative impact on the health of residents who use this category of water. To prevent negative impact on people's health and possibility of developing many diseases associated with drinking water of inadequate quality, there is a need to introduce modern water treatment technologies that can not only change its salt composition in the direction of reducing the concentration of certain elements, but also to enrich them with the most important components to the required concentrations.

Key words: water supply, physiological usefulness, drinking water, chemical composition, centralized and non-centralized water supply.

Введение. По состоянию на 2015 г. централизованными системами водоснабжения в РК было обеспечено 77 % населенных пунктов, в которые входят 16 городов, 53 поселка городского типа и 546 сел (из 956, что составляет чуть больше половины жилого фонда). Водоснабжение городов и сельских населенных пунктов Крыма осуществляется из поверхностных (водохранилищ) и подземных источников (артезианских скважин и каптажей).

За последние годы ухудшилось водоснабжение жителей сельской местности, особенно степного Крыма.

Водопроводы числом 751 ед. пропускают воду потребителям в количестве 1248 тыс. м³/сут, однако при транспортировке теряется до 50 % воды из-за того, что

распределительные сети отработали свой срок амортизации. Жители 161 населенного пункта частично или полностью пользуются привозной водой. Численность населения, пользующегося услугами централизованного питьевого водоснабжения, составляет 1680 тыс. чел.

На рисунке 1 показана динамика использования воды в сельскохозяйственном централизованном водоснабжении, уменьшение использования произошло из-за износа трубопроводов, отсутствия в достаточном количестве воды и других причин.

Как следует из приведенных на рисунке 1 данных, использование воды сельскими жителями из централизованных источников только за последние 15 лет сократилось почти в 170 раз, хотя количество сельского населения увеличилось с 740,3 тыс. чел. в 2000 г. до 933,7 тыс. чел. в 2015 г. [1]. Из-за недостаточных объемов подачи воды сельские жители вынуждены использовать нецентрализованные водоисточники, качество воды в которых не всегда соответствует нормативным показателям и может быть опасным для здоровья.

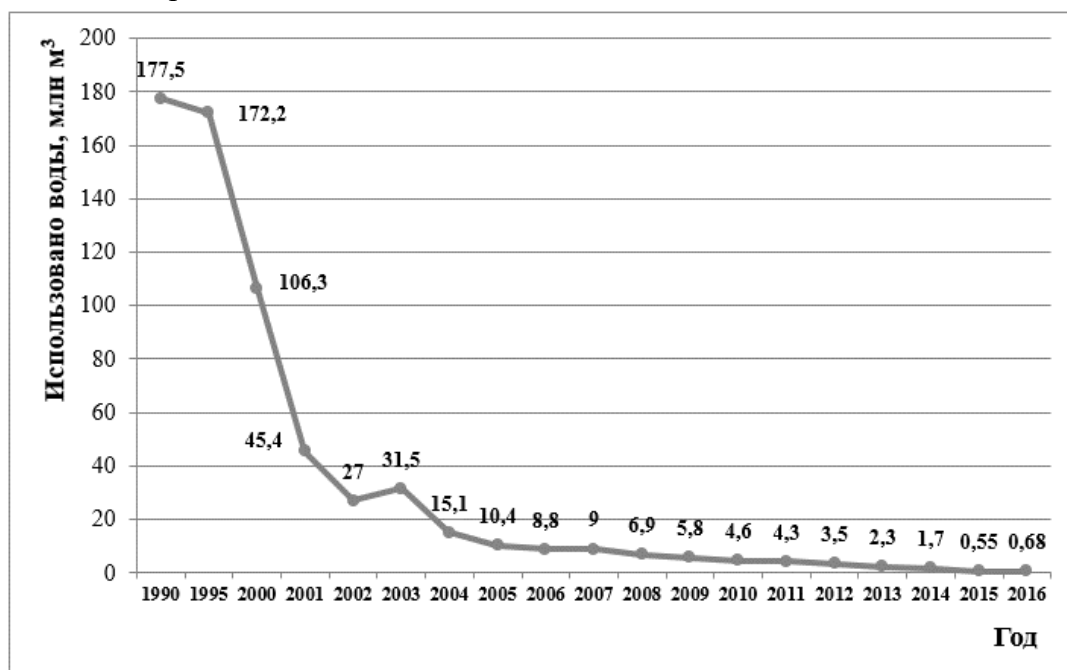


Рисунок 1 – Динамика использования воды в сельскохозяйственном водоснабжении, млн м³/год

Еще одной проблемой является несоблюдение рекомендуемых норм водоподдачи для населения. В соответствии с требованиями СП 31.13330.2012 [2], норма водопотребления для городского населения составляет 250 л/(сут·чел.), а для сельского – 170 л/(сут·чел.). В 1995 г. (при численности сельского населения 817,7 тыс. чел.) одним жителем села было использовано 570 л/сут, а в 2015 г. – всего 1,6 л/сут. Такое положение считается катастрофическим и ведет к негативным последствиям, таким как ухудшение здоровья населения, отток жителей из сельской местности и т. д. Для улучшения качества жизни сельского населения необходимо повысить водообеспечение аграрных районов до соответствующих норм.

Несмотря на то, что около 1,7 млн чел. в Крыму имеют централизованное водоснабжение, не все воды, используемые для питьевых целей, можно считать достаточно благоприятными для здоровья человека. Поэтому одной из основных задач водоснабжения Крыма остается обеспечение населения водой питьевого качества в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.1315-03 [3, 4].

В настоящее время на полуострове водоподготовка осуществляется на восьми станциях с суммарной проектной производительностью более 700 тыс. м³/сут. Уста-

ревшие оборудование и методы очистки станций водоподготовки не обеспечивают необходимый уровень качества питьевой воды. Жители многих населенных пунктов вынуждены использовать воду из нецентрализованных источников, которая имеет повышенную минерализацию (до 4 г/дм³), жесткость и содержание основных анионов и катионов, что является угрозой для здоровья.

В соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 [3] питьевая вода должна быть безопасна, безвредна и иметь благоприятные свойства. Санитарные нормы устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК), при соблюдении которых вода не оказывает вреда здоровью человека. В графе 2 таблицы 1 приведены значения ПДК для веществ, количество которых составляет 95 % от всего состава и отражается в записи формулы солевого состава воды, или, другими словами, в «паспорте воды». Но данные графы 2 не могут отразить полноценность воды – физиологически необходимый сбалансированный набор катионов и анионов, являющийся источником поступления в организм необходимых химических элементов.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика основных показателей воды по ПДК и физиологической полноценности

Компонент	ПДК*	Норматив физиологической полноценности питьевой воды
1	2	3
Сухой остаток	1000	200–500 (1-й класс); 100–1000 (2-й класс)
Жесткость	7,0	1,5–7,0
Сульфаты	500,0	5–30
Хлориды	350,0	70–100
Натрий	200,0	70–100
Калий	10–50	2–20
Гидрокарбонаты	нн	30–400
Кальций	нн	25–130
Магний	50	5–65
* – СанПиН 2.1.4.1074-01, ГН 2.1.5.1315-03. нн – не нормируется.		

Первые научные исследования по определению физиологической полноценности химического состава питьевой воды были проведены еще в 1912 г. российским ученым химиком-биологом Н. К. Кольцовым. Результатом этих исследований стали величины минимального и максимального содержания химических элементов, которые положительно влияют на организм человека. Понятие физиологической полноценности питьевой воды и соответствующие нормативы были впервые введены в РФ в 2002 г., и Россия первой из всех развитых стран ввела такое требование к питьевой воде. Сегодня по примеру нашей страны вводятся такие нормативы и в других странах. Основные показатели биологически необходимых элементов, которые должны находиться на оптимальном уровне, согласно действующим санитарным правилам в отношении питьевой воды, приведены в графе 3 таблицы 1.

При наличии нескольких источников водоснабжения равной санитарной надежности и равной возможности обеспечения населения водой выбор источника должен осуществляться с учетом физиологической полноценности [5].

Материалы и методы. Экспериментальная часть настоящего исследования проведена по результатам мониторинговых работ по оценке качества вод водных объектов РК в отделе ВМиАВ ФГБУН «НИИСХ Крыма».

Объектом исследования была вода из источников питьевого водоснабжения: водопроводная вода в разных районах г. Симферополя, вода главных источников питье-

вого водоснабжения – Аянского, Симферопольского и Балановского водохранилищ, вода источников нецентрализованного водоснабжения (скважинные водозаборы в сельской местности), а также скважины и колодцы частных домовладений.

Точки отбора образцов воды. Пробы воды отбирались в 14 пунктах (рисунок 2), в которых с 2016 г. проводится мониторинг качественного состава воды в разные сезоны года с выявлением возможных антропогенных источников загрязнения.

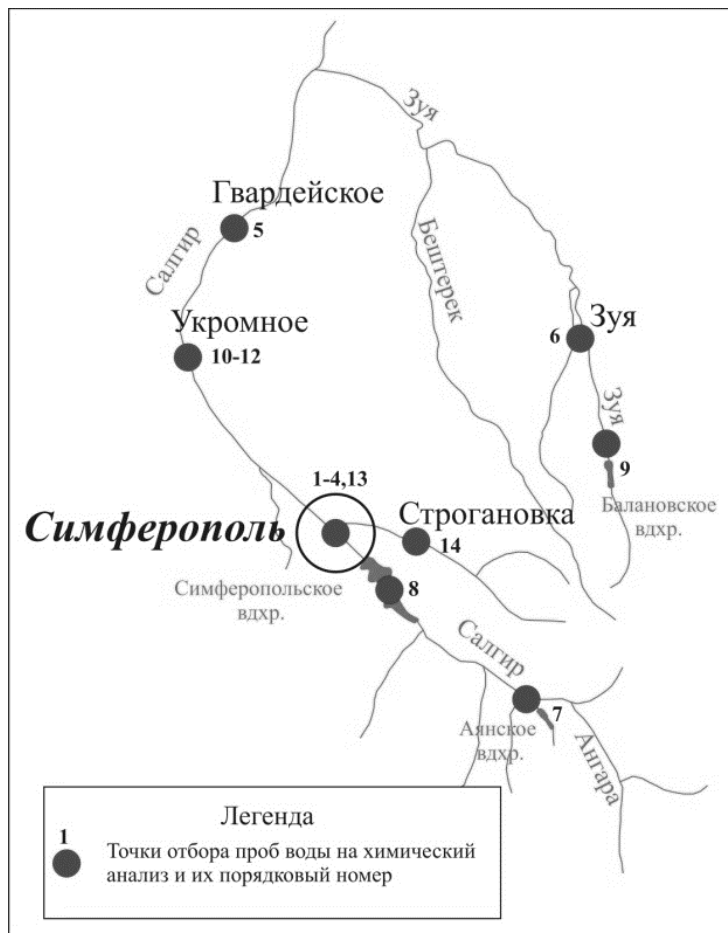


Рисунок 2 – Карта-схема расположения точек отбора проб воды из различных источников водоснабжения

Для определения физиологической полноценности питьевых вод в 2016 и 2017 гг. из источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения, а также из Аянского, Симферопольского и Балановского водохранилищ были отобраны пробы воды. После этого были проведены анализы в лаборатории агрохимических исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма» по сокращенному перечню показателей: минерализация, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , HCO_3^{-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} , а также pH (таблица 2).

Результаты и обсуждение. Л. П. Бакуменко, П. А. Коротковым, Ю. В. Ерофеевым, Т. А. Нескиным, Д. В. Турчаниновым, И. В. Мудрым и др. [6–9] были проведены исследования влияния химического состава питьевых вод на здоровье населения в разных регионах России. В результате было установлено, что минеральный состав вод оказывает влияние на здоровье человека и приводит к ежегодному росту числа заболеваний сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, онкологии и др.

Далее приводится оценка исследуемых вод, взятых из различных водоисточников (водопровода в разных районах г. Симферополя, водохранилищ, скважин, колодца) и используемых в питьевых целях.

Таблица 2 – Результаты химического анализа проб воды и их соответствие нормативным показателям

Место отбора	Сухой остаток	pH	HCO ₃ ⁻	Жесткость, мг-экв/л	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	В мг/дм ³
ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01, ГН 2.1.5.1315-03	1000	6-9	нн	< 7	350	нн	50	10-20	200	SO ₄ ²⁻ 500
Норматив физиологической полноценности питьевой воды (по СанПиН 2.1.4.1116-02)	200-500	6-8	30-400	1,5-7,0	70-100	25-130	5-65	2-20	70-100	5-30
Водопроводная вода										
1) район Марьино	294	7,98	250	8,57	33,7	138	20	1,3	6,5	30
2) район Киевский	220	7,80	220	5,87	30	84	20	4	8	сл.
3) район Героев Сталинграда	272	8,30	244	4,38	38	66	13	2	15	53
4) район Свобода	358	8,30	240	4,43	48	72	10	2	11	27
5) пгт Гвардейское	602	8,14	366	7,80	70	126	18	6	47	62
6) пгт Зуя	218	8,00	256	5,00	42	70	18	2	4	14
Водохранилища										
7) Аянское	184	8,26	226	4,53	34	74	10	1,5	3,0	36
8) Симферопольское	238	8,32	122	6,67	42	90	26	2,5	11	25
9) Балановское	226	8,08	198	3,27	16	62	2	1,3	4,5	30
Скважины и колодцы										
10) скв. № 1, с. Укромное	712	7,66	805	9,93	178	142	34	13	47	81
11) скв. № 2, с. Укромное	600	7,60	695	8,73	146	128	28	5	40	72
12) скв. № 3, с. Укромное	672	8,00	427	14,80	89	226	42	30	50	25
13) колодец, г. Симферополь, район ж/д вокзала	850	8,27	396	10,52	79	162	29	2,5	56	75
14) скв., с. Строгановка	638	7,95	378	8,40	73	98	42	1,3	38	33
638 – превышение норматива физиологической полноценности; 8,40 – превышение по СанПиН; – ниже нормы физиологической полноценности.										

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, только вода из водохранилищ по всем показателям соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Водопроводная вода в пробах № 5 и 1 по значению жесткости превышает норму ПДК в 1,1 и 1,2 раза соответственно. Жесткость воды подземных источников превышает норму в 1,2–2,1 раза. Полученные данные свидетельствуют о том, что водопроводная вода является наиболее безопасной в связи с контролем, который осуществляется на станциях водоподготовки непосредственно перед ее подачей в водопроводную сеть.

Показатели физиологической полноценности воды во всех пробах ниже или выше рекомендуемых предельных значений. Это еще раз свидетельствует о необходимости предварительной подготовки воды перед ее употреблением, особенно при использовании вод нецентрализованных водоисточников.

Водопроводная вода. По физиологической полноценности качество воды пробы № 5 по четырем показателям превышало норму (сухой остаток, pH, жесткость, сульфаты). В пробах № 2 и 6 вода в основном соответствовала оптимальному содержанию компонентов, за исключением Cl^- и Na^+ , содержание которых во всех пробах водопроводной воды было ниже минимального предела физиологической нормы.

Вода водохранилищ. По физиологической полноценности во всех пробах зафиксировано превышение по значению pH, а в пробе № 7 незначительно по сульфатам. Ниже минимальных пределов отмечаются химпоказатели: Cl^- , Na^+ , K^+ в Аянском; Cl^- , Na^+ в Симферопольском и Cl^- , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ в Балановском водохранилищах.

Подземные воды. По всем химическим показателям данная категория вод значительно отличалась от поверхностных. Во всех пробах почти все значения превышали нормативы физиологической полноценности. По показателям жесткости пробы можно разделить по возрастанию превышения нормы: в 1,2 раза пробы № 11 и 14; в 1,4 раза проба № 10; в 1,5 раза проба № 13 и в 2,0 раза проба № 12. Также отмечены значительные превышения норм: по сухому остатку в пробах № 11, 14, 12, 10, 13 в порядке возрастания в 1,2–1,7 раза; по сульфатам в пробах № 11, 13, 10 в 2,4, 2,5 и 2,7 раза соответственно.

Рассмотрим два основных показателя качества питьевой воды – сухой остаток и жесткость, повышенное содержание которых отмечается во многих исследуемых пробах и которые являются основными критериями при оценке ее влияния на организм человека. Для наглядности представим данные, полученные в результате проведенного химического анализа всех категорий исследуемых вод, на рисунке 3.

Анализируя данные, представленные на рисунке 3, можно сделать вывод, что половина исследуемых проб воды находится за пределами физиологической полноценности, а это не может не вызывать озабоченность.

Наличие в воде необходимых солей и микроэлементов важно для обеспечения водно-солевого баланса, кислотно-щелочного равновесия в организме человека. Состав воды формируется под воздействием многих факторов: природных (геологического строения водосборной площади, климата, осадков и др.) и антропогенных. К антропогенным источникам загрязнения можно отнести объекты жилищно-коммунального хозяйства и промышленности, поверхностный смыв с городских территорий, сточные воды, поступающие от разнообразных объектов, стихийные свалки бытового мусора [10]. Если на природные факторы человек не может оказывать существенного влияния, то антропогенная нагрузка на водные объекты непосредственно зависит от человеческой деятельности.

Одним из способов получения чистой и полезной питьевой воды является проведение дополнительной очистки воды перед ее употреблением. Это могут быть различные варианты фильтров от обычных «кувшинов» до установок по очистке воды на основе обратного осмоса и нанофильтрации с последующим прохождением воды через минерализатор – фильтр, который насыщает воду всеми необходимыми микроэлементами.

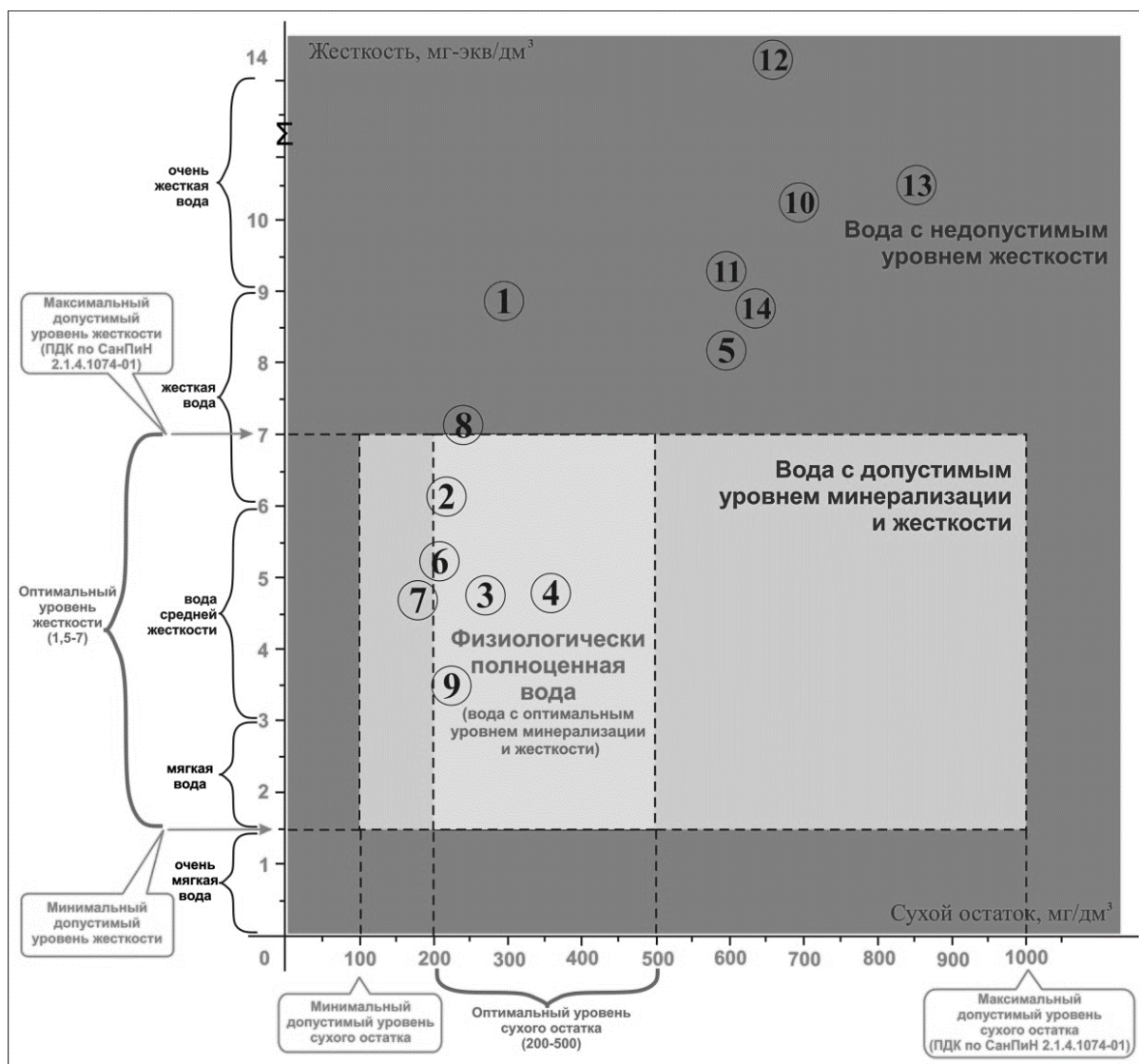


Рисунок 3 – Графическое представление соответствия исследуемых питьевых вод нормам физиологической полноценности по основным показателям

Чтобы употреблять воду соответствующего качества, первое, что необходимо сделать, – это провести химический анализ воды из используемого для питьевых целей источника, для того чтобы определить химический состав, и только после этого проводить выбор метода водоподготовки.

Заключение

1 Питьевая вода, подаваемая населению централизованными источниками водоснабжения в г. Симферополе после водоподготовки, по содержанию основных элементов, входящих в ее состав (гидрокарбонатов, кальция, магния, калия), величине pH и общей минерализации имеет в Киевском районе и пгт Зуя сбалансированный состав, соответствующий приведенным нормам физиологической полноценности с небольшими отклонениями по заниженному содержанию хлоридов и натрия. Содержание натрия составляет в среднем 10 %, а хлоридов – 53 % от рекомендуемой концентрации.

2 Питьевая вода подземных источников не только не соответствует нормам по физиологической полноценности, но и имеет завышенные значения по жесткости. Однако в связи с отсутствием более качественных источников население вынуждено использовать эти воды для питьевых целей. Применяемые способы доочистки данной категории вод в домашних условиях не всегда имеют достаточную эффективность,

так как выбор фильтра должен быть основан на результатах химанализа показателей состава воды. Таким образом, население Крыма, особенно в сельской местности, подвергается риску возникновения заболеваний из-за использования питьевой воды, не соответствующей нормативным показателям.

3 Результаты, полученные учеными при оценке химсостава воды в разных областях РФ, указывают на необходимость принятия мер по улучшению санитарно-технического состояния централизованных систем водоснабжения, а особенно практической реализации новых направлений водоподготовки для обеспечения населения качественной питьевой водой.

4 Полученные нами данные по качественным показателям питьевых вод даже на небольшой территории свидетельствуют о целесообразности дальнейших исследований во всех районах Крыма с целью оценки их возможного влияния на здоровье человека. Особенно это актуально в сельской местности, где питьевое водоснабжение осуществляется из нецентрализованных источников.

5 Использование данного вида оценки качества вод для питьевых целей по содержанию физиологически значимых элементов на протяжении нескольких лет позволит определить мероприятия для улучшения их состава.

Список использованных источников

1 Подовалова, С. В. Современное состояние сельскохозяйственного производства и численность сельского населения Крыма / С. В. Подовалова, В. В. Попович // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 1(5). – С. 145–153.

2 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СП 31.13330.2012: утв. М-вом регион. развития Рос. Федерации 29.12.11: введ. в действие с 01.01.13. – М., 2015. – 139 с.

3 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01: утв. 26.09.01: введ. в действие с 01.01.02. – М., 2002. – 46 с.

4 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.2.1315-03: утв. Глав. гос. санитар. врачом Рос. Федерации 27.04.03: введ. в действие с 15.06.03. – 2003. – 84 с.

5 Ключников, Д. А. Эколого-химическая оценка питьевых вод г. Уссурийска и влияние их качества на здоровье населения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Ключников Денис Александрович. – Владивосток, 2013. – 20 с.

6 Бакуменко, Л. П. Статистический анализ влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона / Л. П. Бакуменко, П. А. Коротков // Природная экономика. – 2011. – № 2(22). – С. 32–47.

7 Ерофеев, Ю. В. Влияние кальция и магния в питьевой воде на заболеваемость населения Омской области / Ю. В. Ерофеев, Т. А. Нескин, Д. В. Турчанинов // Гигиена и санитария. – 2006. – № 6. – С. 23–27.

8 Питьевая вода и здоровье населения. Вып. 1. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье человека: информ. пособие / под ред. Е. Н. Беляева. – М.: Федер. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.

9 Мудрый, И. В. Влияние минерального состава воды на здоровье населения / И. В. Мудрый // Гигиена и санитария. – 1999. – № 1. – С. 15–18.

10 Иванютин, Н. М. Влияние антропогенной деятельности на качественные характеристики вод реки Салгир и их оценка по степени пригодности для целей орошения / Н. М. Иванютин, С. В. Подовалова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 24–29.

УДК 631.92

М. В. Власенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

АНАЛИЗ НАУЧНЫХ МНЕНИЙ ПО ВОПРОСАМ ОПУСТЫНИВАНИЯ И АРИДИЗАЦИИ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ

Наиболее явными последствиями опустынивания являются деградация пастбищных угодий и падение производства продуктов питания. От деградации почвы уже пострадали 70 % всех засушливых земель нашей планеты ($\approx 3,6$ млрд га). Целью исследования являлось изучение научных взглядов по вопросам развития и подавления процессов деградации и опустынивания пастбищ как в России, так и за рубежом. В работе оцениваются климатические зоны, в которых наиболее вероятно возникновение опустынивания и засух. Приводятся мнения заслуженных ученых об антропогенных причинах опустынивания, о дистанционных методах слежения за динамикой увеличения и зарастания очагов дефляции. С их точки зрения, основными формами опустынивания пастбищ, встречающимися в Северо-Западном Прикаспии, являются: засоление – 57,1 %, дефляция – 25,6 %, эрозия – 17,3 %. В целом опустыниванием затронуто около 10 млн га пастбищных угодий, что составляет 57 % от всей площади опустыненных сельхозугодий. На территории Черных земель (16250 га) выделены 44 очага опустынивания (древние, старые и современные), которые отличаются между собой уровнем залегания грунтовых вод и степенью минерализации.

Ключевые слова: естественные пастбища, опустынивание, аридизация, антропогенная деградация, засуха, пески.

M. V. Vlasenko

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd, Russian Federation

ANALYSIS OF SCIENTIFIC OPINIONS ON QUESTIONS OF DESERTIFICATION AND ARRIDATION OF PASTURES

The most obvious consequences of desertification are the degradation of pasture lands and the decline in food production. 70 % of all arid lands of our planet have already suffered from soil degradation (≈ 3.6 billion hectares). The purpose of research was to study scientific views on the development and suppression of degradation processes and pastures desertification both in Russia and abroad. The climatic zones where desertification and drought are most likely to occur are assessed. The views of distinguished scientists on anthropogenic causes of desertification, remote methods of monitoring the dynamics of increase and overgrowth of deflation centers are presented. From their point of view, the main forms of pastures desertification that occur in the Northwest Caspian region are: salinity – 57.1 %, deflation – 25.6 %, erosion – 17.3 %. As a whole, about 10 million hectares of pastureland is affected by desertification, which is 57 % of the total area of deserted farmland. On the territory of the Black Lands (16250 ha) 44 desertification foci (ancient, old and modern) which differ by the level of water table and the degree of mineralization are distinguished.

Key words: natural pastures, desertification, aridization, anthropogenous degradation, drought, sands.

Введение. По многим показателям Северо-Западный (СЗ) Прикаспий служит географическим эталоном аридного пояса России, так как охватывает все природно-климатические зоны, включенные в состав аридных территорий: степную – 5,5 млн га

(17,4 %), сухостепную – 13,7 млн га (44 %), полупустынную – 6,4 млн га (20,5 %), пустынную – 5,7 млн га (18,1 %) [1].

Проблема деградации естественных пастбищ и природной кормовой растительности СЗ Прикаспия возникла в начале 1960-х гг. К концу 1970-х гг. загруженность пастбищ сильно возросла, а количество овец, перегоняемых на летние пастбища или в горные районы, стало уменьшаться. На пастбищах появилось значительное количество и крупного рогатого скота с круглогодичным содержанием. Стало очевидным, что допустимые нормы и сроки выпаса нарушены и превышены, а структура животноводческого стада не отвечает принципам рационального ведения хозяйства.

Доля деградации современных естественных пастбищ в СЗ Прикаспии составляет около 50–70 %. Особенно сильно от опустынивания пострадали Черноземельские массивы Калмыкии и равнинные районы Дагестана, используемые под зимние пастбища.

Материалы и методы. Целью исследования являлось изучение научных мнений по вопросам развития и подавления процессов деградации и опустынивания пастбищ как в России, так и за рубежом. При проведении исследований применялись общепринятые методики по работе с литературными и отчетными данными.

Результаты и обсуждение. Вопросами деградации и опустынивания занимались многие ученые. А. Н. Золотокрылин считал, что антропогенная деградация растительности ускоряет достижение порогового значения фитомассы и способствует распространению климатического опустынивания [2]. Исследованиями Е. И. Шуробора [3] установлено, что почвенный покров Калмыкии является источником частиц мелкой пыли, которая способна влиять на важнейшие климатообразующие процессы в атмосфере. Особенно большое ее количество образуется во время пыльных бурь, на бурых пустынно-степных легкосуглинистых, супесчаных почвах, песках, а также на азональных почвах (солончаках и солончаках).

Важным этапом и направлением в изучении процессов опустынивания являются спутниковые мониторинговые исследования почвенного, растительного покрова, ландшафтов. Дистанционный контроль является необходимым, когда имеешь дело с мониторингом обширных пространств [4]. Исследования, проведенные в Мавритании, позволили отследить начало и дальнейшую эволюцию опустынивания. С 1977 г. наблюдается постоянный рост числа и интенсивности песчаных и пыльных бурь. Их максимальное количество в г. Нукчот за 1960–1968 гг. достигало 302 бурь, за следующие 26 лет (1969–1995 гг.) – 4914 бурь. Временной и пространственный сценарий развития процессов опустынивания аналогичен как на территории СЗ Прикаспия (Черные Земли и Кизлярские пастбища), так и на других территориях [5, 6].

По существующим оценкам [7], климатические зоны, в которых наиболее вероятно возникновение опустынивания и засух, занимают около 47,5 % суши Земли. 70 % всех засушливых земель нашей планеты ($\approx 3,6$ млрд га) уже пострадали от деградации почвы. Это четвертая часть земной суши. Деградировано 30 % орошаемых земель, 47 % богарных и 73 % пастбищных. Более чем в 110 государствах мира имеются засушливые территории, для которых существует угроза опустынивания и засухи.

Наиболее явными последствиями опустынивания являются деградация пастбищных угодий и падение производства продуктов питания [8].

Полноценный анализ научных мнений по вопросам опустынивания и аридизации проведен А. Г. Бабаевым, И. С. Зонном и др., они отмечают теории аридизации климата пустынь. Свое несогласие высказали в печати К. К. Марков, 1951 г., Э. Мурзаев, 1949 г., 1962 г., Л. С. Берг, 1953 г., считая, что наблюдаемую в некоторых местах аридизацию климата пустынь надо рассматривать как временное явление (сухие периоды) или как следствие воздействия хозяйственной деятельности человека. Однако в этой проблеме следует различать два аспекта – аридизацию климата и усыхание пустынных территорий. Аридизация проявляется тогда, когда потенциальное испарение превышает осадки [1, 2].

К антропогенным причинам опустынивания относят:

- неумение обращаться с землей;
- отсутствие органики на пашне и времени отдыха;
- чрезмерный выпас скота;
- выращивание экспортных культур;
- ведение оседлого животноводства и бурение глубоких артезианских скважин питьевой воды, приводящие к «суперплотности» животных и людей вокруг колодцев;
- строительство каналов и искусственного орошения, приводящих к засолению;
- рост потребностей человечества в земельных и других природных ресурсах, приводящий к концентрации населения и конфликтам в социальной и природной сфере.

В региональном плане наиболее уязвимыми территориями являются земли вокруг низменных побережий и подверженные наводнениям, районы, подверженные засухе и опустыниванию, горные экосистемы. Пастбища подвергаются наибольшей опасности, так как располагаются на эдафически неблагоприятных землях. Они особенно уязвимы в сухой сезон, и если наступает сильная и длительная засуха, тогда опустынивание может произойти быстро. В хороший год относительно неповрежденные территории могут использовать свою стратегию «упругости», но деградированные места всегда сильнее повреждаются [7, 9–11].

Большая работа по оценке степени деградации СЗ Прикаспия была проведена под руководством академиков РАСХН В. И. Петрова и К. Н. Кулика, считающих, что детонатором опустынивания Черных земель стала их распашка, а климатические факторы способствуют ее распространению [4].

К. Н. Кулик [4, 5] проследил динамику увеличения и зарастания очагов дефляции с помощью метода дистанционного зондирования. На территории Черных земель были выделены 44 очага (16250 га) разного возраста: древние (возраст более 50 лет), старые (30–50 лет), современные (не старше 30 лет), которые отличаются между собой уровнем залегания грунтовых вод и степенью минерализации. Многовозрастные очаги опустынивания представляют собой лучший лесомелиоративный фонд, так как имеют невысокий уровень засоления грунтовых вод.

На основе статистических данных комитетов по землеустройству В. И. Петровым были разработаны индексы опустынивания, учитывающие степень дефлированности, эродированности и засоленности земель. В. И. Петров и др., изучая в СЗ Прикаспии открытые и полужаросшие пески, установили, что очаг опустынивания имеет три зоны: а) деструктивную, где осуществляется вынос мелкозема; б) деструктивно-аккумулятивную, зону с нестабильным режимом (приростом или убылью) эолового наноса; в) аккумулятивную – зону эолового накопления из деструктивной области [9].

Анализируя пастбищный фонд СЗ Прикаспия, следует отметить, что здесь, как и во всем мире, пастбища располагаются на землях, не пригодных для ведения интенсивного земледелия. Основные формы опустынивания пастбищ, встречающиеся в Прикаспии: засоление – 57,1 %, дефляция – 25,6 %, эрозия – 17,3 %. В целом опустыниванием затронуто около 10 млн га пастбищных угодий, что составляет 57,1 % от всей площади опустыненных сельхозугодий. Это существенный резерв вовлечения «обреченных» земель в интенсивный экономический оборот с целью получения качественной животноводческой и растениеводческой продукции.

Технология круглогодичного содержания скота на пастбищах предусматривает их максимально рациональное использование, сохраняющее продуктивность растительного покрова и способность к последующему воспроизводству. Оптимальное соотношение разных видов животных в стаде: 15,5 % овец, 15,5 % верблюдов, 43,4 % лошадей, 25,2 % крупного рогатого скота и 0,4 % коз. Тогда при эксплуатации пастбищ соблюдается определенная очередность стравливания участков [10].

Защитное лесоразведение в СЗ Прикаспии преследует цели по закреплению пес-

ков, защите и прокорму скота на пастбищах. Облесению песков и приаренных равнин должно предшествовать глубокое изучение природных особенностей песчаных массивов, биоэкологии деревьев и кустарников, культивируемых на аренах. Научную основу, многоцелевую ориентированность и масштабность лесомелиоративные работы в Прикаспии приобрели в 1920–1930-е гг. После основания в 1931 г. Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации (ВНИАЛМИ) здесь была создана сеть станций с целью разработки и внедрения способов лесомелиорации и сельскохозяйственного освоения песков и других малопродуктивных территорий. В этот период обобщался опыт облесения и рационального использования песков, закладывалась экспериментальная база для многолетних исследований (И. К. Андреев, С. В. Зонн, А. С. Карасев, М. А. Орлов, И. А. Цаценкин и др.) [10].

Исследования, нацеленные на выбор хозяйственного использования песчаных земель, размещения кормовых угодий и способов оценки их биологической продуктивности, агротехнических приемов выращивания лесов, продолжаются и в настоящее время на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (бывший ВНИАЛМИ) [11]. Это позволяет моделировать процессы развития аридных пастбищ в разные сезоны года и при разных условиях использования [12].

Заключение. По современным оценкам, более чем в 110 государствах мира имеются засушливые территории, для которых существует угроза опустынивания и засухи. Климатические зоны, в которых наиболее вероятно возникновение опустынивания и засух, занимают около 47,5 % суши Земли. 70 % всех засушливых земель нашей планеты уже пострадали от деградации почвы. В региональном плане наиболее уязвимыми территориями являются земли вокруг низменных побережий и подверженные наводнениям, районы, подверженные засухе и опустыниванию, горные экосистемы. Пастбища подвергаются наибольшей опасности, так как располагаются на эдафически неблагоприятных землях. Наиболее явными последствиями опустынивания являются деградация пастбищных угодий и падение производства продуктов питания. Закреплению песков, защите и прокорму скота на пастбищах в СЗ Прикаспия способствует защитное лесоразведение. При этом облесению песков и приаренных равнин должно предшествовать глубокое изучение природных особенностей песчаных массивов, биоэкологии деревьев и кустарников, культивируемых на аренах.

Список использованных источников

- 1 Пустыни / А. Г. Бабаев [и др.]. – М.: Мысль, 1986. – 318 с.
- 2 Золотокрылин, А. Н. Концепция климатического опустынивания / А. Н. Золотокрылин // Опустынивание и деградация почв. – М., 1999. – С. 174–175.
- 3 Шуробор, Е. И. Почвенный покров Калмыкии как источник поступления пылевых частиц в атмосферу / Е. И. Шуробор // Опустынивание и деградация почв: материалы междунар. науч. конф. / Ин-т почвоведения МГУ, РАН. – М., 1999. – С. 186–187.
- 4 Кулик, К. Н. Древние очаги дефляции на Черных землях и возможности их фитомелиорации / К. Н. Кулик, В. И. Петров // Аридные экосистемы. – 1999. – Т. 5, № 10. – С. 57–64.
- 5 Кулик, К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов / К. Н. Кулик. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 248 с.
- 6 Эскидафаль, Р. Наблюдение за почвами со спутников и мониторинг опустынивания в Северной Африке / Р. Эскидафаль // Опустынивание и деградация почв: материалы междунар. науч. конф. / Ин-т почвоведения МГУ, РАН. – М., 1999. – С. 330–333.
- 7 Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева, 1993. – 70 с.
- 8 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Вла-

сенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.

9 Петров, В. И. Лесомелиорация и адаптация агроэкосистем Российского Прикаспия / В. И. Петров, Э. Б. Габунцина. – Элиста: Джангар, 2002. – 128 с.

10 Фитомелиоративная реконструкция и адаптивное освоение Черных земель / С. Д. Дурдусов, М. С. Зулаев, К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Е. Хегай. – Волгоград – Элиста, 2001. – 332 с.

11 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 6–12.

12 Турко, С. Ю. Математическое моделирование роста и развития кормовых трав на аридных пастбищах / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 219–228.

УДК 631.67:635.21

Н. Н. Дубенок

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

Д. А. Болотин, А. Г. Болотин

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕЙ ПОСАДКИ

Цель исследований состоит в разработке водо- и энергосберегающих режимов капельного орошения летних посадок картофеля различных сортов, которые обеспечивают получение оздоровленных клубней, соответствующих семенным стандартам и экономически эффективных по отношению к завозному посадочному материалу. Приводятся результаты оценки влаго- и теплообеспеченности региона в годы проведения исследований. Исследована динамика формирования водных режимов почвы и соответствующих им режимов орошения картофеля в годы с различной обеспеченностью вегетационного периода атмосферными осадками. Установлено водопотребление и продуктивность летних посадок семенного картофеля. При этом наиболее продуктивными являются посадки картофеля сорта Журавинка, которые в зависимости от изучаемых водных режимов почвы формируют урожайность клубней от 36,68 до 44,72 т/га.

Ключевые слова: картофель, капельное орошение, поливная и оросительная норма, водопотребление, урожайность.

N. N. Dubenok

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after K. A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

D. A. Bolotin, A. G. Bolotin

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

IRRIGATION REGIME AND TUBER YIELD OF SUMMER PLANTED POTATOES

The aim of research is to develop water- and energy-saving drip irrigation regimes for summer planting of potatoes of various varieties, which ensure healthy tubers production that

meets seed standards and are cost-effective in relation to imported planting material. The results of the region's moisture and heat supply assessment during the years of research are presented. The dynamics of soil water regimes and the corresponding potato irrigation regimes formation in the years with different precipitation in vegetation period was studied. Water consumption and productivity of summer planted seed potatoes are found out. In this case, the most productive are potatoes plantings of the variety Zhuravinka, which form the tubers yield from 36.68 to 44.72 tons per ha depending on the studied soil water regimes.

Key words: potatoes, drip irrigation, irrigation depth and irrigation norm, water consumption, crop yield.

Введение. Картофель является одним из наиболее востребованных продуктов питания. Картофелеводческая отрасль в Нижнем Поволжье базируется на орошении и привозном посадочном материале, так как данный регион по метеорологическим условиям относится к неблагоприятной зоне получения оздоровленного семенного картофеля. Завозимые семена не всегда желаемого ассортимента и часто низкого качества, что ставит отрасль в экономическую и агротехническую зависимость [1]. В связи с этим производители картофеля, в особенности хозяйства населения, крайне редко обновляют семенной фонд, который из-за поражения болезнями приводит к снижению урожая на 30–50 % и более. Поэтому увеличение объемов и повышение эффективности производства картофеля в регионе связано с решением проблемы получения местного оздоровленного посадочного материала. При этом особую актуальность приобретают подбор отечественных районированных и перспективных сортов картофеля, адаптированных к местным условиям, и разработка водо- и энергосберегающих технологий орошения.

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

Материал и методы. Объектом исследования служит капельное орошение пяти сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции, а предметом исследований – закономерности формирования водного режима почвы, водопотребления и продуктивности картофеля.

Исследования по разработке основных показателей режимов капельного орошения, закономерностей водопотребления и продукционных процессов различных сортов картофеля проводятся в двухфакторном полевом опыте по следующей схеме.

Фактор А (водный режим почвы):

- вариант 1. Проведение вегетационных поливов при снижении влажности почвы до 80 % НВ в расчетном слое 0,6 м;
- вариант 2. То же в расчетном слое 0,4 м;
- вариант 3. Проведение вегетационных поливов при снижении влажности почвы до 80 % НВ и дифференциации расчетного слоя увлажнения от посадки до бутонизации включительно 0,4 м, а в остальной период вегетации – 0,6 м.

Фактор В (сортосовый 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 расщепленных 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, по сортам – 210 м², а учетной делянки – 100 м². Полевые опыты сопровождались наблюдениями, учетами и измерениями, выполненными при соблюдении требований общепринятых методик.

Поливы назначались при снижении влажности почвы в соответствии с вариантами схемы опытов. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом, а также почвенным влагомером Aquaterr M-300. Поливные нормы рассчитывались по формуле А. Н. Костякова в модификации И. П. Кружилина [2].

Полевые эксперименты проводятся в южной части Волго-Донского междуречья на опытном поле ФГБНУ «ВНИИОЗ». Почвы участка светло-каштановые тяжелосуглинистые с содержанием гумуса 1,74–1,91 %. Запасы легкогидролизуемого азота в почве небольшие, а содержание подвижного фосфора и обменного калия среднее и повышенное соответственно. Водородный показатель водной вытяжки метрового слоя почвы изменяется в пределах 7,1–7,4, что свидетельствует о нейтральной среде.

Для принятых расчетных слоев 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 слоев почвы уменьшается соответственно от 50,6 до 49,2 и 47,1 %. НВ метрового слоя составляет 20,0 %, а расчетных – 23,4 и 22,3 % массы сухой почвы.

Результаты и обсуждение. Выращивание картофеля осуществлялось с использованием гребневой технологии, разработанной во ВНИИОЗ [3].

По условиям влагообеспеченности территория проведения исследований относится к полусухой зоне незначительного увлажнения с гидротермическим коэффициентом (ГТК) 0,5–0,6 и показателем естественного увлажнения 0,10–0,15, что подтверждается результатами наших исследований. В 2015 г. за период июнь – сентябрь сумма атмосферных осадков составила 53,8 мм, или 42,7 % среднегодовых значений, а в 2016 г. – 134,5 мм и 106,8 % соответственно. Сумма среднесуточных температур воздуха по годам исследований изменялась от 2803,5 до 2736,5 °С, или от 111,1 до 108,4 % нормы соответственно. ГТК в 2015 г. изменялся в пределах 0,03–0,34, а в 2016 г. – в пределах 0,13–0,90. За рассматриваемый период ГТК в 2015 г. составил 0,19, что характеризует данную территорию как сухую зону (ГТК ≤ 0,4), а в 2016 г. значение ГТК находилось в пределах 0,4–0,7, это характеризует территорию как крайне засушливую зону. В соответствии с этим место проведения исследований по значениям ГТК относится к зоне обязательного орошения (таблица 1).

Таблица 1 – Влаго- и теплообеспеченность территории в годы проведения полевого эксперимента по капельному орошению картофеля

Период	2015 г.			2016 г.			Среднегодовое значение		
	Сумма		ГТК	Сумма		ГТК	Сумма		ГТК
	атмосферных осадков, мм	температур воздуха, °С		атмосферных осадков, мм	температур воздуха, °С		атмосферных осадков, мм	температур воздуха, °С	
Июнь	15,5	741,0	0,21	51,7	678,0	0,76	36,0	630,0	0,57
Июль	15,0	781,2	0,19	30,6	784,3	0,39	33,0	725,4	0,45
Август	2,1	660,3	0,03	10,6	812,2	0,13	32,0	682,0	0,47
Сентябрь	21,2	621,0	0,34	41,6	462,0	0,90	25,0	486,0	0,51
Всего	53,8	2803,5	0,19	134,5	2736,5	0,49	126,0	2523,4	0,50

Запасы влаги в расчетных слоях формировались в соответствии с водно-физическими свойствами почвы, метеорологическими условиями и проведением поливов согласно схеме опытов. Анализ данных по динамике влажности почвы в расчетных слоях свидетельствует о том, что она в течение вегетации за счет проведения поливов не опускалась ниже заданных схемой опытов пределов (таблица 2).

Так, в первом варианте (80 % НВ, $h = 0,6$ м) влажность почвы в 2015 г. опускалась до предполивного порога 11 раз, а в 2016 г. – 9 раз. Для повышения ее до НВ по-

требовалось провести соответственно 11 и 9 поливов нормой 210 м³/га каждый. Оросительная норма летних посадок картофеля в этом варианте в 2015 г. составила 2410 м³/га, а в 2016 г. – 1990 м³/га, в среднем – 2200 м³/га.

Таблица 2 – Поливной режим и эвапотранспирация картофеля

Водный режим почвы	Поливная норма, м ³ /га	Количество поливов		Средняя оросительная норма, м ³ /га	Средняя эвапотранспирация, м ³ /га
		2015 г.	2016 г.		
1) 80 % НВ, $h = 0,6$ м	210	11	9	2200	3189
2) 80 % НВ, $h = 0,4$ м	140	19	16	2550	3478
3) 80 % НВ, $h = 0,4...0,6$ м	140 210	14	12	2305	3274

При уменьшении расчетного слоя увлажнения почвы до 0,4 м (второй вариант) потребовалось провести в эти годы соответственно 19 и 16 поливов по 140 м³/га каждый, а оросительная норма при этом изменялась от 2760 до 2340 м³/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 12 поливов с оросительной нормой 2550 и 2060 м³/га, в среднем за годы исследований оросительная норма составила 2305 м³/га.

Суммарное водопотребление картофеля летних посадок при капельном орошении по годам исследований в зависимости от водного режима почв изменялось в пределах 3001–3642 м³/га. Максимальными его значения (3315–3642 м³/га) по годам исследований были в варианте с предполивной влажностью 80 % НВ в расчетном слое почвы, равном 0,4 м, а в среднем эвапотранспирация составила 3478 м³/га. Увеличение расчетного слоя увлажнения почвы до 0,6 м сопровождалось снижением водопотребления картофеля до 3189 м³/га, а по годам исследований – до 3001–3378 м³/га. В варианте с дифференцированным расчетным слоем увлажнения почвы суммарное водопотребление картофеля по годам исследований изменялось от 3109 до 3440 м³/га, а в среднем составило 3274 м³/га. Оросительная вода в суммарном водопотреблении картофеля летних посадок в среднем 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 материала, а также результаты наших исследований по режимам орошения картофеля показали, что оптимальный порог влажности и расчетный слой увлажнения почвы в каждом конкретном случае определяются рядом факторов. К важнейшим из них относят гранулометрический состав почвы, метеорологические условия, биологические особенности культуры, уровень агротехники и др. [4–6]. 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 (таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивность летних посадок картофеля (средняя за 2015–2016 гг.)

В т/га

Сорт картофеля	Вариант водного режима почвы		
	80 % НВ, $h = 0,6$ м	80 % НВ, $h = 0,4$ м	80 % НВ, $h = 0,4...0,6$ м
1 Роко	33,46	42,22	38,12
2 Иван-да-Марья	31,22	36,90	33,49
3 Невский	31,71	37,83	34,20
4 Голубизна	33,93	41,03	36,92
5 Журавинка	36,68	44,72	40,26
Примечание – НСР ₀₅ : для 2015 г. – 2,37 т/га, 2016 г. – 2,71 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 0,6 м. В варианте с дифференциацией увлажняемого слоя почвы (0,4–0,6 м) в течение вегетации продуктивность посадок картофеля изменялась от 33,49 до 40,26 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 картофеля этого сорта по сравнению с другими выше, чем значения наименьшей существенной разницы при 0,5 % уровня значимости (HC_{P05}). Продуктивность посадок картофеля сортов Голубизна и Роко изменялась в пределах 33,93–41,03 и 33,46–42,22 т/га соответственно. Прибавка в урожайности клубней картофеля между этими сортами незначительна, так как она меньше значения HC_{P05} , а по отношению к сортам Невский и Иван-да-Марья – существенна. Посадки картофеля последних сортов отличались наименьшей продуктивностью (в зависимости от изучаемых вариантов водного режима почвы она изменялась от 31,22 до 37,83 т/га). Разница в урожайности клубней картофеля между этими сортами незначительная, так как она находится в пределах ошибки опыта.

Эффективность режима орошения любой сельскохозяйственной культуры, в т. ч. и картофеля, определяется не только величиной получаемого урожая, но и затратами воды на формирование единицы товарной продукции, т. е. коэффициентами водопотребления. В наших исследованиях коэффициенты водопотребления картофеля в зависимости от изучаемых факторов изменялись от 77,8 до 102,1 м³/т (таблица 4).

Таблица 4 – Коэффициенты водопотребления картофеля (среднее)

В м³/т

Сорт картофеля	Вариант водного режима почвы		
	80 % НВ, $h = 0,6$ м	80 % НВ, $h = 0,4$ м	80 % НВ, $h = 0,4...0,6$ м
1 Роко	95,2	82,4	84,0
2 Иван-да-Марья	102,1	94,2	94,8
3 Невский	100,5	91,9	93,6
4 Голубизна	94,0	84,8	86,8
5 Журавинка	86,9	77,8	79,5

В зависимости от изучаемых водных режимов почвы коэффициенты водопотребления по сорту Журавинка были наименьшими и изменялись в пределах 77,8–86,9 м³/т. По сортам Роко и Голубизна они были близкими, но меньше, чем по сортам Невский и Иван-да-Марья, и изменялись от 82,4 и 84,8 до 95,2 и 94,0 м³/т соответственно.

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

Для поддержания заданных схемой опытов водных режимов почвы в среднесухом 2015 г. потребовалось провести 11–19 поливов, а в 2016 г. (близком к среднесушному) – 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).

Список использованных источников

1 Перспективное направление возделывания картофеля на юге Российской Федерации / И. А. Дергачева [и др.] // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. – М.: ВНИИГиМ, 2014. – С. 49–54.

2 Пат. 2204241 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/02/ Способ определения поливных норм при капельном орошении томатов / Кружилин И. П., Ходяков Е. А., Кружилин Ю. И., Салдаев А. М., Галда А. В.; заявитель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». – № 2001128337/13; заявл. 18.10.01; опубл. 20.05.03, Бюл. № 14.

3 Навитня, А. А. Особенности выращивания картофеля в Волгоградской области / А. А. Навитня // Научные основы технологического обеспечения орошаемого земледелия в современных агроэкологических условиях: сб. науч. тр. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2002. – С. 184–194.

4 Дубенок, Н. Н. Продуктивность картофеля при спринклерном орошении / Н. Н. Дубенок, Р. А. Чечко, А. Д. Дружкин // Плодородие. – 2015. – № 1. – С. 35–37.

5 Эффективность возделывания картофеля при орошении в степной зоне Урала / И. П. Кружилин [и др.] // Доклады РАСХН. – 2015. – № 2. – С. 23–26.

6 Обоснование режима увлажнения почвы при капельном орошении картофеля в аридной зоне / В. В. Бородычев [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2013. – № 3. – С. 45–52.

УДК 626.80.001.57

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

РЕЗУЛЬТАТЫ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПРОЛЕТАРСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

В статье представлены результаты исследований полифункциональной модели оросительного канала. Описаны два сценария, и представлен подробный анализ различных показателей (графиков расходов, уровней, скоростей течения), полученных в результате разыгрывания данных сценариев.

Ключевые слова: полифункциональное моделирование, оросительная система, скорость течения, расход воды, шероховатость.

T. S. Ponomarenko, A. V. Brejeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

RESULTS OF SCENARIO STUDIES OF MULTIFUNCTIONAL MODEL OF THE PROLETARSKIY MAIN CANAL

The results of research of multifunctional irrigation canal model are presented in the article. Two scenarios are described, and a detailed analysis of different indicators (costs schedules, levels, flow rates) obtained as a result of playing these scenarios is presented.

Key words: multifunctional modeling, irrigation system, flow rate, water discharge, roughness.

В рамках государственного задания по разработке теоретических подходов к полифункциональному моделированию энергоэффективных оросительных систем на стадии предпроектных разработок ФГБНУ «РосНИИПМ» подготовлены и проведены сценарные исследования полифункциональной модели оросительного канала.

Для выполнения данной задачи в программном комплексе MIKE была разработана полифункциональная модель участка Пролетарского магистрального канала (ПМК), послужившая основой для проведения сценарных исследований, результаты которых представлены в данной статье.

ПМК – поверхностный водный объект и открытый водовод системы Донского магистрального канала. Канал является продолжением Донского магистрального канала, берет начало в концевой его части на ПК 1122 + 00 (112 км). Длина ПМК – 83,4 км, ширина канала по дну – 4 м, глубина воды в канале – 4,5–5,0 м, русло полигонального сечения, заложение откосов в нижней части 1:4 до глубины 2,0–2,5 м, в верхней части – 1:2, пропускная способность на всем протяжении равна $54 \text{ м}^3/\text{с}$, уклон дна 0,00004, коэффициент шероховатости русла равен 0,02. Канал проходит в земляном русле в выемке, в полувыемке-полунасыпи, в местах прохождения балок – в насыпи с высотой дамб обвалования до 6 м.

Для моделирования определен участок от головного водозаборного сооружения на ПК 1122 + 00 до перегораживающего сооружения (ПС) на ПК 1427 + 50 общей протяженностью 30,55 км (рисунок 1).

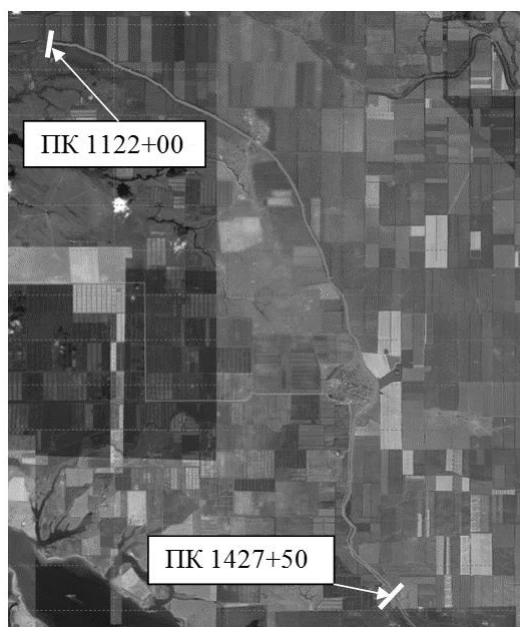


Рисунок 1 – Участок моделирования

На разработанной полифункциональной модели был проведен ряд сценарных исследований, результаты которых позволили:

- найти зависимости Q/h в различных точках на всей протяженности канала;
- установить скорости течения потока в любой расчетной точке;
- определить степень влияния коэффициента шероховатости на гидравлические характеристики потока.

Сценарий 1.

Задача: установить характерные расходы воды в канале и скорости течения в период его заполнения.

Решение: были подготовлены два временных ряда, характеризующих уровни воды в канале на головном сооружении (ГС) и ПС (ПК 1427 + 00) в период его заполнения. Вышеописанные ряды являлись граничными условиями в данной модели. Коэффициент шероховатости задан 0,02.

В результате были получены графики расходов воды во всех расчетных точках. Для анализа данного результата графики были взяты равномерно по длине канала в трех точках – ГС, ПК 1545 + 00, ПК 25750 + 00 (рисунок 2).

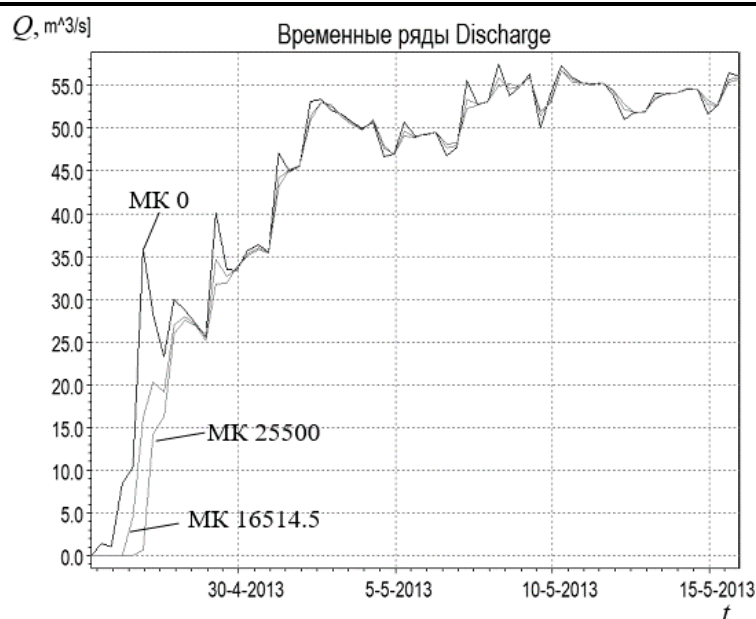


Рисунок 2 – Графики расходов воды, полученные в результате моделирования

Максимальное значение расхода составило $57 \text{ м}^3/\text{с}$. Значительные расхождения в значениях расходов, судя по графику, имеют место в период наполнения канала до 30 апреля и достигают $15 \text{ м}^3/\text{с}$. Наибольшие значения показывает график расходов на ГС, а наименьшие – на ПК 25750 + 00. Затем, начиная с 3 мая, графики по рассматриваемым точкам выравниваются и расхождения между ними вплоть до окончания временного ряда не превышают $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Графики скорости течения представлены на рисунке 3.

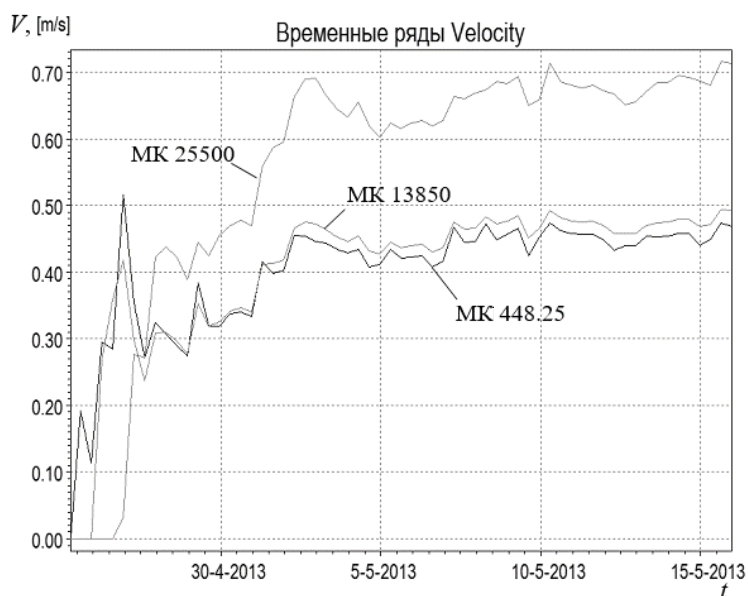


Рисунок 3 – Графики скорости течения воды, полученные в результате моделирования

Согласно графику, скорость течения потока в головной части канала в период заполнения с 26 апреля по 16 мая колеблется в первые четыре дня от 0 до $0,55 \text{ м/с}$, а затем – не более чем на $0,05 \text{ м/с}$. Максимальных значений скорость течения воды на ГС достигает 27 апреля – $0,55 \text{ м/с}$. Скорости на ПК 17500 + 00 в среднем на $0,05 \text{ м/с}$ ниже,

и максимум, датируемый 10 мая, достигает 0,46 м/с. Скорости на ПК 25000 + 00 значительно превышают вышеописанные. До 3 мая скорость здесь возрастает от 0 до 0,69 м/с, и затем держится в среднем на уровне 0,67 м/с, колеблясь не более чем на 0,1 м/с. Максимальная скорость на данном пикете отмечена в конце данного временного ряда и составляет 0,72 м/с.

Сценарий 2.

Задача: установить степень влияния коэффициента шероховатости на гидравлические характеристики потока в период заполнения канала.

Для решения данной задачи в разделе гидродинамических параметров изменялись значения коэффициента шероховатости в диапазоне от 0,015 до 0,02. Граничные условия оставались при этом неизменными (временные ряды, характеризующие уровень воды в период наполнения канала).

В итоге было получено три модели со значениями коэффициентов шероховатости 0,015; 0,018; 0,02.

Анализ результатов моделирования выполнен по следующим параметрам:

- уровню воды;
- времени возникновения максимальных уровней;
- расходу;
- скорости течения.

На рисунке 4 представлены максимальные уровни воды в канале, полученные при моделировании.

Как видно из представленных данных (рисунок 4), при уменьшении значения коэффициента шероховатости максимальный уровень воды увеличивается. Так, при значении коэффициента шероховатости 0,02 максимальный уровень воды в канале составляет 25,07 м, а при значении 0,015 этот показатель увеличивается на 5 см и составляет 25,11 м.

Согласно данным моделирования, временной интервал заполнения канала до максимальных отметок во всех моделях одинаков и составляет 13 дней.

Скорость течения потока имеет существенные отличия во всех моделях. Для ее анализа были построены графики скорости течения потока в двух створах (рисунки 5, 6).

Из приведенных выше графиков видно, что наибольшая скорость потока наблюдается при коэффициенте шероховатости, равном 0,015, а наименьшая – при коэффициенте шероховатости, равном 0,02. Амплитуда колебаний значений скоростей между коэффициентами шероховатости, равными 0,015 и 0,018, находится в пределах 0,10 м/с, а между коэффициентами шероховатости, равными 0,015 и 0,02, – в пределах 0,15 м/с.

Графики расходов в различных пикетах, полученные в результате моделирования, представлены на рисунках 7, 8.

На графиках видно, что разные коэффициенты шероховатости значительно влияют на расход воды в канале. Максимумы наблюдаются при коэффициенте шероховатости 0,015, минимумы – при коэффициенте шероховатости, равном 0,02. Значение расхода между коэффициентами шероховатости 0,015 и 0,018 варьируется в пределах 15 м³/с, а между коэффициентами шероховатости 0,018 и 0,02 – в пределах 4,5 м³/с.

В результате анализа были установлены факторы, негативно влияющие на эксплуатационную эффективность данного канала.

Как показало исследование, одним из таких факторов является скорость течения потока порядка 0,72 м/с при допустимой 0,5–0,6 м/с, что, по-видимому, явилось одной из причин размыва русла канала и утраты им трапецеидальной формы.

Также установлено, что на некоторых участках канала максимальные уровни воды практически приближаются к бровке, что может вызвать перелив воды и, как следствие, размыв и затопление территории.

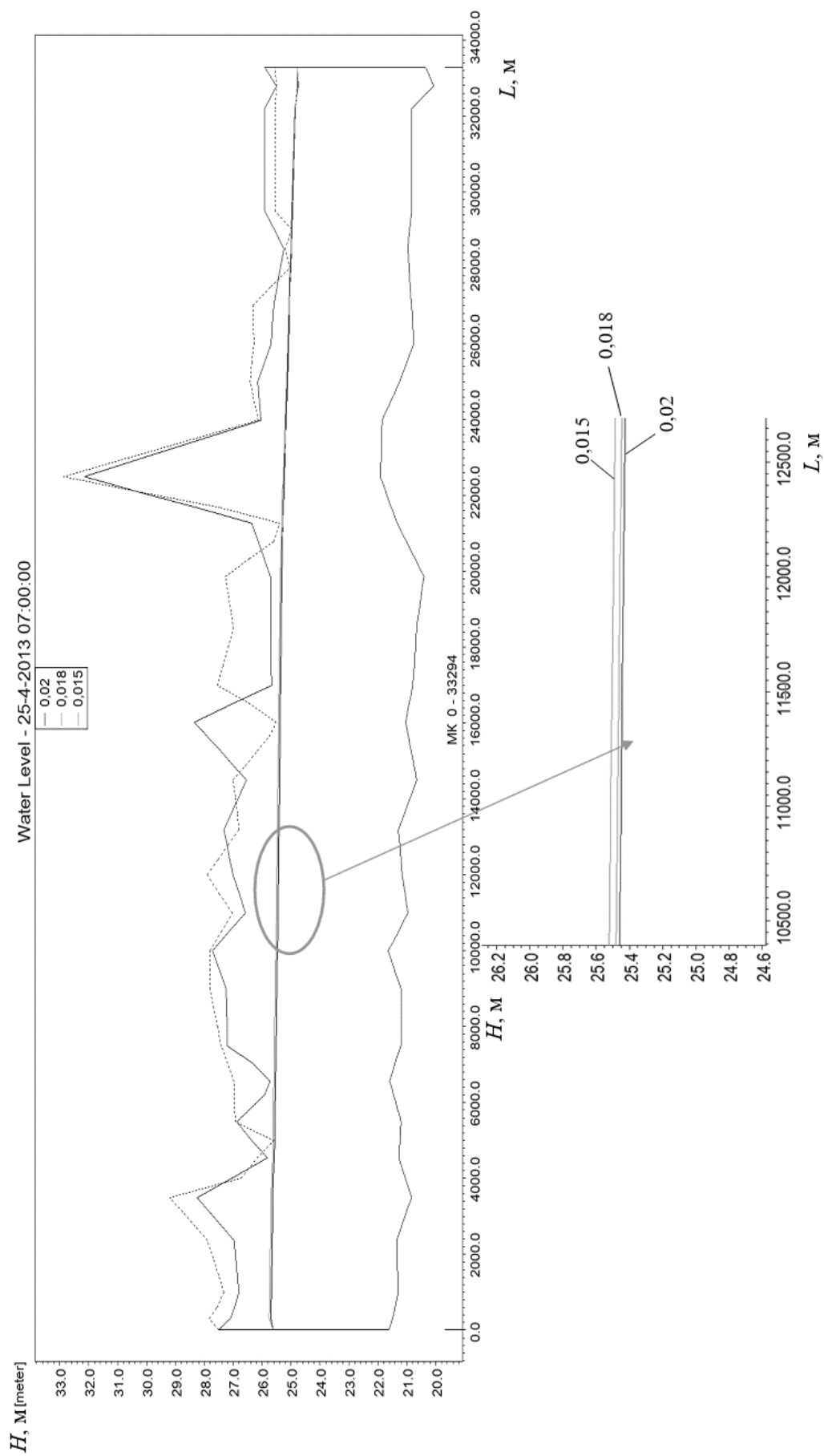


Рисунок 4 – Уровни воды в канале при различных значениях коэффициента шероховатости

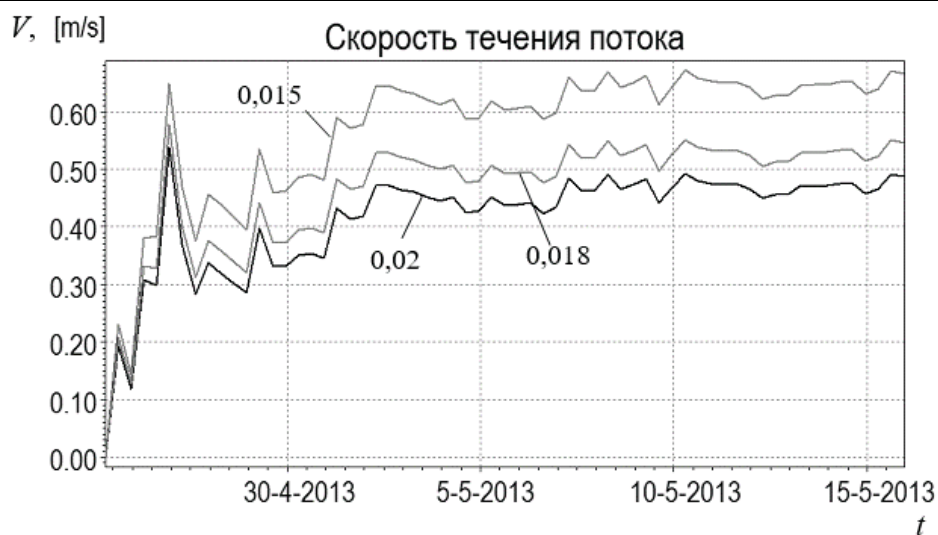


Рисунок 5 – Графики скорости течения потока в ПК 596



Рисунок 6 – Графики скорости течения потока в ПК 16029

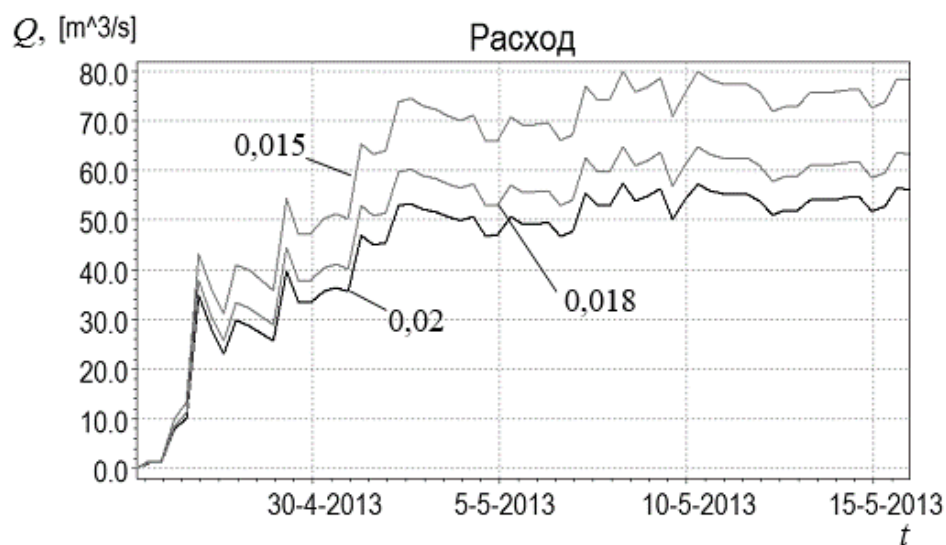


Рисунок 7 – Графики расходов воды в ПК 1000

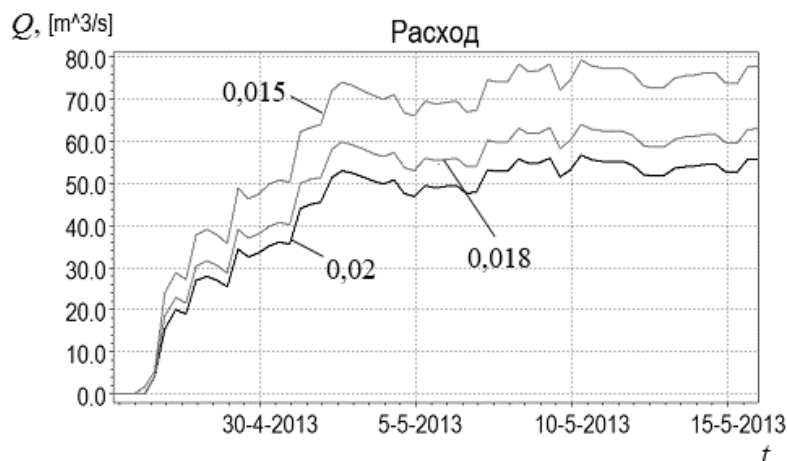


Рисунок 8 – Графики расходов воды в ПК 17000

На основании данного анализа можно предположить, что в настоящий момент имеется необходимость проведения проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ, направленных на капитальный ремонт рассматриваемого участка канала. В числе мероприятий необходимо выделить:

- подсыпку и профилирование гребней дамб и бровок берм канала до нормативных уровней на протяженности 9 км;
- профилирование русла канала на протяжении 30 км с целью придания ему трапецеидального сечения и обеспечения оптимальных гидрологических характеристик потока.

УДК 631.6:635.646

А. Н. Бабичев, Д. В. Мартынов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ РАДИУСА УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ И ГЛУБИНЫ ПОСЕВА СЕМЯН ПРИ СТРУЙНОМ ВНУТРИПОЧВЕННОМ ПОЛИВЕ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ КОРНЕПЛОДОВ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

Целью исследований является изучение влияния внутрипочвенного струйного полива семян свеклы столовой при расчетных радиусах смачивания почвы и глубинах посева на рост и развитие растений, динамику накопления массы корнеплодов. В соответствии со схемой опыта семена свеклы столовой (сорт Салатная) высевались на глубину 2–3 и 4–5 см и подавался расчетный объем воды для смачивания контура почвы вокруг семян радиусом от 1 до 4 см. Наблюдения показали, что при струйном внутрипочвенном поливе наибольшая высота растения и масса корнеплодов свеклы столовой наблюдалась в вариантах опыта с радиусом контура увлажнения 4 см и глубиной посева семян 4–5 см.

Ключевые слова: внутрипочвенный полив, режим орошения, масса корнеплода, почва, струйный полив, семена, семенное ложе, устройство.

A. N. Babichev, D. V. Martynov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

INFLUENCE OF SOIL MOISTURE RADIUS AND SOWING DEPTH ON GROWTH AND YIELD OF RED BEET ROOT BY TRICKLE SUBSOIL IRRIGATION

The aim of research is to study the effect of subsoil trickle irrigation of red beet root seeds at the calculated radii of soil wetting and sowing depths on the growth and development of plants, the dynamics of root crops mass accumulation. In accordance with the experiment scheme, the red beet seeds (Salatnaya variety) were sown to a depth of 2–3 and 4–5 cm and a calculated water volume was applied to wet the contour of soil around the seeds with a radius of 1 to 4 cm. Observations showed that at trickle subsoil irrigation, the maximum height of the plant and the red beet root mass were observed in variants of the experiment with a moistening contour radius of 4 cm and a sowing depth of 4–5 cm.

Keywords: subsoil irrigation, irrigation regime, root crop mass, soil, trickle irrigation, seeds, seed bed, device.

Введение. В настоящее время в достаточной мере разработаны режимы орошения и способы полива большинства сельскохозяйственных культур, подобрана дождевальная и другая техника, системы капельного орошения, отработаны технологии орошения. Однако все эти мероприятия невозможно проводить при отсутствии поливной воды в оросительных каналах в весенний период. При этом, как показывает производственный опыт возделывания овощных культур посевом семян в грунт, оптимальные сроки посева семян на орошаемых полях и сроки подачи оросительной воды в инженерные оросительные сети не совпадают.

В условиях Ростовской области оптимальные сроки посева овощных культур семенами в грунт не всегда совпадают с подачей воды в оросительную сеть Донского магистрального канала. В случае отсутствия осадков невозможно получить полноценные всходы, так как отсутствует влага в верхнем слое почвы 0–5 см и невозможно провести предпосевные и довсходовые увлажнительные поливы в связи с отсутствием оросительной воды в каналах.

Такие условия создаются каждые два-три года из пяти. Поэтому сельхозтоваропроизводителям приходится изыскивать возможность забора воды для орошения из других водных источников, или сдвигать сроки посева на две-три недели, или рисковать и сеять семена в надежде на будущие дожди [1].

В связи с этим актуальной становится разработка ресурсо- и энергосберегающих способов и режимов орошения сельскохозяйственных культур, позволяющих получать дружные всходы, особенно овощных культур, в весенний период. ФГБНУ «РосНИИПМ» было разработано устройство для внутрпочвенного струйного полива семян одновременно с посевом [2]. Создаваемое устройством контур увлажнения вокруг семян обеспечивает получение дружных всходов без проведения предпосевного влагозарядкового или довсходового полива. Схема и принцип работы устройства приведены в патентах РФ № 2483516 и 2302094 [3, 4].

Материалы и методы. Исследования проводились в Ростовской области в Октябрьском районе в 2016 г. Сельскохозяйственные угодья ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» расположены южнее сбросного (теплого) канала Новочеркасской ГРЭС в станице Бессергеновской. Почвенный покров однороден и представлен, согласно классификации и диагностики почв СССР, лугово-черноземными почвами [5].

Исследования влияния объема воды, поданной к высеянными семенами, на полевою всхожесть свеклы столовой проводились в двухфакторном опыте по следующим вариантам.

Фактор А:

- вариант 1. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 1 см;
- вариант 2. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 2 см;
- вариант 3. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 3 см;
- вариант 4. Смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 4 см;
- вариант 5. Без струйного внутрпочвенного полива.

Фактор Б:

- вариант 1. Глубина посева 2–3 см;

- вариант 2. Глубина посева 4–5 см.

При возделывании свеклы столовой соблюдалась технология, рекомендованная зональными системами земледелия [6].

Для ведения струйного полива исполнителями использовалась однорядная ручная сеялка, оборудованная водопроводящей системой струйного полива. Устройство ручной сеялки позволяет устанавливать различную глубину посева за счет изменения глубины проникновения сошника в почву от 1–2 до 8–10 см. Объем подачи воды к семенам регулировался скоростью передвижения сеялки и расходом воды, подаваемой в трубопровод. Измерение влажности почвы на глубине посева семян позволяло рассчитывать необходимый объем воды для смачивания почвы и создания увлажненного контура вокруг семян различного диаметра. Для каждого варианта опыта отладка расхода воды производилась отдельно в защитной зоне участка.

Размеры контура увлажнения (смачивания) почвы регулировали в зависимости от потребности культуры во влаге, продолжительности прорастания семян, наличия влаги в почве и прогноза метеоусловий на период получения всходов.

Внутрипочвенный струйный полив производился такой нормой и таким способом, чтобы влага не увлажняла самый верхний слой почвы и на поверхности не образовывалась почвенная корка, поэтому в каждом конкретном случае необходимо рассчитывать поливную норму и концентрацию веществ в растворе, если полив ведется раствором питательных веществ или пестицидов.

В соответствии со схемой опыта семена свеклы высевались на глубину 2–3 и 4–5 см и подавался расчетный объем воды для смачивания почвы вокруг семян радиусом от 1 до 4 см.

Результаты и обсуждение. Наблюдения показали, что в варианте 5 (без струйного внутрипочвенного полива) при различной глубине посева семян высота растения была наименьшей. При глубине посева 2–3 см она составляла 55,1 см, а при глубине посева 4–5 см – 57,8 см (таблица 1). Наибольшая высота растения составила 63,3 см при глубине посева 4–5 см в варианте 4 (смачивание почвы вокруг семян расчетным радиусом 4 см). Такая же тенденция сохранилась и в варианте с глубиной посева 2–3 см: вариант 4 имел самую большую высоту (62,4 см).

Таблица 1 – Динамика высоты растения свеклы столовой

						В см
Вариант опыта		Дней от начала вегетации				Уборка
		21	33	40	60	
Глубина посева 2–3 см						
Расчетный радиус смачивания почвы вокруг семян	1 см	25,7	44,0	48,4	54,2	56,6
	2 см	26,9	46,0	50,6	56,7	59,2
	3 см	27,9	47,7	52,4	58,7	61,3
	4 см	28,3	48,5	53,3	59,7	62,4
Без струйного внутрипочвенного полива		25,0	42,9	47,1	52,8	55,1
Глубина посева 4–5 см						
Расчетный радиус смачивания почвы вокруг семян	1 см	27,2	46,5	51,1	57,2	59,8
	2 см	28,0	48,0	52,7	59,0	61,7
	3 см	28,4	48,7	53,5	59,9	62,6
	4 см	28,8	49,2	54,1	60,6	63,3
Без струйного внутрипочвенного полива		26,3	45,0	49,4	55,3	57,8

Как видно из приведенных данных, при различной глубине посева наибольшая высота растения наблюдалась в вариантах с радиусом смачивания 4 см (к концу вегета-

ции 62,4 и 63,3 см), несколько ниже высота растения была в вариантах с радиусом смачивания 3 см (61,3 и 62,6 см).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что накопление массы корнеплодов свеклы столовой происходит интенсивно до 33 дня от начала вегетации. Дальше идет незначительный прирост массы у корнеплодов. Посев на глубину 2–3 см выявил, что максимальная масса корнеплодов достигается в варианте 4 с радиусом смачивания 4 см (57,9 т/га), а минимальное значение – 49,8 т/га без струйного внутрипочвенного полива. Такая же ситуация и при глубине посева 4–5 см: с радиусом смачивания 4 см масса корнеплодов получилась максимальной (58,5 т/га), а без струйного внутрипочвенного полива это значение составило 50,8 т/га.

Таблица 2 – Динамика накопления массы корнеплодов свеклы столовой

В т/га

Вариант опыта		Дней от начала вегетации				Уборка
		21	33	40	60	
Глубина посева 2–3 см						
Расчетный радиус смачивания почвы вокруг семян	1 см	23,8	40,7	44,7	50,0	52,3
	2 см	25,1	42,9	47,2	52,8	55,2
	3 см	25,8	44,2	48,6	54,4	56,9
	4 см	26,3	45,0	49,5	55,4	57,9
Без струйного внутрипочвенного полива		22,6	38,7	42,5	47,6	49,8
Глубина посева 4–5 см						
Расчетный радиус смачивания почвы вокруг семян	1 см	24,3	41,6	45,7	51,2	53,5
	2 см	25,5	43,6	47,9	53,6	56,0
	3 см	25,9	44,4	48,8	54,6	57,1
	4 см	26,6	45,5	50,0	56,0	58,5
Без струйного внутрипочвенного полива		23,1	39,5	43,4	48,6	50,8

Таким образом, в вариантах с применением струйного полива была определена наилучшая глубина посева семян, которая позволила получить наибольшую высоту растения и массу корнеплодов свеклы столовой. Глубина составляет 4–5 см с радиусом смачивания почвы вокруг семян 4 см.

Выводы. Установлено, что при применении одновременно с посевом внутрипочвенного струйного полива семян свеклы столовой оптимальной является глубина посева 2–3 и 4–5 см и радиус контура промачивания 4 см, так как именно при этих показателях мы получили наибольшую высоту растения, массу корнеплодов данной культуры.

Список использованных источников

1 Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В. Н. Щедрин [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. – М.: Мелиоводинформ, 2009. – 342 с.

2 Устройство и технология внутрипочвенного полива высеваемых семян / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабищев, С. Г. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2011. – № 3(03). – 11 с. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=37&id=47>.

3 Пат. 2483516 Российская Федерация, МПК А 01 С 7/20. Устройство для внутрипочвенного полива семян при посеве / Балакай Г. Т., Балакай Н. И., Балакай С. Г., Бабищев А. Н.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2012106788/13; заявл. 24.02.12; опубл. 10.06.12, Бюл. № 16. – 6 с.

4 Пат. 2302094 Российская Федерация, МПК А 01 В 49/06, А 01 С 5/08. Устройство для посева семян / Балакай Г. Т., Калашников В. И., Балакай А. Г.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2005116429/12; заявл. 30.05.05; опубл. 10.07.07, Бюл. № 19. – 6 с.

5 Айдаров, И. П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель / И. П. Айдаров. – М.: Агропромиздат, 1985. – 243 с.

6 Зональные системы земледелия Ростовской области (на период 2013–2020 гг.): в 3-х ч. Ч. 3 [Электронный ресурс] / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области. – Ростов н/Д., 2012. – Режим доступа: http://don-agro.ru/FILES/2020/ZONSYSZEM/Sistema_zemled_do_2020_3.docx.

УДК 626.824

В. М. Школьная, А. А. Чураев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В статье приведен способ реализации модели управления водораспределением с помощью автоматизированной системы управления. Описаны параметры передачи информации и параметры регулирования, используемые автоматизированной системой для передачи их в центральный диспетчерский пункт. Представлена схема функциональной структуры системы управления водораспределением на оросительной сети и описание данной схемы.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, водораспределение, насосная станция, водоподача, перегораживающие сооружения, верхний бьеф, нижний бьеф.

V. M. Shkolnaya, A. A. Churaev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

METHOD OF WATER DISTRIBUTION CONTROL MODEL IMPLEMENTATION BY AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

A method for implementing a water distribution control model using an automated control system is presented. The information transmission parameters and the control parameters used by automated system for transferring them to the central dispatcher unit are described. The functional structure chart of water distribution management system on irrigation network and the description of this diagram are presented.

Key words: automated control systems, water distribution, pumping station, water delivery, baffle facilities, upstream, tail water.

Реализация модели управления водораспределением с помощью автоматизированных систем управления должна осуществляться на основе использования общей шкалы продолжительности перерегулировок глубин на границах расчетных участков в местах расположения водовыделов из канала и сетевых сооружений (регулирующих, сопрягающих, сбросных и т. п.). Шкала разрабатывается в результате обработки данных о продолжительности перерегулировок глубин, полученных при проведении натурных исследований и на основе результатов моделирования гидродинамических процессов с определением времени добегания по расчетным створам.

В зависимости от конкретных задач управления с привязкой к определенным сетевым сооружениям исходные данные для построения шкалы могут меняться. Все сетевые регулирующие сооружения автоматизированной оросительной системы должны быть оснащены соответствующим технологическим оборудованием по изменению положений затворов, командных уровней с помощью исполнительных механизмов, а также средствами дистанционной передачи измеряемых и регулируемых параметров в центральный диспетчерский пункт управления [1, 2].

Наиболее эффективно автоматизация водораспределения осуществляется на каналах оросительных систем, характеризующихся наличием обратной гидравлической связи и необходимых резервных объемов регулирования в бьефах. Это возможно только в том случае, когда каналы всей цепочки бьефов оросительной системы без исключения имеют уклоны дна значительно меньше критических уклонов.

Для звеньев каналов с последовательно расположенными насосными станциями перекачки (НС) и перегораживающими сооружениями (ПС) наиболее рациональными являются следующие схемы каскадного регулирования:

- по нижнему бьефу (для НС перекачки – по верхнему бьефу);
- смешанного регулирования;
- с отнесенным датчиком в конце бьефа.

Для звеньев ПС – канал – ПС, ПС – канал – НС – канал – ПС, когда вышерасположенное по отношению к ПС сооружение не является НС, а последующий за звеном бьеф имеет относительно небольшую длину и малый уклон, рекомендуется применение схемы по нижнему бьефу. При регулировании водоподачи через ПС звена НС – канал – ПС – канал – НС с относительно небольшой длиной и малым уклоном во втором бьефе звена рекомендуется использовать схему смешанного регулирования или схему регулирования по нижнему бьефу с защитой от перелива в верхнем бьефе.

Автоматическое регулирование водоподачи НС перекачки по верхнему бьефу НС в звеньях НС – канал – ПС, НС – канал – ПС – канал – НС рекомендуется использовать при наличии достаточного объема регулирования в последующем за НС бьефе.

При отсутствии достаточного запаса уровня в канале бьефа, что чаще всего имеет место в длинных бьефах или в каналах с большим уклоном дна, в звеньях НС – канал – ПС, НС – канал – ПС – канал – НС рекомендуется использовать схему регулирования водоподачи с отнесенным датчиком в конце канала [3].

Для применения любой схемы каскадного регулирования по результатам натурных и теоретических исследований параметров водораспределения нужно иметь исходные данные, необходимые для программирования работы каждого регулирующего сооружения. Такими прежде всего являются градуировочные характеристики сетевых регулирующих сооружений и расчетных створов, полученные путем гидрометрических измерений. На основе этих характеристик уточняются параметры создаваемой модели и определяются параметры регулирования, используемые автоматизированной системой для их передачи в центральный диспетчерский пункт. При этом по каждому сооружению должна передаваться информация, содержащая следующие параметры [4]:

- уровень воды в верхнем бьефе сооружения;
- уровень воды в нижнем бьефе сооружения;
- положение регулирующего элемента сооружения (величина открытия затвора);
- значение параметра контроля переливов на сооружении (в случае оснащения датчиками контроля переливов);
- расход воды, проходящий через сооружение;
- объем воды, прошедший через сооружение (в случае использования средств водоучета (счетчиков стока));
- фактическое время добегания начального возмущения до сооружения от ближайшей верхней границы расчетного участка канала;
- фактическое время добегания начального возмущения до сооружения от ближайшей нижней границы расчетного участка канала;
- продолжительность перерегулировки глубин в бьефах сооружения с учетом фактического времени добегания начального возмущения от ближайшей верхней границы расчетного участка канала;
- продолжительность перерегулировки глубин в бьефах сооружения с учетом фактического времени добегания начального возмущения от ближайшей нижней границы расчетного участка канала;

- суммарная продолжительность перерегулировки глубин в бьефах сооружения с учетом фактического времени добегающего начального возмущения от головного сооружения (начального створа).

Для работы модели динамического управления водораспределением с помощью автоматизированной системы управления указанные параметры должны передаваться дистанционно в центральный диспетчерский пункт в непрерывном режиме. Для создания программного обеспечения на диспетчерском уровне должна быть реализована возможность программирования алгоритмов функционирования системы в зависимости от перечисленных параметров водораспределения.

Схема функциональной структуры автоматизированной системы управления водораспределением на оросительной сети приведена на рисунке 1.

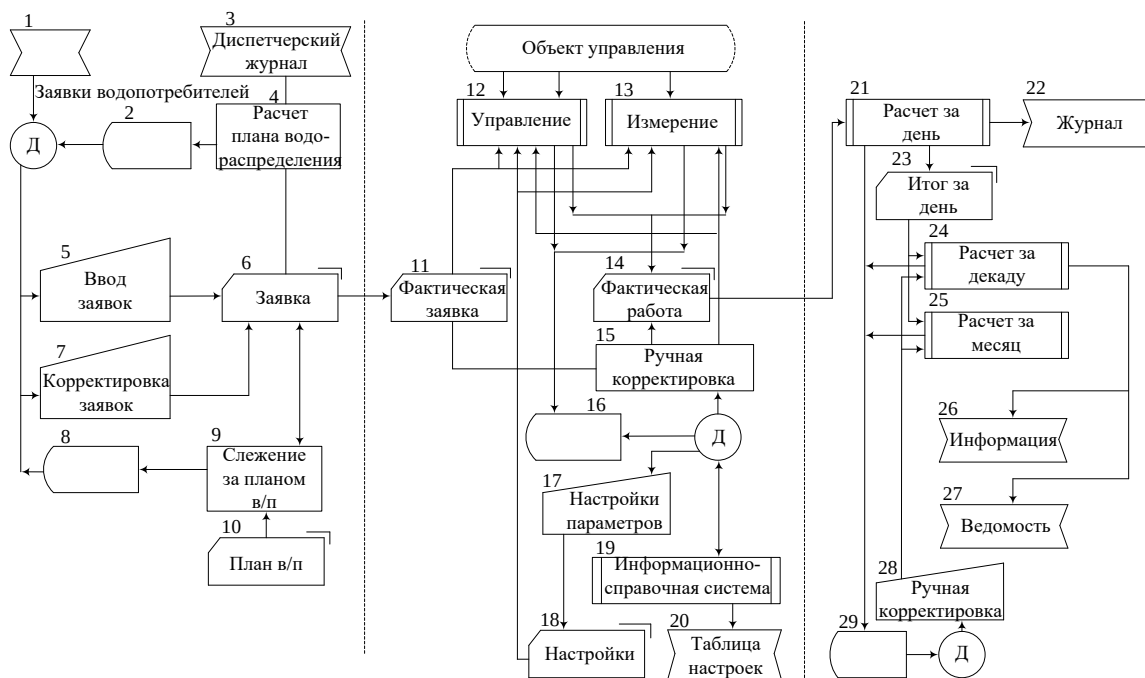


Рисунок 1 – Схема функциональной структуры автоматизированной системы управления водораспределением на оросительной сети

На этапе подготовки автоматизированной системы управления (АСУ) к работе заявки на водоподачу (блок 1) подаются в диспетчерскую службу оросительной системы. Здесь они вводятся в базу данных управляющей ЭВМ (блоки 5, 6) и хранятся до начала операции управления. Заявки подаются водопотребителями посуточно по каждому водовыделу с почасовой разбивкой. На основе введенных заявок рассчитывается план водораспределения (блок 4), анализируется диспетчером (блок 2) и при необходимости корректируется им (блок 7). После этого сформированный план водораспределения в виде диспетчерского журнала выводится на печать (блок 3). При наличии в базе данных управляющей ЭВМ плана водопользования (блок 10) предусматривается контроль за его соблюдением (блоки 6, 7, 8).

Сформированный таким образом план водораспределения является базисом для этапа непосредственного управления водораспределением на системе. Информация из файла, где он хранится (блок 6), перезаписывается в рабочий файл режима управления (блок 11), где он может оперативно корректироваться диспетчером (блок 15) в соответствии со складывающейся текущей обстановкой на объекте. Кроме этой информации, необходимой для управления, диспетчер в режиме диалога задает настройки системы на объект (блоки 17, 18). Работа системы может осуществляться как в режиме управления технологическим процессом (блок 12), так и в режиме контроля за его ходом (блок 13). При этом и в том и в другом случае диспетчеру выдается набор сообще-

ний о ходе процесса (блок 16), по которому он следит за его правильностью. По инициативе оператора ход процесса может быть скорректирован или вовсе прерван. Информация о настройках системы может быть выведена на печать для обеспечения удобства работы с системой (блок 20).

По результатам работы системы управления водораспределением за сутки формируется итоговый файл (блок 14), который передается в блок подведения итогов для дальнейшей обработки.

На этапе подведения итогов делается расчет итогов за сутки (блок 21), выводится на печать итоговая ведомость работы (блок 22), а данные накапливаются в базе данных управляющей ЭВМ (блок 23). Они будут использоваться затем при подсчете итоговых показателей за декаду и месяц (блоки 24, 25). Этот подсчет сопровождается выводом документов с информацией о работе системы за отчетный период (блок 26) и ведомости показателей ее работы (блок 27). Вся информация контролируется диспетчером (блок 29) и при необходимости корректируется им (блок 28).

Выводы. Автоматизированная система управления в соответствии с предложенной функциональной ее структурой (рисунок 1) в процессе своей работы будет выполнять следующие функции:

- сбор, обработку и анализ информации (сигналов, сообщений, документов и т. п.) о состоянии объекта управления;
- выработку управляющих воздействий (программ, планов и т. д.);
- передачу управляющих воздействий (сигналов, указаний, документов) на исполнение и контроль их передачи;
- реализацию и контроль выполнения управляющих воздействий;
- обмен информацией (документами, сообщениями и т. п.) с другими связанными с ней автоматизированными системами.

Состав автоматизированных функций АСУ и степень их автоматизации должен определяться в соответствии с технико-экономическими показателями, а также с учетом необходимости освобождения персонала от выполнения повторяющихся действий в процессе работы.

Список использованных источников

1 Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

2 Мелиоративные системы и сооружения: СП 100.13330.2016: утв. Приказом М-ва строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 16.12.16 № 953/пр: введ. в действие с 17.06.17 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

3 Компьютерное моделирование речных потоков. Теоретические основы / Науч. консалтинговая фирма «Волга». – М., 2013. – 79 с.

4 Натальчук, М. Ф. Эксплуатация гидромелиоративных систем / М. Ф. Натальчук, В. И. Ольгаренко, В. А. Сурин. – М.: Колос, 1995. – 320 с.

УДК 631.674.6

Ю. Ю. Глущенко, С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЛИВНОЙ ВОДЕ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Цель исследования – разработка математической модели для определения концентрации загрязняющих веществ в поливной воде для капельного орошения. В основу

разработки заложены формулы преобразований Лапласа. Данный математический алгоритм позволит прогнозировать технологию очистки и затраты на нее до предъявляемых требований к качеству оросительной воды.

Ключевые слова: концентрация загрязняющих веществ, уравнение Лапласа, капельное орошение, турбулентная диффузия, математическая модель.

Yu. Yu. Glushchenko, S. M. Vasilyev, Yu. Ye. Domashenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

DETERMINATION OF POLLUTANTS CONCENTRATION IN IRRIGATION WATER FOR DRIP IRRIGATION

The aim of study is to develop a mathematical model for determining the concentration of pollutants in irrigation water for drip irrigation. Laplace transformations formulas are the basis of investigation. This mathematical algorithm will allow to predict the purification technology and its costs up to the requirements for the quality of irrigation water.

Key words: concentration of pollutants, Laplace equation, drip irrigation, turbulent diffusion, mathematical model.

Введение. В зависимости от орошаемых сельскохозяйственных культур и типов почв возникает необходимость нормирования качества оросительной воды в соответствии с техникой и способом полива, по веществам, провоцирующим осаждение укрупненных мелкодисперсных частиц в трубопроводе и закупорку водовыпусков [1].

Как правило, элементы капельного орошения загрязняются теми веществами, которые находятся в оросительной воде [2].

В различных водоисточниках наблюдается преобладание тех или иных компонентов загрязнения. В источниках могут содержаться повышенные концентрации растворимых ингредиентов, которые при благоприятных условиях могут образовывать труднорастворимые соединения [3].

При решении этого вопроса необходимо определить допустимую концентрацию загрязняющих веществ в исходной воде, при которой не происходило бы загрязнения элементов капельного орошения, что влияет на работу оросительной сети [4].

Цель исследования – разработка математической модели для определения концентрации загрязняющих веществ в поливной воде для капельного орошения.

В качестве материалов и методов применялись свойства преобразования Лапласа.

Результаты и обсуждение. Решение частной задачи по определению концентрации загрязняющих веществ выполняется при следующих предположениях:

- концентрация загрязняющих веществ распространяется стационарно;
- концентрация C не зависит от z , т. е. она является только функцией x , y ;
- по направлениям x , y коэффициенты турбулентной диффузии различны,

но имеют постоянные значения $D_1 = \text{const}$, $D_2 = \text{const}$.

При принятых допущениях распространение загрязняющих веществ описывается уравнением [5]:

$$v \frac{\partial C}{\partial x} = D_1 \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_2 \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - Ck_n, \quad (1)$$

$$0 \leq x \leq \infty,$$

$$-\frac{B}{2} \leq y \leq \frac{B}{2},$$

где v – средняя скорость потока, м/с;

C – концентрация загрязняющих веществ, мг/л;

x, y – координаты;

D_1, D_2 – коэффициенты диффузии в соответствующих направлениях, м²/с;

k_H – коэффициент неконсервативности, 1/с;

B – ширина канала или реки.

В качестве условий принимаем следующее:

$$C(0, y) = C_0 \left(1 - \frac{2y}{B} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial C(0, y)}{\partial x} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial C \left(x \pm \frac{B}{2} \right)}{\partial y} = 0, \quad (4)$$

где C_0 – начальное значение концентрации загрязняющих веществ ($x = 0, y = 0$).

Для решения уравнения (1) применим преобразование Лапласа по x [6–8].
С учетом зависимостей (2) и (3) получим:

$$D_2 \frac{d^2 C^{-x}}{dy^2} + D_1 \left[P^2 C^{-x} - P C_0 \left(1 - \frac{2y}{B} \right) \right] - v \left[P C^{-x} - C_0 \left(1 - \frac{2y}{B} \right) \right] - C^{-x} k_H = 0$$

или

$$D_2 \frac{d^2 C^{-x}}{dy^2} - (Pv + k_H - P^2 D_1) C^{-x} + My + N = 0,$$

где P – коэффициент перехода от оригинала к изображениям;

$M = (D_1 P - v) S_0 \frac{2}{B}$ – коэффициент, зависящий от диффузии загрязняющих веществ по ширине;

$N = (v - D_1 P) S_0$ – коэффициент, зависящий от скорости перераспределения загрязняющих веществ в потоке.

Таким образом, получили линейное неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами, общий интеграл которых имеет вид:

$$C^{-x}(y) = S_1 e^{\sqrt{\frac{1}{D_2}(Pv + k_H - P^2 D_1)}y} + S_2 e^{-\sqrt{\frac{1}{D_2}(Pv + k_H - P^2 D_1)}y} + \frac{M}{Pv + k_H - P^2 D_1} y + \frac{N}{Pv + k_H - P^2 D_1}, \quad (5)$$

где $\sqrt{\frac{1}{D_2}(Pv + k_H - P^2 D_1)} = \eta$ – коэффициент изменения турбулентной диффузии в условиях неконсервативности загрязняющих веществ при разных скоростях;

S_1, S_2 – постоянные интегрирования, определяются из условий (4). После преобразований получим:

$$S_1 = - \frac{2C_0(PD_1 - v)}{BD_2 \eta^3 \left(e^{\eta \frac{B}{2}} - e^{-\eta \frac{B}{2}} \right)},$$

$$S_1 = -S_2,$$

Подставляя значения S_1 и S_2 в зависимость (5), получим:

$$C^{-x}(y) = -\frac{M \left[e^{\eta \left(\frac{y+B}{2} \right)} - e^{-\eta \left(\frac{y+B}{2} \right)} \right]}{D_2 \eta^3 (e^{B\eta} + 1)} + \frac{1}{D_2 \eta^2} (My + N).$$

Для перехода от изображения к оригиналам, применяя формулу перехода $C = [P \cdot C^{-x}] = \frac{1}{2x}$, получим:

$$C(x, y) = -\frac{C_0 \left(\frac{D_1}{2x} - v \right)}{D_2 \eta^2 x} \left[\frac{e^{\eta \left(\frac{B+y}{2} \right)} - e^{-\eta \left(\frac{y-B}{2} \right)}}{B\eta (e^{B\eta} + 1)} - \frac{y}{B} - \frac{1}{2} \right]. \quad (6)$$

По формуле (6) можно определить концентрацию загрязняющих веществ, оценить влияние $\frac{D_1}{D_2}$ на величину смешения и подсчитать длину пути смешения из условия:

$$\left. \frac{\partial C(y, x)}{\partial x} \right|_{x=1} = 0$$

или

$$C(1, y) = C_{\text{пр}},$$

где $C_{\text{пр}}$ – концентрация загрязнения в продольном направлении.

Вывод. В ходе исследований использовались преобразования Лапласа, в результате чего была получена формула для определения концентрации загрязняющих веществ, в основу которой заложены коэффициенты турбулентной диффузии, влияющие на величину смешения, и длина пути смешения.

Список использованных источников

- 1 Алтунин, Г. С. Обеззараживание и очистка оросительной воды: науч.-техн. обзор / Г. С. Алтунин, Н. Г. Зубкова. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2001. – 120 с.
- 2 Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. – В 2 ч. – Новочеркасск: Геликон, 2013. – 590 с.
- 3 Васильев, С. М. Определение зон разбавления при повторном использовании сточных вод на оросительных системах / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, М. А. Ляшков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 2(22). – С. 17–29. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec408-field6.pdf.
- 4 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 200 с.
- 5 Брук, В. В. Математические модели в экологии: учеб. пособие / В. В. Брук, И. Н. Берешко. – Ч. 2 – Харьков: ХАИ, 2006. – 68 с.
- 6 Дадаева, А. Н. Операционное исчисление и применение в теории электрических цепей: учеб. пособие / А. Н. Дадаева. – Алма-Ата: КазНУ, 2014. – 102 с.
- 7 Дубков, А. А. Преобразования Лапласа: учеб.-метод. пособие / А. А. Дубков, Н. В. Агудов. – Н. Новгород: ННГУ, 2016. – 36 с.
- 8 Преобразование Лапласа и его приложения к решению задач, моделирующих процессы тепломассопереноса: метод. пособие / В. В. Шевелев, А. А. Валишин, Д. Л. Локшин, И. Р. Тишаева. – М.: МИТХТ, 2002. – 71 с.

УДК 621.72:633.2

С. Ю. Турко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

А. В. Вдовенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

К. Ю. Трубакова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ СТЕПИ И ПОЛУПУСТЫНИ

Одной из проблем сегодняшнего дня является повсеместная деградация сельскохозяйственных земель разного назначения, в т. ч. и пастбищ. Этот процесс идет в основном из-за нерационального землепользования, а на территориях с интенсивным ветровым режимом еще и из-за дефляции. На территориях, подверженных водной эрозии, большую роль играют осадки. Все обозначенное, с одной стороны, ухудшает продуктивность территорий, а с другой – снижает устойчивость территорий к неблагоприятным явлениям, где они, конечно, активно проявляются. Поэтому были проведены определенные исследования по изучению как водной, так и ветровой эрозии почв. Они касались теоретического обоснования продуктивной составляющей лизиметрических опытов, а также расширения понимания пастбищной проблемы и более объективного определения путей и вопросов дальнейших исследований агроэкологического и природоохранного плана на пастбищах. Целью наших исследований явилось изучение возможности обогащения, повышения устойчивости и долговечности кормовых фитоценозов деградированных пастбищ аридной зоны на экспериментальных моделях, а также выявление наиболее перспективных моделей сеяных фитоценозов кормовых трав и оценка влияния эдафического фактора на биоценотические процессы, продуктивность и качество корма в условиях степи и полупустыни.

Ключевые слова: пастбищные экосистемы, проективное покрытие, почвенная влага, растительный экран, долговечность, фитоценозы.

S. Yu. Turko

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd, Russian Federation

A. V. Vdovenko

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

K. Yu. Trubakova

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd, Russian Federation

SIMULATION MODELS OF IRRIGATED PASTURES ON VARIOUS SOILS UNDER THE CONDITIONS OF DRY STEPPE AND SEMI-DESERT

Precipitation plays an important role in areas prone to water erosion. All such agreed on the one hand, worsens the productivity of the territories, and on the other hand, reduces the sustainability of territories to unfavorable phenomena, where they are certainly actively manifested. Therefore, certain studies have been carried out to study both water and wind erosion of soils. They concerned the theoretical substantiation of lysimetric experiments productive component as well as the broadening of understanding the pasture problem and a more objective determination of ways and issues of further studies of agroecological and nature conservation plan for the pastures. The purpose of our research was to study the possibility of enriching, increasing sustainability and durability of forage phytocenoses of degraded pastures of the arid zone in experimental models, as well as identifying the most promising models of sowing phytocenoses of fodder grasses and assessing the influence of the edaphic factor on biocenotic processes, productivity and forage quality under steppe and semi-desert conditions.

Key words: pasture ecosystems, projective covering, soil moisture, vegetative screen, longevity, phytocenosis.

Введение. Для эффективного и рационального использования деградированных пастбищ необходимо шире применять фитомелиорацию территорий, при которой предусматривается создание посевов высокопродуктивных кормовых трав. Это относится как к продукционной составляющей, так и к управленческой сфере.

Пастбищные растительные ассоциации формируются в связи с разнообразием условий мест обитаний, включая и почвенные, а также в связи с избирательностью по отношению к ним растений в определенной ландшафтно-географической зоне. Даже в одной зоне в зависимости от ее рельефа, уровня грунтовых вод, экспозиции склона и ряда других факторов создаются неодинаковые почвенные условия, которые отражаются на типе растительности. Так, в полынно-злаковой степи всегда можно обнаружить участки, где доминируют в основном полыни или злаки. Именно поэтому типы почв являются мощным фактором распределения растений в одних климатических условиях.

И совершенно не случайно разрабатываются специальные методы анализа, использующие аппарат имитации, агрегатного моделирования, системного анализа.

Луга и пастбища, исходя из имеющихся сведений, занимают почти четвертую часть суши Земли. Они, как правило, в основном и являются базой для выпаса скота. Поэтому вполне естественно, что в мире была сделана не одна попытка создать единую теорию управления такой сложной системой, как пастбище. Вместе с тем это сложные системы, состояние которых определяется многими компонентами, в т. ч. погодными условиями, нагрузкой, временем выпаса, составом травостоя и др. Поэтому уже неоднократно делались попытки как-то расшифровать процесс функционирования этой системы.

Материалы и методы. Для создания фоновой картины аридных пастбищных экосистем на основных полупустынных и пустынно-степных почвенных субстратах были подготовлены имитационные лизиметрические модели мелиорированных пастбищ (ИЛММП) для весенне-летнего, летнего и летне-осеннего использования [1]. При подборе травосмесей учитывались засухоустойчивость, долговечность, урожайность, питательная ценность видов, так как травостой на пастбищах должен состоять из растений различных ботанических групп и обеспечивать устойчивость урожаев в случае неблагоприятных условий.

Закладка опытов была проведена на лизиметрических участках путем посева поликомпонентных смесей кормовых трав. Подбирались злаковые, злаково-бобовые и злаково-полынно-бобовые травосмеси из трав ставропольской селекции (пырея удлиненного и солончакового, костра безостого Вегур и Ставропольский-35, житняка гребенчатого, овсяницы луговой, полыней белой, черной и песчаной, люцерны синей). Виды травосмесей: 1) весенне-летнее пастбище: житняк + пырей + костер (ж + пр + к); 2) летнее пастбище: житняк + овсяница + люцерна синяя (ж + о + л); 3) летне-осеннее пастбище: житняк + полынь + люцерна (ж + пл + л). Опыты были заложены на разных

почвенных субстратах: кумский песок, бажиганский песок, черноземовидная супесчаная почва [2].

Результаты и обсуждение. Были выявлены доминанты в кормовых травосмесях. На черноземовидном почвенном субстрате в травосмеси «ж + пр + к» доминировал житняк (37 %), в травосмесях «ж + о + л» и «ж + пл + л» – люцерна (60 %). На бажиганских песках доминантами были: в травосмеси «ж + пр + к» – житняк (46 %), в травосмесях «ж + о + л» и «ж + пл + л» – люцерна (46 и 49 %). На кумских песках в травосмеси «ж + пр + к» доминировал житняк (43 %), в травосмесях «ж + о + л» и «ж + пл + л» – люцерна (52 и 51 % соответственно). Т. е. на всех почвах на весенних пастбищах доминировал житняк, а на летних и летне-осенних пастбищах – люцерна. Характерной особенностью осенних пастбищ явилось доминирование люцерны в травосмеси «ж + пл + л» на всех почвах.

Общее проективное покрытие травостоем определялось площадью проекции отдельных фитоценозов в целом на поверхность почвы. Оно изменялось за весь период вегетации по месяцам в зависимости от почвенного субстрата. Было установлено, что в течение вегетации этот показатель изменяется от 0 до 100 %. Теоретически в динамике процесс покрытия поверхности почвы растениями за период апрель – июнь можно описать уравнением:

$$S_{\text{пок.}} = S_{\text{т.пок.}} e^{-KN},$$

где $S_{\text{пок.}}$ – площадь покрытия поверхности почвы растениями, см²;

$S_{\text{т.пок.}}$ – максимальное покрытие в варианте, см²;

K – коэффициент, зависящий от варианта опыта;

N – сутки от начала вегетации.

Значения $S_{\text{т.пок.}}$, как показали опыты, в вариантах «ж + о + л» и «ж + пл + л» на всех почвенных субстратах можно принять равными 95 %, а в вариантах «ж + пр + к» на черноземовидных супесчаных почвах и кумских песках – 70 %, на бажиганских песках – 50 %. Значение K можно принять соответственно равным 0,110; 0,109 и 0,104. В период с июля площадь покрытия была принята равной $S_{\text{т.пок.}}$ или меньшей на 5–15 % (таблица 1).

Таблица 1 – Структура фитоценозов на различных почвенных субстратах, лизиметрический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН, 2016 г.

В %

Сезонность	Травосмесь	Проективное покрытие травостоем			
		15 мая	15 июля	15 августа	15 сентября
Черноземовидные супесчаные почвы (л. № 6)					
Весенне-летнее пастбище	ж + пр + к	60	70	–	–
Летнее пастбище	ж + о + л	85	100	100	–
Летне-осеннее пастбище	ж + пл + л	85	100	100	80
Бажиганский песок (л. № 13)					
Весенне-летнее пастбище	ж + пр + к	40	50	–	–
Летнее пастбище	ж + о + л	80	100	90	–
Летне-осеннее пастбище	ж + пл + л	75	90	85	80
Кумский песок (л. № 15)					
Весенне-летнее пастбище	ж + пр + к	60	75	–	–
Летнее пастбище	ж + о + л	85	100	90	–
Летне-осеннее пастбище	ж + пл + л	80	95	90	70
Примечание – ж – житняк, пр – пырей, к – костер, о – овсяница, пл – полынь, л – люцерна.					

Можно отметить, что на процессы, протекающие в растительном покрове, влияет и пористость самого растительного покрова. Она, как следует из литературы, определяется оптической плотностью растительного экрана [3]. Общепринятым подходом к решению проблемы светопроницаемости растительного покрова считается применение уравнения Монси – Сазки [4]. Оно в общем виде выглядит следующим образом:

$$I = I_0 e^{-Kl},$$

где I – светопроницаемость растительного покрова;

I_0 – плотность светового потока на подходе к растительному покрову;

K – коэффициент затухания;

l – расстояние от верхней кромки растительного экрана до взятия пробы.

Нами для характеристики пористости предлагается уравнение логарифмического типа:

$$F = \left[1 - K_{\text{О.П.}} \ln \left(\frac{B(y)}{A} + 1 \right) \right],$$

где F – пористость растительного экрана;

$K_{\text{О.П.}}$ – коэффициент оптической плотности растительного экрана;

$B(y)$ – слой растительного экрана, берущийся в расчет, см;

A – коэффициент (может быть принят равным 1), см.

Отсюда световой поток в растительном покрове будет изменяться по соотношению:

$$I = I_0 \left[1 - K_{\text{О.П.}} \ln \left(\frac{B(y)}{A} + 1 \right) \right].$$

Если использовать прошлогодние проработки по ходу роста травостоя, то можно раскрыть функцию $B(y)$ в плане изменения во времени:

$$B(y) = B_{\text{max}} \left[1 - e^{-K_B t} (1 - e^{-C_B t}) \right],$$

где B_{max} – высота растений в конце вегетации, см;

K_B и C_B – ростовые показатели, зависящие от условий роста и генетических свойств растений;

t – время суток вегетации.

Исследования показали, что продукционная составляющая фитоценозов на исследуемых объектах во многом определяется водоудерживающей способностью почвенного субстрата и его плодородием. Эти факторы могут быть заложены в модель «продуктивность – растение – среда обитания». Существует много факторов, влияющих на формирование растительного покрова. Это, например, световой поток и проникновение его в растительный покров, поскольку он является основным элементом фотосинтетической деятельности. Немаловажную роль играет и сама биомасса растений, так как интенсивность образования органического вещества зависит от площади ассимилирующего аппарата. Кроме того, биомасса влияет на продуктивность расхода влаги, т. е. на состояние транспирационной и теряемой с физическим испарением влаги.

Продуктивность наземных экосистем в условиях засушливых зон ограничивается лимитирующим фактором – почвенной влагой. Водные свойства отражают способность грунта впитывать, пропускать и удерживать влагу, поступающую в виде осадков или поливной воды, а также переносить ее из глубинных слоев в поверхностные, к растениям. Влага способна оказывать существенное влияние на химические, физические, воздушные и тепловые качества почвы [5–7].

Содержание влаги в почве во все сезоны и под всеми травосмесями на ИЛММП было выше в черноземовидном субстрате, чем в бажиганском и кумском песках, особенно ранней весной.

Наибольшее количество продуктивной влаги в слое почвы 0–90 см на ИЛММП выявлено в черноземовидной супеси: на весенне-летних пастбищах – 125 мм, на летних – 124 мм, на летне-осенних – 119 мм. Наименьшим запасом продуктивной влаги отличился бажиганский песок: на весенне-летних пастбищах – 37 мм, на летних – 33 мм, на летне-осенних – 32 мм (таблица 2).

Таблица 2 – Средняя почвенная влажность и продуктивная влага на ИЛММП в слое почвы 0–90 см, 2016 г.

Почвенный субстрат	Вид пастбища	Единица измерения	Дата					ПВ
			10.04	19.05	26.07	24.08	30.09	
Черноземовидная супесь (л. № 6)	I	%	13,08	6,42	6,45	8,67	3,80	9,28
		мм	176,58	86,67	87,08	117,05	51,30	125,28
	II	%	12,86	6,54	6,54	8,34	3,66	9,20
		мм	173,61	88,29	88,29	112,59	49,41	124,20
	III	%	12,54	6,72	6,32	8,33	3,76	8,78
		мм	169,29	90,72	85,32	112,46	50,76	118,53
Бажиганский песок (л. № 13)	I	%	4,29	1,67	1,96	2,46	1,08	3,29
		мм	50,19	19,53	22,93	28,78	12,63	37,56
	II	%	4,11	2,02	1,76	2,33	1,13	2,98
		мм	46,92	23,63	20,59	27,26	13,22	33,70
	III	%	4,01	1,83	1,99	2,22	1,21	2,80
		мм	46,91	21,41	23,28	25,97	14,16	32,75
Кумский песок (л. № 15)	I	%	4,60	2,11	2,05	3,06	1,20	3,40
		мм	53,82	24,69	23,98	35,80	14,04	39,78
	II	%	4,45	2,01	1,99	2,99	1,34	3,11
		мм	52,07	23,52	23,28	34,98	15,68	36,39
	III	%	4,01	2,32	2,11	3,13	1,21	2,80
		мм	46,92	27,15	24,69	36,62	14,16	32,76
Примечание – I – весенне-летнее, II – летнее, III – летне-осеннее.								

Также проводился учет фитопродуктивности. Установлено, что самую высокую урожайность на черноземовидном супесчаном субстрате имел вариант «ж + о + л» (12,20 т/га), а самую низкую – на бажиганских песках вариант «ж + пр + к» (1,36 т/га). Практически во всех вариантах травосмесей и на всех почвенных субстратах преобладает по фитомассе люцерна (таблица 3) [8].

Таблица 3 – Продуктивность пастбищ разного сезона использования в зависимости от видового состава фитоценоза (лизиметрический комплекс ФНЦ агроэкологии РАН)

В т/га

Вид пастбища	Травосмесь	Фитомасса	
		фактическая	расчетная
1	2	3	4
Черноземовидные супесчаные почвы (л. № 6)			
Весенне-летнее	ж + пр + к	6,18	5,75
Летнее	ж + о + л	11,20	12,20
Летне-осеннее	ж + пл + л	10,23	10,80
Бажиганский песок (л. № 13)			
Весенне-летнее	ж + пр + к	1,09	1,36
Летнее	ж + о + л	6,42	6,50
Летне-осеннее	ж + пл + л	4,37	4,09

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Кумский песок (л. № 15)			
Весенне-летнее	ж + пр + к	1,25	1,38
Летнее	ж + о + л	4,24	4,80
Летне-осеннее	ж + пл + л	9,61	9,30
Примечание – ж – житняк, пр – пырей, к – костер, о – овсяница, пл – полынь, л – люцерна.			

Выводы. Благодаря высокому биоклиматическому потенциалу и особенностям формирования перспективные кормовые ценозы можно использовать при фитомелиорации деградированных угодий. Полученные материалы могут быть использованы при подборе современных технологий восстановления и улучшения деградированных пастбищ аридной зоны [9–11].

В целом проведенные эксперименты позволили выявить ряд особенностей ведения пастбищного хозяйства и дали возможность наметить пути для уничтожения отдельных позиций, касающихся воздействия температурного и влажностного режимов, а также питания на формирование травяного покрова на пастбищах. Они дают возможность также сделать определенные выводы и о влиянии вида травосмесей в целом на травяной покров.

Список использованных источников

1 Турко, С. Ю. Восстановление деградированных пастбищ на легких почвах с использованием высокопродуктивных фитомелиорантов / С. Ю. Турко, А. К. Кулик, М. В. Власенко // Вестник РАСХН. – М., 2014. – № 5. – С. 58–61.

2 Власенко, М. В. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах / М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1(57). – С. 104–110.

3 Дубов, А. С. Турбулентность в растительном покрове / А. С. Дубов, Л. П. Быкова, С. В. Марунич. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 183 с.

4 Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Г. М. Торкли. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

5 Опустынивание и комплексная мелиорация агроландшафтов засушливой зоны / К. Н. Кулик [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2007. – 86 с.

6 Воронина, В. П. Агроклиматический потенциал российского Прикаспия / В. П. Воронина // Проблемы социально-экономического развития аридных территорий. – М.: Соврем. тетр., 2001. – Т. 1. – С. 138–144.

7 Турко, С. Ю. Математическое моделирование роста и развития кормовых трав на аридных пастбищах / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 219–228.

8 Технология создания устойчивых кормовых фитоценозов в условиях орошения Северо-Западного Прикаспия / В. П. Зволинский, В. А. Федорова, Т. В. Мухортова, М. В. Власенко, С. Ю. Турко // Адаптивное кормопроизводство. – 2016. – № 1. – С. 70–79.

9 Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю. К. Новоселов [и др.]; ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – М.: ВИК, 1983. – 197 с.

10 Турко, С. Ю. Устойчивость и долговечность кормовых фитоценозов деградированных пастбищ / С. Ю. Турко, А. В. Вдовенко, С. Н. Сивцева // Вестник мясного скотоводства. – 2017. – № 2(98). – С. 176–187.

11 Воронина, В. П. Оценка кормовых ресурсов аридных лесопастбищ Северо-Западного Прикаспия / В. П. Воронина, В. С. Баянов // Научная жизнь. – М. – Саратов, 2012. – № 1. – С. 53–56.

УДК 633.2.03

М. В. Власенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

ФАКТОРЫ СРЕДЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ

Целью исследования являлось изучение важных факторов среды, от которых зависит рост и развитие растительности в аридных условиях (влажности почвы, температуры воздуха и почвы, солнечной радиации, почвенных условий, экспозиции склонов песчаных бугров и гряд и др.). Работа основана на современных методах ландшафтно-биоэкологических исследований с использованием научно-практических методов восстановления и продления продуктивного долголетия пастбищ. Представлен материал по особенностям роста растительности лиманов и пойменных лугов, который зависит от температуры верхнего слоя почвы, определяемой общим температурным фоном и увлажненностью. Направление и последовательность смены фитоценозов зависят от многих причин. Их прогнозирование – важная задача управления пастбищами. Описаны группы смены растительности под воздействием антропогенных факторов (техногенные преднамеренные и непреднамеренные смены, антропогенные обратимые смены, смены улучшения).

Ключевые слова: естественные пастбища, продуктивность, видовое разнообразие, факторы среды, аридизация.

M. V. Vlasenko

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd, Russian Federation

ENVIRONMENTAL FACTORS DETERMINING PRODUCTIVITY AND SPECIES DIVERSITY OF ARID PASTURES

The aim of research was to study the important environmental factors that the growth and development of vegetation under arid conditions (soil moisture, air and soil temperature, solar radiation, soil conditions, sand hill slopes and ridges exposure, etc.) depend on. The work is based on modern methods of landscape-bioecological research using scientific and practical methods of restoration and extension of pasture productive longevity. The material on features of vegetation growth of estuaries and floodplain meadows, which depends on the temperature of the upper soil layer, determined by the general temperature background and moisture is presented. The direction and succession of aridum depend on many factors. Their prediction is an important task of pasture management. The plant succession groups under the influence of anthropogenic factors (man-made deliberate and unintentional changes, anthropogenic reversible successions, improvement changes) are described.

Key words: natural pastures, productivity, species diversity, environmental factors, aridization.

Введение. Фенологические наблюдения с учетом условий среды произрастания дают правдивую картину динамики растительности. При интенсивном и нерациональном использовании кормовых угодий нарушение биоценотических связей ведет к существенным сдвигам в естественной динамике, изменения идут по пути деградации и снижения потенциала продуктивности пастбищ. Мониторинг проводится с целью планирования рационального использования сенокосов и пастбищ, а также прогнозирования урожайности естественных угодий.

Установление связей между развитием растений и комплексом факторов среды является основным условием прогнозирования продуктивности пастбищных угодий [1–3]. Так, рост, развитие, продуктивность пойменных и лиманных угодий зависят от гидрологического режима рек и других экологических факторов. Изменение фенологического развития растительности от года к году обусловлено режимом затопления пойменных и лиманных участков [4].

Эффективность пастбищных мероприятий во многом зависит от того, в какой степени заранее известны состояние растительности и урожайность фитомассы, так как точный прогноз позволяет разработать схему использования кормовых угодий с учетом преобладания определенных форм растений. Так, эфемеры и эфемероиды используются под стравливание в первую очередь, а длительно вегетирующие виды пригодны для стравливания в сроки, когда растения имеют наибольшую массу и достигают высокой питательной ценности.

Материалы и методы. Целью исследования являлось изучение факторов среды, от которых зависит рост и развитие растительности в аридных условиях (влажности почвы, температуры воздуха и почвы, солнечной радиации, почвенных условий, экспозиции склонов песчаных бугров и гряд и др.). Работа основана на современных методах ландшафтно-биоэкологических исследований с использованием научно-практических методов восстановления и продления продуктивного долголетия пастбищ [1].

Результаты и обсуждение. Основными ландшафтными видами пустынных степей являются *Artemisia lerchiana* Web., *Artemisia pauciflora* Web., *Artemisia terrae-albae* Krasch., *Stipa capillata* L., *Stipa lessingiana* Trin., *Stipa sareptana* и другие виды.

Фенологические наблюдения на фоне агрометеорологических условий позволяют спрогнозировать урожайность и динамику запаса корма на естественных пастбищах. Проводя фенологические исследования, необходимо выявлять зависимость между развитием растений и совокупностью факторов среды, которые и определяют это развитие. В аридных условиях основными факторами внешней среды являются влажность почвы, температура воздуха и почвы, солнечная радиация и др. Большое влияние на развитие пастбищных трав оказывают и второстепенные факторы: характер субстрата, глубина снежного покрова, экспозиция склонов песчаных бугров и гряд и пр. Т. е. каждая следующая фаза развития растений наступает при наличии определенных условий, что отражается на скорости прохождения фазы и обилии таксонов в сообществах. Так, экспозиция склонов влияет на скорость прогревания почвы, соответственно, на разных склонах при различном наборе положительных сумм температур начало вегетации растений наступает неодинаково. В понижениях и на северных склонах в результате ветров происходит аккумуляция снега, здесь снеготаяние задерживается, соответственно, начало вегетации наступает позднее.

В зависимости от весенних условий у многих видов начало вегетации сдвигается на 1–2 декады. В годы с поздней холодной зимой эфемероидов и эфемеров крайне мало, в отличие от ранней и теплой весны, когда создаются благоприятные условия для их развития и их количество возрастает.

Начало вегетации также зависит от биологических особенностей видов, в т. ч. от строения и глубины проникновения корневой системы. У эфемероидов и многих многолетних видов начало вегетации приурочено к первому весеннему прогреванию верхнего почвенного слоя. Интенсивное развитие эфемеров обуславливают теплые и влажные ранневесенние декады.

Особи одной ценотической популяции (форма существования вида в фитоценозе) по-разному приспосабливаются к условиям среды. В основе таких приспособлений лежит экологическая пластичность видов, которая особенно сильно проявляется в возрастном составе особей, так как особи разного возраста по-разному реагируют на факторы среды в пределах одного сообщества. Так, молодые особи более мезофильны и

способны «задерживать» развитие при ограниченном освещении и питании. Взрослые особи могут задерживать наступление генеративных фаз, затягивать состояние покоя, долго переносить неблагоприятные условия и сохранять при этом способность к плодоношению. Т. е. особи одного вида в пределах одной ценопопуляции способны изменять продолжительность возрастных периодов жизненного цикла, менять численность в зависимости от смены условий.

Выявление зависимости между метеорологическими факторами и началом той или иной фазы развития растений является актуальной задачей, так как с этим связан оптимальный срок стравливания кормовых угодий. Ведь несвоевременное использование пастбищ может привести к сильному сбою из-за переувлажнения верхнего почвенного горизонта, к полному стравливанию хорошо поедаемых трав и другим негативным последствиям.

Так как запас влаги в почве ранней весной оптимальный, фаза возобновления вегетации растений определяется по числу дней и суммам максимальных температур воздуха за период от даты перехода среднесуточной температуры через 0 °С до возобновления вегетации. Однако возобновление вегетации не всегда начинается после перехода температуры через 0 °С. Рано отрастающие виды, такие как *Agropyron sibiricum*, *Kochia prostrata*, начинают вегетировать сразу после схода снежного покрова из-за повышения инсоляции и быстрого прогревания верхнего почвенного слоя. В связи с этим для таких кормовых угодий устанавливается связь начала возобновления вегетации с суммой максимальных температур от схода снежного покрова.

Одним из основных факторов, от которых зависит рост и развитие видов на аридных пастбищах, является влага (запасы влаги в почве и атмосферные осадки). Большой продуктивностью обладают лиманы и пойменные луга благодаря создаваемым на них запасам влаги. Экологические условия таких кормовых угодий, их флористический состав, особенности роста разных видов определяет гидрологический режим (режим затопления, его продолжительность и сроки, мощность слоя воды). И несмотря на то, что пойменная растительность находится в лучших условиях водоснабжения, гидротермические условия отдельных лет оказывают значительное влияние на сроки наступления фаз. Некоторые виды в этих условиях выработали устойчивые ритмы развития и менее требовательны к режимам паводковых вод. Для *Agropyron repens* L. лучшим сроком сенокосения можно считать сроки, близкие к фазе цветения, при сумме температур 1100–1200 °С, а для *Calamagrostis epigejos* L. – сроки после появления метелки.

Начало вегетации растительности пойменных участков зависит от температуры верхнего слоя почвы, определяемой общим температурным фоном и увлажненностью. Так, влажные почвы из-за более низкой теплопроводности и больших затрат на испарение прогреваются медленнее. При ранней и длительной весне с медленным повышением температур затопленная водой почва прогревается и оттаивает быстрее, чем на суходоле. Поэтому и возобновление вегетации растительности начинается раньше на участках с более глубоким затоплением, чем на суходоле. В условиях поздней весны и резкого потепления уже на суходольном участке почва прогревается быстрее, чем под слоем воды, что сдвигает сроки вегетации.

Растительность луговых сообществ очень быстро реагирует на изменения гидрологического фактора из-за того, что на различных элементах рельефа дельтовых участков преобладают легкие почвы, которые имеют низкую водоудерживающую и водоподъемную способность [5]. Отсутствие на пойменных участках затопления в течение 1–2 лет сказывается на видовом составе, кормовой ценности и продуктивности сообществ. При этом в луговых травостоях увеличивается количество сорных фреатофитов (*Cirsium arvense*, *Lepidium sibiricum*), однолетников-трихогидрофитов (*Suaeda linifolia*, *Chenopodium album*) и ядовитых видов (*Goebelia Alopecuroides*, *Oxitropis puberula*). При высыхании гидроморфных почв доминантами и эдификаторами сообществ стано-

вятся сорные, плохо поедаемые и ядовитые виды, а у ценных в кормовом отношении видов снижается продуктивность или они полностью вытесняются из травостоя. Прогнозирование таких изменений в растительных сообществах актуально с целью выявления возможных убытков в сельскохозяйственном производстве при проектировании регулирования стока речных паводковых вод и других гидромелиоративных работ.

Почвенные условия и микрорельеф аридных ландшафтов с многочисленными западинами (размером от нескольких сантиметров в глубину и высоту) и падьями (по несколько гектаров), куда стекает вода, промывая почву от избытка солей, во многом определяют пестроту растительного покрова [6, 7].

Направление и последовательность смены фитоценозов зависят от многих причин. Их прогнозирование – важная задача управления пастбищами. В настоящее время сукцессии часто связаны с воздействием человека, их естественный природный ритм при этом изменяется. К ряду антропогенных факторов относят вырубку леса, воздействие пожара, орошение, распашку, выпас, рекреации, создание водохранилищ, снижение паводков при зарегулировании стока рек и др.

На основе выявления причин и вследствие этого изменений растительного покрова и среды обитания под воздействием антропогенных факторов можно рассматривать следующие группы смены растительности:

- *техногенные преднамеренные смены*, при которых происходит безвозвратная замена пастбищных угодий орошаемыми полями, населенными пунктами, дорогами, каналами;

- *непреднамеренные смены*, которые могут сопровождаться нарушением экосистем и опустыниванием (техногенные и пасквальные): смены при перевыпасе скота, пирогенные смены, смены опустынивания сенокосов, смены пасквального засорения при нерегулируемом выпасе скота. Например [8], смена сообществ, связанная с перевыпасом скота, может быть обратимой, если среда обитания не нарушена (демутация); если среда обитания нарушена, то восстановление растительного покрова затягивается, при этом формируются новые сообщества, разительно отличающиеся от произрастающих до сего;

- *антропогенные обратимые смены*, предполагающие ненарушающую саморегуляцию в экосистемах при выпасе и сенокосении, носят временный характер, могут быть отрицательными и положительными;

- *смены улучшения* (создание лесных полос, орошаемых полей, посев кормовых растений).

Важным фактором, влияющим на изменение продуктивности и существенно обогащающим видовое разнообразие естественных пастбищных сообществ, является воздействие древесного яруса на прилегающую территорию. Временно исчезнувшие виды из состава фитоценозов при лесомелиорации территории восстанавливаются, занимая пустующие экологические ниши или вытесняя рудеральные виды. В фитоценозах под влиянием лесонасаждений уже в первые два года увеличивается численность ценных в кормовом отношении видов. При этом фиксируется не только увеличение частоты встречаемости особей видов, но и рост их таксономического разнообразия в зоне действия лесонасаждений. Здесь наблюдается тенденция к расширению ареала лекарственных растений с мезофитным типом местообитания [9]. Так, лекарственный вид *Salvia sclarea* L. добывает воду глубоко уходящей в почву корневой системой, избегает солонцеватых почв, засухоустойчив, но отзывчив на увлажнение, особенно в периоды прорастания семян и стеблевания. В это время его недостаток отрицательно сказывается на урожайности. Появление таксонов *Salvia sclarea* L. замечено в низинах на расстоянии 10–20 м от лесополосы из вяза приземистого (Астраханская область) на полностью сбитых участках (с проективным покрытием 5–10 %) (рисунок 1). В то же время на немелиорированных территориях (на расстоянии $\approx$ 1 км от насаждений из вяза)

Salvia sclarea L. не встречается. Можно сказать, что мелкие группировки шалфея сохранились и распространились во многом благодаря улучшению микроклиматических условий под влиянием насаждений вяза приземистого [6].



Рисунок 1 – Лекарственный вид *Salvia sclarea* L. в тени насаждений вяза приземистого, Астраханская область, сентябрь 2012 г. (автор фото М. В. Власенко)

Таким образом, биоэкологическая роль лесонасаждений заключается в создании микроклиматических изменений в экологической среде, положительно влияющих на развитие травянистого яруса и формирующих благоприятные условия для выпаса сельскохозяйственных животных [10]. Под влиянием насаждений селятся виды, характерные для гумидных областей. Здесь оптимизируется экологический состав растений, образующих ассоциации, травостой более эффективно используется, а после стравливания лучше отрастает.

Закключение. Естественные пастбища представляют собой биогеоценоз или материально-энергетическую единицу, которая способна к саморазвитию, саморегуляции и самоорганизации. Динамическое равновесие кормовых угодий предполагает проявление сезонных и многолетних трансформаций, которые являются реакциями на изменения среды. Установление связей между формированием и продуктивностью аридных пастбищ и факторами среды (влажностью почвы, температурой воздуха и почвы, солнечной радиацией, характером субстрата и рядом других) является основным условием прогнозирования продуктивности пастбищных угодий, так как комплекс гидрологических, почвенных, агроклиматических и других факторов формирует определенный ботанический состав, динамику роста растительности, ее продуктивность.

Список использованных источников

1 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 6–12.

2 Турко, С. Ю. Математическое моделирование роста и развития кормовых трав на аридных пастбищах / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 219–228.

3 Жаро- и засухоустойчивость лекарственных растений в условиях Северного Прикаспия / Л. П. Рыбашлыкова, Т. В. Мухортова, М. М. Шагаипов, Х. Х. Эсхаджиева //

Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2016. – № 4(29). – С. 47–50.

4 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона (на примере Усть-Кундрюченского песчаного массива): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 28 с.

5 Кулик, А. К. Влияние песчаных массивов на опреснение и повышение водности рек Донского бассейна / А. К. Кулик // Вестник РАСХН. – 2014. – № 2. – С. 39–42.

6 Власенко, М. В. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 22 с.

7 Воронина, В. П. Особенности продуктивности пастбищных угодий на зональных почвах Астраханской области / В. П. Воронина, М. В. Власенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 3. – С. 7–14.

8 Власенко, М. В. Изменения растительного покрова под влиянием выпаса сельскохозяйственных животных на пастбищных угодьях Астраханской области / М. В. Власенко // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 12, ч. 4. – С. 757–759.

9 Власенко, М. В. Лекарственные растения в природном комплексе: монография / М. В. Власенко, О. М. Баранова, Ю. М. Пучков. – Астрахань: Сорокин Р. В., 2011. – 292 с.

10 Власенко, М. В. Особенности микроклимата на заросших кустарником пастбищах в аридном поясе Волго-Донского междуречья / М. В. Власенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 94–98.

УДК 631.67:633.11

А. П. Тищенко

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ

Целесообразность разработки данной установки заключается в том, что определение водно-физических характеристик почвы выполняется обычно в полевых условиях. Но полевой сезон ограничен теплым периодом года, поэтому применение данной лабораторной установки делает возможным проводить исследования водно-физических характеристик на протяжении всего года, так как они осуществляются в лабораторных условиях. Лабораторная установка предназначена для определения водно-физических характеристик почвы, изучения динамики передвижения питательных веществ, что необходимо при разработке режимов орошения и питания сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: впитывание, установившаяся фильтрация, наименьшая влагоемкость, влажность разрыва капилляров, полная влагоемкость, водоотдача, плотность сложения почвы.

A. P. Tishchenko

Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation

LABORATORY INSTALLATION FOR STUDYING WATER-PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOIL

The expediency of developing this installation is that the determination of water-physical characteristics of soil is usually carried out under the field conditions. But the field season is limited to a warm period of the year, so the use of this laboratory installation makes

it possible to conduct water-physical characterization studies throughout the year, as they are carried out under laboratory conditions. The laboratory installation is designed to determine water-physical characteristics of soil, to study the dynamics of nutrients movement, which is necessary for the development of irrigation and crops feeding regimes.

Key words: absorption, steady filtration, minimum water capacity, humidity of capillary rupture, total moisture capacity, water yield, density of soil composition.

При разработке конструкции установки преследовалась цель сконцентрировать несколько видов исследований водно-физических характеристик почвы на одной установке. Предварительно было изучено большинство доступных приборов и оборудования, которые служат для исследования водно-физических характеристик и процессов, происходящих в почве [1–5]. С помощью установки определяются следующие водно-физические характеристики почвы: впитывание, скорость фильтрации, верхний уровень оптимального увлажнения почвы (наименьшая влагоемкость), нижний уровень оптимального увлажнения почвы (влажность разрыва капилляров (ВРК), полная влагоемкость, водоотдача, плотность сложения почвы, уплотнение почвы под воздействием поливов, глубина проникновения азотных удобрений в зависимости от величины поливной нормы [6].

Лабораторная установка защищена авторским свидетельством [7].

Установка (рисунок 1) состоит из контейнера 1, заряженного почвенным монолитом без нарушения структуры, соединенного фланцевым соединением через резиновую прокладку с буферным контейнером 2, заполненным хорошо промытым песком. Высота контейнера 1 равна 0,5 м. При необходимости отдельные части контейнера могут монтироваться через фланцевые соединения в колонну необходимой высоты. Буферный контейнер 2, также через фланцевое соединение, соединяется с поддоном 3, в котором уложен обратный фильтр, сложенный послойно из различных фракций песка. Перед укладкой обратного фильтра на дно поддона наливается расплавленный парафин 4 с таким расчетом, чтобы после застывания его поверхность была наклонена к сливному отверстию 5. Подача воды на поверхность монолита осуществляется из бака 6 через шланг и регулирующее устройство (клапан) 7. На крышке бака смонтирован самописец 8, который регистрирует на ленте величину и интенсивность подачи воды на монолит. В нижней части установки смонтировано аналогичное регистрирующее устройство 9, которое регистрирует объем и интенсивность профильтровавшейся через монолит воды. Для отсоса из монолита поровых растворов на боковой поверхности имеются специальные люки 10, через которые в почву монтируются пустотелые керамические датчики влаго-, солепереноса 11, а также манометр 12, показывающий отрицательное давление влаги в почве. Датчики посредством гибких полихлорвиниловых трубок (кембриков) 13 соединяются с вакуумным сосудом 14 емкостью 5,0–6,0 л. В пробку монтируется сборник 15, к которому подводятся кембрики от датчиков 11. Вакуумный сосуд, также посредством кембрика, соединен с вакуумным насосом Камовского 16. Манометр 17 служит для контроля отрицательного давления в вакуумном сосуде.

Для слежения за скоростью впитывания в люки вмонтированы электроды 18, которые подключены к самописцу скорости впитывания воды в почву 19. Для слежения за температурным режимом почвы в те же люки вмонтированы электротермометры, которые подключены к измерителю температуры 20. Для исследований фильтрационного режима почвы при заданной интенсивности дождя над поверхностью монолита размещается дождеватель 21. Посредством изменения напора между выходными отверстиями дождевателя и уровнем воды в водорегулирующем устройстве 7, а также по интенсивности сработки воды из верхнего бака 6, что можно определить по крутизне записи на ленте самописца 8, устанавливается заданная интенсивность дождя различных типов дождевательных машин.

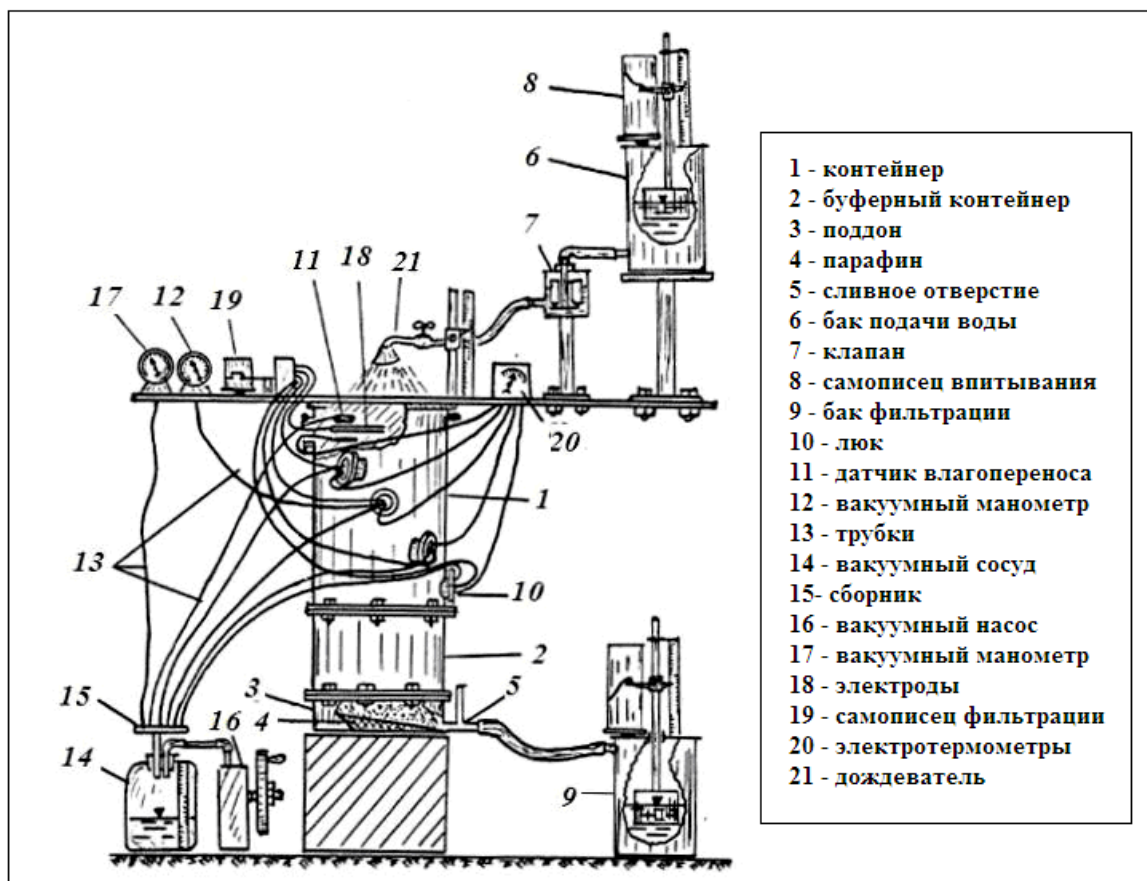


Рисунок 1 – Лабораторная установка для изучения водно-физических и водно-химических характеристик почвы

Почва в контейнер 1 заряжается без нарушения структуры. Зазор между стенкой контейнера и почвенным монолитом заливается расплавленным парафином. Это делается для того, чтобы исключить затекание воды в зазор между контейнером и монолитом при проведении опытов.

Ниже дается краткое описание методик проведения опытов по определению водно-физических характеристик почвы.

1 Определение скорости фильтрации. На поверхности почвенного монолита создается слой воды 2–3 мм. Постоянство слоя обеспечивается водорегулирующим устройством 7. Расход воды на фильтрацию регистрируется на ленте самописца 6. Фильтрация считается установившейся после того, как интенсивность подаваемой на поверхность монолита и профильтровавшейся через него воды уравнивается. Это определяется по характеру записи на лентах верхнего 8 и нижнего 9 самописцев. По записи установившегося движения воды через монолит определяется скорость фильтрации.

2 Определение впитывания. После определения скорости фильтрации нужно дать стечь гравитационной воде из монолита. Затем включается вакуумный сосуд, и с его помощью происходит отсасывание капиллярной влаги из монолита. Отсос производится равномерным увеличением отрицательного давления до минус 8,5 м. Такое давление соответствует нижнему пределу оптимального увлажнения, т. е. ВРК. После этого возобновляется подача воды на поверхность монолита. Тенденция и объем впитывания будут соответствовать объему воды, поданному на поверхность монолита от начала опыта до выхода тенденции записи верхнего самописца на фильтрационную интенсивность (установившуюся фильтрацию). Скорость впитывания фиксируется на самописце 19. Прохождение фронта промачивания через датчики 18 изменяет электрическое сопротивление почвы и тем самым позволяет следить за передвижением влаги в почве.

3 Определение величины водоотдачи. После установившегося движения воды через почвенный монолит, о чем свидетельствует одинаковый наклон записи верхнего и нижнего самописцев, прекращается подача воды на поверхность монолита. Когда на поверхности монолита не останется свободной воды, начинается водоотдача. В этот момент на ленте нижнего самописца делается засечка. Об окончании водоотдачи свидетельствует ровная горизонтальная запись на нижнем самописце.

4 Определение наименьшей влагоемкости и плотности сложения почвы. Наименьшая влагоемкость почвы – количество влаги, прочно удерживаемое почвой после стекания гравитационной воды, т. е. после окончания процесса водоотдачи. Эта величина характеризует верхний предел содержания влаги в почве, до которого доводятся влагозапасы при поливе. После стекания гравитационной воды объемным буром, конструкция которого будет описана ниже, отбирается почва для определения наименьшей влагоемкости.

Объемный бур имеет внешний диаметр 50 мм, объем заборного цилиндра равен 50 см³, т. е. образец почвы вмещается в стандартный алюминиевый бюкс, используемый для отбора проб термостатно-весовым методом. Необходимость в отборе проб объемным буром заключается в том, что при отборе обычным буром происходит отжимание части воды из почвенного образца. Ошибка при этом может достигать 30 %. Вместе с определением наименьшей влагоемкости устанавливается и плотность сложения почвы.

Пробы, отобранные в макрокапиллярной зоне, а также в переувлажненной почве обычными бурами, дают занижение до 25–30 % величины влагозапасов. Это происходит за счет выжимания части влаги из переувлажненной почвы при отборе образцов. Для недопущения указанных ошибок разработан специальный объемный бур ударного типа малой модели (рисунок 2).

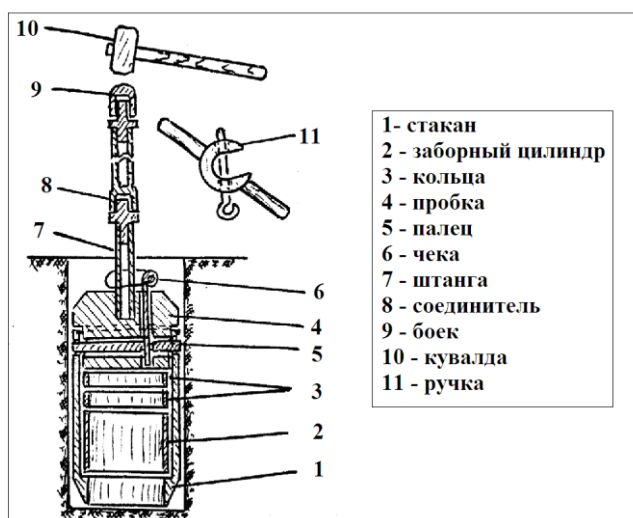


Рисунок 2 – Объемный бур

В буровой стакан 1 вкладывается заборный цилиндр 2 и два кольца 3, затем буровой стакан в собранном виде надевается на пробку 4, вкладывается палец 5, который стопорится чекой 6. Чтобы облегчить извлечение бура из скважины, внешняя поверхность бурового стакана 1 имеет книзу конусность 1,5°. В пробку 4 ввинчивается, а затем приваривается электросваркой штанга 7, соединяемая при необходимости с удлиняющими штангами-соединениями 8. На верхний конец штанги надевается боек 9, по которому ударяют двухкилограммовой кувалдой 10. Для извлечения бура из скважины применяется ручка 11.

Плотность сложения почвогрунтов с помощью данного бура может быть определена до глубины 10 м.

В комплект входит почвенный бур АМ-16, диаметр бурового стакана которого на 5 мм больше бурового стакана 1 объемного бура. При помощи бура АМ-16 выбуривается почва между отборами проб и одновременно расширяется скважина. Объем заборного цилиндра 2 (50 см³) соизмерим с объемом стандартного алюминиевого бюкса, применяемого для взятия образцов почвы при определении влажности термостатно-весовым методом с использованием буров вращательного типа.

Как известно, при отборе проб ручным почвенным буром вращательного типа влажность почвы в образце рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{M_{\text{в}} - M_{\text{с}}}{M_{\text{с}} - T} \cdot 100 \%,$$

где B – процент влажности почвы, %;

$M_{\text{в}}$ – масса влажной почвы, г;

$M_{\text{с}}$ – масса высушенной почвы, г;

T – масса бюкса, г.

Умножая полученную в % величину влажности почвы на плотность сложения соответствующего горизонта, получаем влагозапасы в мм, а при умножении еще на 10 результат получается в м³/га.

Используя объемный бур, можно определять влажность почвы без высушивания, так как плотность сложения почвы, умноженная на объем заборного цилиндра (50 см³), есть не что иное, как масса абсолютно сухой почвы.

Теперь формула расчета будет иметь следующий вид:

$$B = \frac{M_{\text{в}} - 50\gamma - T}{50\gamma} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где B – процент влажности почвы, %;

$M_{\text{в}}$ – масса влажной почвы с бюксом, г;

50 – объем заборного цилиндра, см³;

γ – плотность сложения почвы, г/см³;

T – масса бюкса, г.

Умножая формулу (1) на плотность сложения почвы γ , получаем, мм:

$$B = 2(M_{\text{в}} - 50\gamma - T). \quad (2)$$

Результат при этом соответствует мм слоя воды. Чтобы результат получился в величинах, в которых выполняются водно-балансовые расчеты, т. е. в м³/га, полученный результат по формуле (2) нужно умножить на 10, в итоге получается окончательная формула для расчета влажности почвы при отборе образцов объемным буром, м³/га:

$$B = 20(M_{\text{в}} - 50\gamma - T). \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) обозначения те же, что и в формуле (1).

При таком способе определения влажности почвы есть одно ограничение. Как известно, обработка почвы (вспашка, культивация, фрезерование) изменяет плотность сложения почвы в меньшую сторону. Исследованиями установлено, что значение плотности сложения почвы приходит в исходное состояние после влагозарядкового или вегетационного поливов нормой 500–600 м³/га, поэтому результаты определений будут справедливы после полива либо обильных осадков, сравнимых по величине с поливом.

Таким образом, с помощью объемного бура можно определять влагозапасы в почве в активный период вегетации, в условиях орошения, т. е. в то время, когда это обычно и делается, экономя тем самым время и электроэнергию, потребляемую сушильными шкалами.

5 Определение ВРК. Часть подвешенной влаги, находящаяся в крупных капиллярах, способна к передвижению в сторону большего иссушения почвы, которое происходит вследствие отсоса воды корнями растений. Это движение приостанавливается

при уменьшении влажности до определенного предела, называемого ВРК. Она характеризует нижний предел содержания в почве легкодоступной для растений влаги. При снижении влагозапасов в почве ниже ВРК начинается резкое ухудшение условий водоснабжения растений. Практически ВРК является предполивным порогом. После отбора проб для определения наименьшей влагоемкости скважина заполняется расплавленным парафином. Вакуумным насосом задается разрежение воздуха в сосуде 14 (рисунок 1). При этом вода из монолита в цепи бактфильтр – кембрик – сборник начинает поступать в сборный сосуд. Следует иметь в виду, что во избежание разрыва воды в почвенных капиллярах разрежение нужно создавать постепенно, начиная с минус 1 м и увеличивая на 1 м каждый день, сохраняя тем самым сплошность воды в крупных капиллярах, в результате чего вся легкоподвижная влага будет откачана из почвенного монолита. Максимальное отрицательное давление доводится до минус 8,5 м. Такое же давление должно быть и на контрольном манометре 12. После достижения указанного давления и прекращения поступления воды в сборный сосуд влагозапасы в почве контейнера будут соответствовать ВРК, т. е. будет достигнут нижний уровень оптимальных влагозапасов. Опыт на этом заканчивается. Монолит разрушается, и возле каждого керамического датчика 11 отбирается почва для определения влажности, соответствующей ВРК. В принципе, определение плотности сложения почвы можно провести и в конце опыта, при разрушении монолита и отборе проб почвы на ВРК, а величину наименьшей влагоемкости получить расчетом, добавляя к влагозапасам ВРК объем откачанной из монолита воды, находящейся в сборном сосуде 14. В данном случае необходимо сделать перерасчет на объем почвы, находящейся в контейнере, вычитая объем парафина, залитого между стенкой контейнера и монолитом.

6 Определение глубины проникновения азотных удобрений. Глубина проникновения подвижного азота, в зависимости от величины поливной нормы, определяется по результатам анализа поровых растворов, отсосанных из почвенного монолита. При этом перед каждым опытом с другой поливной нормой увлажнение почвы доводят до уровня ВРК, контролируя показаниями манометра, давление на котором должно быть минус 8,5 м. Подача воды на поверхность монолита производится через дождеватель 21. При этом интенсивность дождя соответствует интенсивности при работе дождевальной машины.

7 Определение количества вымытых азотных удобрений. Скорость и величина вымывания азота из почвенного монолита определяется по объему профильтровавшейся через него воды и концентрации в ней азота. В принципе, в этом опыте можно изучать влияние избыточных поливных норм на изменение плодородия почвы.

При проведении всех опытов необходимо в обязательном порядке измерять температуру в почвенном монолите, так как изменение температуры от плюс 10 °С и ниже значительно сказывается на гидрофизических характеристиках, получаемых при проведении эксперимента.

Список использованных источников

- 1 Астапов, С. В. Мелиоративное почвоведение (практикум) / С. В. Астапов. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 335 с.
- 2 Агрофизические методы исследования почв / под ред. С. И. Долгова. – М.: Наука, 1966. – 255 с.
- 3 Качинский, Н. А. Физика почв / Н. А. Качинский. – Л. – М.: Высш. шк., 1965. – 248 с.
- 4 Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 1. Водные свойства почвы и передвижение почвенной влаги / А. А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 238 с.
- 5 Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 2. Методы изучения водного режима почв / А. А. Роде. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 279 с.

6 Тищенко, А. П. Управление режимами орошения сельскохозяйственных культур по инструментальному методу: монография / А. П. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 2003. – 240 с.

7 А. с. 1493172 СССР, МКИ А 01 G 25/00. G 01 N 33/24. Установка для определения водно-физических и водно-химических характеристик почвы / В. А. Писаренко А. П. Тищенко, П. В. Тищенко; заявитель Украинский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия. – № 4326564/30-15, заявл. 11.11.87; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26.

УДК 626.82

В. Д. Гостищев, А. А. Кузьмичев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЛЬШОГО СТАВРОПОЛЬСКОГО КАНАЛА

В статье представлены результаты анализа эксплуатационных характеристик Большого Ставропольского канала. Проанализирована общая структура водораспределения, динамика объемов водозабора по годам, территориальное распределение площадей орошения, планы по реализации и способам проведения поливов. Сделаны выводы о комплексной потребности в функционировании Большого Ставропольского канала, в т. ч. с целью проведения оросительных мелиораций, и о перспективах.

Ключевые слова: Большой Ставропольский канал, оросительная система, энергоэффективность, динамика, анализ.

V. D. Gostishchev, A. A. Kuzmichev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

PERFORMANCE ANALYSIS OF THE GREAT STAVROPOL CANAL

The results of performance analysis of the Great Stavropol Canal are presented. The general structure of water distribution, the dynamics of water withdrawal volumes by years, territorial distribution of irrigation areas, implementation plans and irrigation methods have been analyzed. Conclusions on the complex need for the Great Stavropol Canal operation, also with the purpose of conducting irrigation reclamation and their prospects are drawn.

Keywords: the Great Stavropol Canal, irrigation system, energy efficiency, dynamics, analysis.

Анализ эксплуатационных характеристик Большого Ставропольского канала (БСК) проводился в процессе выполнения научно-исследовательских работ по перспективам создания инновационных самонапорных (деривационных) оросительных систем. На основе водоснабжения БСК функционирует достаточно широкий спектр водопотребителей и водопользователей, одним из которых является мелиоративный комплекс. Для предварительной оценки позиций и перспектив развития мелиоративного комплекса был проведен данный анализ. Стоит отметить, что строительство такого глобального по масштабам и уникального в техническом плане сооружения, как БСК, в основном предназначалось для водоснабжения центральной, северо-восточной и восточной частей Ставропольского края России за счет использования стока рек с северных склонов Кавказа – Кубани, Терека и Кумы. Строительство БСК началось в марте 1957 г., проводилось в виде отдельных этапов и продолжается по сегодняшний день. Линейная протяженность БСК составляет порядка 315 км от места водозабора (Усть-Джегутинского вдхр.) до конечного участка (на данный момент – 15 км юго-восточнее г. Светлограда).

Предварительный анализ площадей, подкомандных БСК, позволил выявить 624 тыс. га земель, где имеются начальные условия для создания самонапоров в диапазоне от 65 до 270 м вод. ст. При минимальных требованиях для автономной работы дождевальной техники 10 м вод. ст. этот фактор является основополагающим для рассмотрения комплекса вопросов по созданию инновационных энергоэффективных оросительных систем на базе мощностей БСК. Вопросы энергоэффективности напрямую связаны с экономической эффективностью и прописаны на законодательном уровне в виде федерального закона об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности № 261-ФЗ [1].

Несмотря на частично незавершенное строительство четвертой очереди, имея сохраненный потенциал развития пятой очереди с расходными характеристиками 42 м²/с, БСК функционирует и выполняет роль водораспределительного тракта для различных нужд. Основной целью функционирования БСК является своевременная и бесперебойная подача воды для нужд обводнения и орошения сельскохозяйственных угодий, а также для хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и населенных пунктов (таблица 1).

Таблица 1 – Структура водораспределения по БСК, 2016 г. [2]

Характеристика	Единица измерения	Величина	Удельная характеристика, %
Обводнение	млн м ³	2,30	0,9
Орошение	млн м ³	24,87	9,9
Водоснабжение	млн м ³	18,20	7,3
Лиманное орошение	млн м ³	0	0
Рыборазведение	млн м ³	6,13	2,5
Прочие нужды	млн м ³	199,18	79,5
Договоры с водопотребителями	шт.	61,00	–
Договоры с водопотребителями	тыс. руб.	1290,57	–
Способ полива:			
- дождевание	%	72,00	–
- капельное	%	10,00	–

Из данных таблицы 1 видно, что на долю орошения приходится менее 10 % от общего объема распределяемой воды (250,68 млн м³).

Первая очередь БСК является важнейшей частью водохозяйственной системы Ставропольского края и Карачаево-Черкесской Республики. Из общего среднегодового объема водных ресурсов, равного 2286 млн м³, 70 % используется на теплоэнергетику, 30 % – на водоснабжение, орошение и обводнение [3].

Динамика объемов водозабора по БСК за пятилетний период представлена на основании сведений, запрошенных у филиала ФГУ «Управление «Ставропольмелиоводхоз» (таблица 2).

Анализ данных таблицы 2 показывает, что объемы воды на орошение хоть и имеют некоторые изменения по годам, но в среднем за пять лет их величина составляет порядка 2,3 млн м³/год. Объемы воды на обводнение в среднем составляют 86,2 млн м³/год.

В настоящее время работа БСК обеспечивает [3]:

- работу каскада четырех ГЭС и техническое обводнение Невинномысской ГРЭС;
- орошение земель Прикубанского района Карачаево-Черкесской Республики на площади 6,3 тыс. га и земель Андроповского, Минераловодского, Предгорного, Георгиевского и Советского районов Ставропольского края на общей площади 28,8 тыс. га; общая площадь орошаемых земель на системе БСК – 108 тыс. га;
- хозяйственно-питьевое и промышленное водоснабжение городов Усть-Джегуты, Черкесска и ряда населенных пунктов Карачаево-Черкесской Республики,

а также городов-курортов Кавказских Минеральных Вод, Буденновского завода пластмасс и пяти районов Ставропольского края;

- обводнение 718 тыс. га безводной территории междуречья Калауса и Кумы;
- развитие рыбоводных прудов с общей площадью 9,1 тыс. га;
- улучшение санитарного состояния и снижение минерализации воды малых рек.

Таблица 2 – Динамика объемов водозабора по годам по БСК

Год	Объем водозабора, млн м ³											% по отношению к 2011 г.
	Всего	На все нужды	Смежным системам	Орошение	Полив приусадебных участков	Водоснабжение	Рыборазведение	Промводоснабжение	Обводнение балок, рек, водохранилищ	Командование горизонтов	Потери на фильтрацию и испарение	
2012	265,800	206,900	55,0	4,500	12,500	10,20	3,10	7,830	91,4	22,40	58,9	–
2013	260,700	202,900	52,5	1,600	1,400	10,19	1,40	7,830	102,7	25,30	57,8	–2
2014	251,400	195,400	57,1	1,400	0,700	9,39	0,90	7,830	92,2	25,90	56,0	–6
2015	236,000	183,300	65,1	1,310	0,760	9,39	1,23	10,020	75,3	20,02	52,7	–11
2016	240,481	187,781	68,5	2,796	0,753	10,00	1,19	11,642	69,5	23,40	52,7	–10

Орошение земель способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, развитию животноводства и улучшению социальных условий жителей Карачаево-Черкесской Республики и Ставропольского края. Данные по площадям орошения в зоне БСК представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение площадей орошения в зоне БСК

В га

Наименование района	Всего БСК-I–IV	В т. ч.:				БСК-V–X (перспектива)
		БСК-I	БСК-II	БСК-III	БСК-IV	
Александровский	7641	–	4573	523	2545	–
Апанасенковский	–	–	–	–	–	12590
Арзгирский	–	–	–	–	–	16190
Благодарненский	8357	–	–	2535	5822	12885
Буденновский	8226	–	5684	2542	–	6270
Георгиевский	7282	7282	–	–	–	–
Ипатовский	–	–	–	–	–	7620
Левокумский	–	–	–	–	–	6600
Минераловодский	1812	1812	–	–	–	–
Новоселицкий	12112	–	3657	8455	–	–
Петровский	5341	–	–	–	5341	8525
Предгорный	707	707	–	–	–	–
Советский	7944	5688	2256	–	–	–
Туркменский	–	–	–	–	–	28899
Всего по краю	59 422	15489	16170	14055	13708	99579

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует о том, что БСК-I–IV обеспечивает водой для целей орошения 59,4 тыс. га, тогда как на перспективу строительства БСК-V–X отводится 99,6 тыс. га. Это указывает на то, что значительные площади под орошение находятся в северо-восточных районах Ставропольского края (Петровский, Туркменский, Ипатовский, Благодарненский районы).

Для анализа БСК как оросительной системы, в части проведения поливов, рас-

смотрим табличные данные, полученные по запросу в Министерстве сельского хозяйства Ставропольского края (таблица 4).

Таблица 4 – План распределения орошаемых земель БСК (сводный)

Наименование района	Полив, га		
	Физическая площадь	Гектаро-полив	Кратность
Александровский	110	110	1
Апанасенковский	7382	31650	4,3
Арзгирский	410	12035	29,4
Благодарненский	165	1000	6,1
Буденновский	2568	17198	6,7
Георгиевский	8961	49682	5,5
Изобильненский	4519	33993	7,5
Ипатовский	9800	65502	6,7
Кировский	1169	2731	2,3
Кочубеевский	0	0	0
Красногвардейский	6417	28953	4,5
Курский	719	3165	4,4
Новокумский	3883	8287	2,1
Минераловодский	497	847	1,7
Нефтекумский	750	3600	4,8
Новоалександровский	748	2836	3,8
Новоселицкий	925	4260	4,6
Петровский	0	0	0
Предгорный	291	561	1,9
Советский	769	3316	4,3
Степновский	103	412	4
Труновский	12264	43004	3,5
Всего по краю	62450	313142	—

Анализ данных таблицы 4 позволяет сделать вывод, что наибольшей кратность поливов была в наиболее засушливых районах Ставрополя – Арзгирском, Благодарненском, Изобильненском, Ипатовском. В среднем же кратность полива составила 5 раз.

Для более детальной оценки рассмотрим план распределения орошаемых земель БСК по способу полива (таблица 5). Для визуализации данных построена диаграмма (рисунок 1).

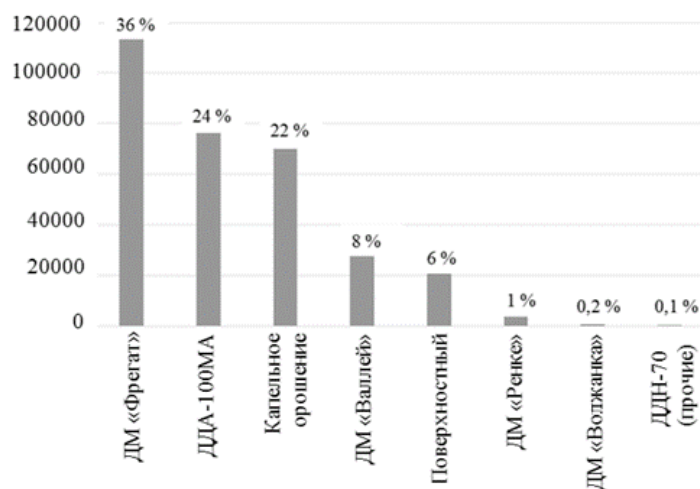


Рисунок 1 – Нагрузка на технику и способы полива, гектаро-поливы

Таблица 5 – План распределения орошаемых земель БСК (по способу полива)

Наименование района	ДМ «Фрегат»		ДМ «Волжанка»		ДДА-100МА		ДДН-70 (прочие)		ДМ «Ренке»		ДМ «Валлей»		Капельное орошение		Поверхност- ный	
	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы	Физическая площадь	гектаро- поливы
1 Александровский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	110	110
2 Апанасенковский	5770	27918	–	–	1612	3732	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3 Арзирский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	178	10195	232	1840
4 Благодарненский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	40	240	125	760
5 Буденновский	1023	3837	–	–	199	399	–	–	–	–	–	–	330	9505	1016	3457
6 Георгиевский	–	–	137	274	169	169	–	–	1731	3670	5310	27753	1614	17816	–	–
7 Изобильненский	–	–	–	–	2662	12723	–	–	–	–	–	–	1486	20528	371	742
8 Ипатовский	5110	49590	–	–	4201	10913	–	–	–	–	–	–	459	4699	30	300
9 Кировский	–	–	–	–	1110	2554	–	–	–	–	–	–	–	–	59	177
10 Кочубеевский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11 Красногвардейский	2472	10476	–	–	3940	18462	–	–	–	–	–	–	5	15	–	–
12 Курский	242	508	–	–	60	290	–	–	–	–	–	–	292	1450	125	917
13 Левокумский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3883	8287
14 Минераловодский	–	–	66	416	–	–	204	204	–	–	–	–	–	–	227	227
15 Нефтекумский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	750	3600
16 Новоалександровский	648	1936	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	50	900	–	–
17 Новоселицкий	920	4230	–	–	5	30	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
18 Петровский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19 Предгорный	–	–	–	–	291	561	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20 Советский	150	594	–	–	587	2146	–	–	–	–	–	–	32	576	–	–
21 Степновский	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	103	412
22 Труновский	4976	14491	–	–	7037	24361	–	–	–	–	–	–	251	4152	–	–
Всего по краю	21311	113580	203	690	21873	76340	204	204	1731	3670	5310	27753	4737	70076	7031	20829

Из диаграммы (рисунок 1) становится четко видно, что в лидерах ДМ «Фрегат», ДДА-100МА и капельное орошение. Однако отсутствие сведений о количестве поливной техники не позволяет дать оценку по ее нагрузке.

Опыт орошаемого земледелия в зоне БСК показал, что средняя многолетняя урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в 1,9–5,6 раз выше, чем на богаре, это свидетельствует о высокой продуктивности орошаемых земель [3].

В целом анализ эксплуатационных характеристик БСК показал, что объем воды, забираемый для целей орошения в настоящее время (24,8 млн м³), составляет всего 10 % от общего забираемого объема из БСК. Однако при этом анализ площадей, подкомандных БСК, позволил выявить 624 тыс. га земель, где имеются условия для создания самонапоров (65–270 м вод. ст.), достаточных для мобильной работы дождевальной техники, и самонапорных (деривационных) оросительных систем на базе мощностей БСК.

При этом в хозяйствах приоритет имеет дождевание (72 %), капельное орошение составляет 22 %, поверхностные поливы – 6 %. Если оценивать использование дождевальной техники, то в приоритете машины «Фрегат» и ДДА-100МА, на долю которых приходится 36 и 24 % политых гектаров. Наличие и приоритет дождевания на рассматриваемой территории являются положительным фактором для создания инновационных энергоэффективных оросительных систем нового поколения.

Список использованных источников

1 Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ: по состоянию на 29 декабря 2014 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2017.

2 Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Департамент мелиорации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx-dm.ru/gts/3927>, 2017.

3 Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Минсельхоз России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx.ru/news/news/show/15918.78.html>, 2017.

УДК 631.67

Э. Э. Сейтумеров

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КРЫМА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Целью исследований был анализ основных причин ухудшения экологического состояния водных объектов Крыма на примере р. Салгир и ее притоков. Исследованиями 2015–2016 гг. установлено, что основными загрязнителями водных объектов полуострова, сбрасывающими загрязненные сточные воды в большей степени, являются объекты коммунального хозяйства. Прекращение поставок днепровской воды на территорию Крыма привело к усилению дефицита водных ресурсов, а это в свою очередь сказалось на увеличении антропогенной нагрузки на местные водоисточники. Использование очищенных сточных вод в сельском хозяйстве Крыма, с одной стороны, может стать способом их утилизации, а с другой – поможет экономить водные ресурсы, столь необходимые для полуострова в сложившейся ситуации. Однако экологическая и экономическая эффективность внедрения данного процесса напрямую зависит от качественных и количественных показателей очищенных сточных вод.

Ключевые слова: интегральное управление водными ресурсами Республики

Крым, комплексная система обеспечения водными ресурсами, эффективность орошаемого земледелия, эколого-безопасное водопользование, качество поверхностных водных ресурсов.

E. E. Seitumerov

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

ISSUES OF PROVIDING SURFACE WATERS QUALITY OF THE CRIMEA UNDER CONDITIONS OF WATER RESOURCES DEFICIENCY

The aim of research was to analyze the main causes of the Crimea's water bodies ecological state deterioration by the example of the Salgir river and its tributaries. Researches in 2015–2016 found out that the main contaminators of water objects of the peninsula that discharge polluted sewage waters to a greater extent are communal facilities. The cessation of the Dnipro water deliveries to the territory of the Crimea led to an increase in water resources deficiency and it in its turn affected the anthropogenic load increase on local water sources. The use of treated wastewater in agriculture of the Crimea on the one hand can become a method of their utilization, and on the other hand it will help to save water resources, necessary for the peninsula in the current situation. However, the ecological and economic efficiency of this process implementation depends directly on the qualitative and quantitative indicators of treated wastewater.

Key words: integrated water resources management of the Republic of Crimea, integrated water supply system, efficiency of irrigated agriculture, ecologically safe water consumption, quality of surface water resources.

Введение. Одной из основных причин загрязнения и ухудшения качества водных ресурсов и окружающей среды является неудовлетворительное техническое состояние и недостаточность мощностей систем водоотвода, а это в свою очередь сдерживает социально-экономическое развитие полуострова [1]. Ситуация в Крыму усугубляется также глобальными изменениями климата. С каждым годом мы наблюдаем все более неравномерное выпадение осадков на территории полуострова. Конечно, власти Крыма пытаются приспособиться к новым реалиям, сокращая площади посевов и вводя меры по экономии, но водно-экологическое напряжение на полуострове, тем не менее, сохраняется и, к сожалению, будет сохраняться еще продолжительное время.

Выполненные мониторинговые исследования показывают [2], что отсутствие систем централизованной канализации во многих районах создает эпидемиологическую опасность для населения и приводит к большому загрязнению водоемов и почв. Во многом такая ситуация обусловлена неэффективной работой существующих канализационных очистных сооружений, что в свою очередь приводит к загрязнению рек, прудов, озер и других водных объектов Крыма и оказывает негативное влияние на биоразнообразие фауны и флоры.

Результаты и обсуждение. Реки Крыма также испытывают высокую антропогенную нагрузку. Они стали приемниками сточных вод и превращаются в сточные канавы [2]. Во многих районах Крыма отмечается значительное загрязнение подземных вод азотистыми соединениями, в т. ч. нитратами, что связано с большим использованием удобрений в сельском хозяйстве, а также с органическим загрязнением почвы.

Основным критерием, определяющим возможность использования водного объекта для целей орошения, является качество воды. Водные ресурсы, применяемые для полива сельскохозяйственных культур, оказывают существенное воздействие на компоненты природной среды и эффективность функционирования технических сооружений, к которым относятся грунт, растения и элементы оросительной сети. Использование воды несоответствующего качества может привести к развитию процессов засоле-

ния, осолонцевания, уменьшению урожайности сельскохозяйственных культур, снижению эффективности работы оросительной сети, поливного оборудования и техники [3].

Одной из задач проведенных исследований была оценка изменения качественного состава воды рек бассейна Салгира за последние 24 года (сравнение качественных показателей, полученных в 2016 г., с данными паспортов рек). Результаты проведенного исследования сведены в таблицы 1–2.

Таблица 1 – Изменение качественного состава поверхностных вод водотоков

бассейна р. Салгир (показатели: минерализация, pH, HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+})

В мг/дм³

Приток р. Салгир	Располо- жение створа	Показатель химического состава вод									
		Минерали- зация		pH		HCO_3^-		Cl^-		Ca^{2+}	
		1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.
Ангара	устье	407	188	7,94	8,25	244	85	14,2	16,0	64,1	110,0
Малый Салгир	исток	541	234	7,90	8,36	293	244	17,7	23,0	96,2	74,0
Малый Салгир	г. Сим- ферополь	791	682	7,75	7,96	459	330	63,1	90,0	137,0	166,0
Бештерек	устье	472	456	7,78	8,33	195	347,5	39,0	58,5	78,1	108,5
Зуя	середина реки	461	461	8,00	8,07	268	341,5	28,4	63,5	70,1	156,0

Таблица 2 – Изменение качественного состава поверхностных вод водотоков

бассейна р. Салгир (показатели: Mg^{2+} , $\text{K}^+ + \text{Na}^+$, SO_4^{2-} , паспорт воды)

В мг/дм³

Приток р. Салгир	Расположение створа	Показатель химического состава вод							
		Mg^{2+}		$\text{K}^+ + \text{Na}^+$		SO_4^{2-}		Паспорт воды *	
		1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.	1992 г.	2016 г.
Ангара	устье	15,8	80,0	20,7	2,8	48,0	30	ГМК	СГКМ
Малый Салгир	исток	19,5	2,4	11,5	4,5	76,9	4,00	ГМ	ГК
Малый Салгир	г. Симферо- поль	26,7	29,0	45,5	51,3	60,0	40,15	ГК	ХГК
Бештерек	устье	12,2	15,5	36,8	41,5	106,0	40,50	СГК	ГК
Зуя	середина реки	18,2	31,0	28,0	48,1	48,0	28,00	ГМК	ХГК

* – ГМК – гидрокарбонатная магниевая-кальциевая; СГКМ – сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая-магниевая; ГК – гидрокарбонатная кальциевая; ГМ – гидрокарбонатная магниевая; СГК – сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая; ХГК – хлоридно-гидрокарбонатная кальциевая.

Из анализа результатов, приведенных в таблицах 1 и 2, наглядно видно, что за последние 24 года вследствие антропогенной деятельности с точки зрения оценки пригодности воды для целей орошения произошли негативные изменения в химическом составе поверхностных вод рек бассейна Салгира, а именно:

- увеличилось значение pH воды во всех приведенных пробах;

- состав воды сменился с гидрокарбонатного на хлоридный.

С целью определения пригодности водных ресурсов для орошения в 2016 г. был произведен отбор проб воды по 38 выбранным створам. Анализы были проведены в лаборатории агрохимических исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма» по сокращенному перечню показателей: минерализация, pH, взвешенные вещества, нитраты, катионы Ca, Mg, Na, K, анионы HCO_3 , CO_3 , SO_4 , Cl.

В результате проведенных расчетов по оценке пригодности воды водотоков бассейна р. Салгир установлено следующее. Фоновые показатели качества воды р. Салгир и ее притоков характеризуются присутствием в значительных количествах анионов гидрокарбонатов и катионов кальция и магния, т. е. воды имеют гидрокарбонатно-кальциевый состав. Это название вполне оправданно ввиду характера формирования воды в Крымских горах, сложенных в основном карстующимися известняками, которые, постепенно растворяясь водой, насыщают ее ионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- .

Однако на селитебных территориях поверхностные воды в результате антропогенной деятельности изменяют свой состав на хлоридно-гидрокарбонатный кальциевый. Это свидетельствует о том, что содержащиеся в составе речных вод хлориды занимают второе место после гидрокарбонатов, а это является показателем загрязнения поверхностного стока бытовыми сточными водами.

В пробах воды из р. Ангара в 2 км выше с. Перевального (условно чистый участок) и р. Кизилкобинки в с. Перевальном (100 м выше устья) формула Курлова читается как сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-магниевая вода. Это свидетельствует о наличии сульфатов: для горной местности повышенное их содержание является следствием выветривания и вымывания осадочных горных пород.

В пункте наблюдения на р. Салгир в с. Укромном до и после выпуска канализационных очистных сооружений в зависимости от сезона зафиксирован весной сульфатно-гидрокарбонатный кальциевый состав, а в летний период – хлоридно-гидрокарбонатный кальциевый. Такое чередование свидетельствует о сульфатном загрязнении при сбросах недостаточно очищенных промышленных сточных вод или хлоридном при поступлении в реку бытовых сточных вод.

Только по створам р. Салгир в с. Мускатном Красногвардейского района и р. Биюк-Карасу в с. Желябовке Нижнегорского района воды приобретают «паспорт воды» гидрокарбонатная кальциевая, что свидетельствует о действии самоочищающей способности водотоков.

Таким образом, природная вода р. Салгир относится к гидрокарбонатному классу и содержит значительное количество анионов сульфатов, хлоридов и катионов кальция и магния, которые главным образом привносятся со сточными водами, сбрасываемыми в реку.

Дальнейшее увеличение водозабора в бассейне р. Салгир для удовлетворения всех потребностей народного хозяйства Крыма, а в особенности для полива сельскохозяйственных культур (в 2015 г. забор увеличился в 1,5 раза и превысил допустимый лимит водоотбора по подземным водам на 22 %, по поверхностным водам на 8 %), может привести к изменениям в экологической системе водных объектов (в поверхностных – к изменению биологического разнообразия и сведению на нет самоочищающей способности, в подземных – к ухудшению качественных и количественных характеристик кондиционных вод) [4].

Выводы:

- основная нагрузка от усиления дефицита водных ресурсов в бассейне р. Салгир легла на поверхностные водные объекты;

- неиспользование орошаемых земель по их прямому назначению привело к ухудшению технического состояния оросительных систем, водозаборных и водоаккумулирующих сооружений;

- по причине отсутствия централизованного водоснабжения ряда сельских насе-

ленных пунктов Симферопольского района и наличия большого количества неучтенных водопользователей, в настоящее время проблематично оценить объем воды, который можно изъять из р. Салгир для целей орошения;

- сокращение площадей орошаемых земель на территории Красногвардейского и Нижнегорского районов оказало существенное влияние на гидрологический режим р. Салгир;

- для формирования полной картины гидрологического режима рек Крыма необходимо расширение сети гидрологических постов;

- за последние 25 лет вследствие антропогенной деятельности произошло ухудшение качества воды в реках бассейна Салгира: по всем обследованным рекам отмечено увеличение рН, повышение содержания хлоридов, в результате чего по р. Малый Салгир и Зуя изменился паспорт воды с гидрокарбонатного кальциевого на хлоридно-гидрокарбонатный кальциевый и с гидрокарбонатного магниевых-кальциевого на хлоридно-гидрокарбонатный кальциевый соответственно;

- оценка пригодности качества воды для целей орошения, проведенная по ряду водотоков бассейна р. Салгир, показала, что в основном по большинству показателей нет превышения допустимых значений или они очень незначительны. Исключение составляет жесткость воды, в большинстве отобранных проб отмечается значительное превышение нормы 7–10 мг-экв/л. Использование такой воды может привести к изменению кислотно-щелочного баланса почвы, появлению признаков хлороза у растений, снижению эффективности удобрений и пестицидов, поэтому необходимо предусмотреть ее умягчение перед подачей на поля.

Список использованных источников

1 Власова, А. Н. Гидроэкологическое состояние реки Малый Салгир / А. Н. Власова // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана: темат. сб. науч. тр. – Симферополь, 2008. – Вып. 18. – С. 121–125.

2 Сейтумеров, Э. Э. Экологическое состояние реки Салгир и пути решения проблемных вопросов / Э. Э. Сейтумеров // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 1(65). – С. 166–170.

3 Сторчоус, В. Н. Устойчивое развитие орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым / В. Н. Сторчоус, Э. Э. Сейтумеров // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – Симферополь, 2015. – № 1(164). – С. 40–49.

4 Кременской, В. И. Водооборот и антропогенная нагрузка в бассейне реки Салгир / В. И. Кременской, С. В. Подовалова, Н. М. Иванютин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 4(24). – С. 174–188. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec452-field6.pdf.

УДК 626.823.91.001.24

А. Ю. Гарбуз

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ВИДЫ И СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РЕМОНТА БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Цель исследований – обзор и анализ видов и свойств некоторых (нашедших наибольшее применение) полимерных композиционных материалов, применяемых для ремонта и восстановления бетонных (железобетонных) покрытий. В статье приведены основные причины повреждений бетонных поверхностей облицовок, коррозии арматуры, дана классификация разрушений железобетонных конструкций, рассматри-

ваются материалы кристаллического действия для защиты, упрочнения бетона и придания ему водонепроницаемости систем Хурех и «Пенетрон». Представлены технические характеристики данных материалов и примеры заполнения пор и капилляров бетона кристаллическими образованиями. Проанализированы технические характеристики полимерного материала жидкая резина. Он является монолитной бесшовной мембраной, которая плотно прилегает и входит в сцепление со всей площадью поверхности, в результате чего происходит заполнение трещин и дефектов на бетонной поверхности.

Ключевые слова: полимерные композиции, противифльтрационные материалы, трещины, водонепроницаемость, жидкая резина, гибкая мембрана, облицовка.

A. Yu. Garbuz

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

TYPES AND PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS APPLIED FOR CONCRETE COATINGS REPAIRING

The purpose of research is to review and analyze the types and properties of some (most used) polymer composite materials used for repairing and restoration of concrete (reinforced concrete) coatings. The main causes of concrete surfaces lining damage and reinforcement corrosion are given; the classification of reinforced concrete structures destruction is presented; materials of crystalline action for protection, concrete reinforcement and waterproofing of Xypex and Penetron systems are considered. The technical characteristics of these materials and examples of filling the pores and capillaries of concrete with crystalline formations are presented. The technical characteristics of the liquid rubber polymer material are analyzed. It is a monolithic seamless membrane that fits tight and engages the entire surface area, resulting in filling of cracks and defects on the concrete surface.

Key words: polymer compositions, watertight materials (membranes), cracks, water resistance, liquid rubber, flexible membrane, lining.

В процессе эксплуатации бетонные покрытия (в т. ч. облицовки каналов гидромелиоративных систем) подвергаются воздействию различных внешних факторов, влияние которых отрицательно сказывается на их техническом состоянии и сопровождается отклонением параметров от первоначальных расчетных значений [1].

Учитывая условия эксплуатации гидротехнических сооружений, к основным требованиям, которым должны удовлетворять бетонные поверхности, относят водонепроницаемость, морозостойкость, высокую химическую стойкость, устойчивость к механическим воздействиям и др. Исследованиями таких параметров в свое время занимались многие отечественные ученые, а именно: А. Г. Алимов, А. Р. Гвенетадзе, И. М. Елшин, А. В. Ищенко, Ю. М. Косиченко, В. Б. Резник, А. Г. Шлаен и др. [2].

В Российской Федерации затраты на ремонт и восстановление бетонных элементов отдельных гидротехнических сооружений составляют примерно 20–25 % от их стоимости. Таким образом, проблема обеспечения долговечности и продления срока службы бетонных (железобетонных) конструкций является одной из основных [3–7].

Как показывает практика [5–7], применение цементно-песчаных растворов для ремонта бетонных элементов (в т. ч. в защитных конструкциях противифльтрационных покрытий каналов) недостаточно эффективно по следующим основным причинам: цементно-песчаные растворы не обладают высокой степенью водонепроницаемости и стойкостью к агрессивным воздействиям; деформативные характеристики растворов отличаются от характеристик бетона в конструкции; растворы характеризуются длительными сроками твердения. К числу недостатков относится также усложнение процесса ремонтно-восстановительных работ при отрицательных температурах.

Важнейшим фактором, снижающим срок службы железобетонных облицовок, является коррозия стальной арматуры, которая приводит к уменьшению поперечного ее сечения, снижению сцепления с поверхностью бетона, изменению прочностных свойств стали и железобетонных конструкций облицовок в целом. Одним из главных факторов, негативно влияющих на исходные свойства бетона, является действие низких, как климатических, так и технологических, температур, и особенно циклическое попеременное замораживание и оттаивание, когда происходит накопление в бетоне внутренних дефектов в виде микротрещин, которые ведут к снижению прочности облицовки и увеличению ее деформативности. Длина и ширина незначительных трещин в бетонной облицовке, возникших в ходе строительства, после 100 циклов замораживания и оттаивания возрастают соответственно в 2–5 и 10–30 раз и более [8].

Различные проводимые обследования бетонных облицовок каналов и других сооружений мелиоративного назначения [1, 2] позволили выявить характерные повреждения конструкций, установить причины их возникновения, запланировать некоторые мероприятия по исключению потерь воды на фильтрацию [9].

На рисунке 1 приведена классификация наиболее характерных повреждений бетонных (железобетонных) конструкций водохозяйственных сооружений [10]. Эффективная защита от коррозионных воздействий является одним из основных мероприятий для успешной и долговременной эксплуатации железобетонных конструкций. К защитным покрытиям таких конструкций можно отнести полимерные и композиционные системы на основе полиуретанов, эпоксидных смол, поликарбамидов [11, 12].

Для создания надежной противотрещиночной защиты, берегоукрепления и ремонта каналов гидромелиоративных систем в последнее время все большее применение находят рулонные геосинтетические и геокомпозитные материалы [13], которые, к сожалению, не всегда применимы в тех или иных условиях. Так, для ремонта небольших повреждений, представленных в виде трещин (в т. ч. волосяных), могут быть применены только жидкие полимерные композиции, которые наносятся на подготовленную бетонную поверхность либо вводятся инъективно в само повреждение. Поэтому применение жидких полимерных композиций является одним из перспективных направлений в ремонте бетонных конструкций, их защите от агрессивного воздействия, продлении срока службы.

Как правило, все полимерные композиции характеризуются повышенной химической и абразивной стойкостью. Однако основным недостатком некоторых видов композиций, эксплуатируемых в условиях длительного воздействия водной среды, является вымывание эмульгаторов, а также набухание полимерной составляющей (особенно при использовании добавок на основе бентонита), что приводит к развитию внутренних напряжений и снижению долговечности покрытий [14].

В последние годы на рынке полимерных материалов все более широкое распространение получают материалы проникающего действия, состоящие из цемента, наполнителей и сбалансированной смеси химически активных и других компонентов, в основном солей щелочных и щелочноземельных металлов [14].

Описать все существующие защитные полимерные и композиционные системы невозможно: только в Европе, по данным В. В. Козлова и А. Н. Чумаченко [14], их насчитывается более 2000 видов, и с каждым годом это число увеличивается. Поэтому остановимся на частном случае – защите бетонных поверхностей при погруженном режиме эксплуатации – и изготовителях защитных систем Stronhard и Reactamine Technology.

В таблице 1 приводится краткий обзор основных физико-механических свойств рекомендованных изготовителем защитных полимерных систем [14, 15].

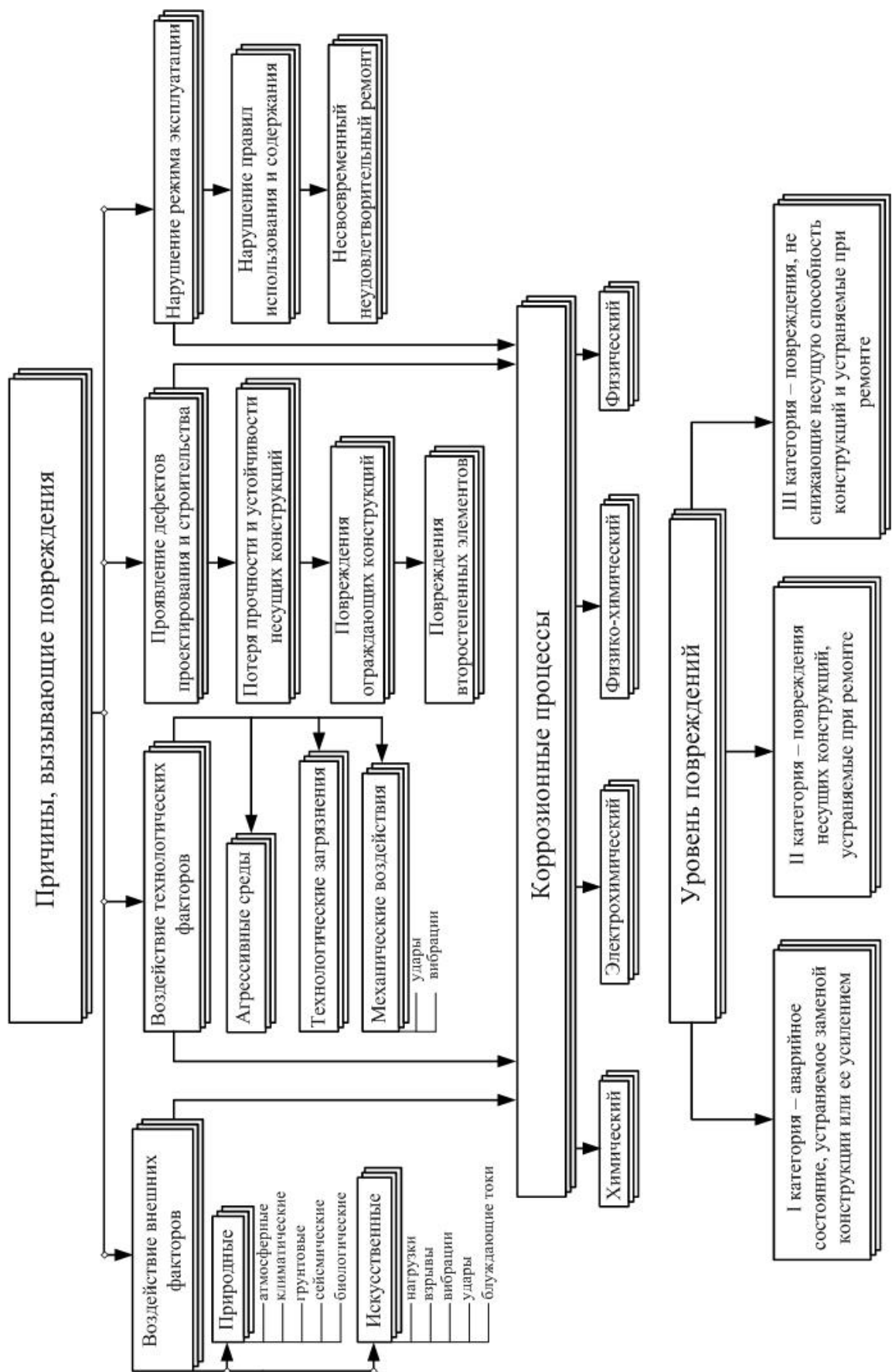
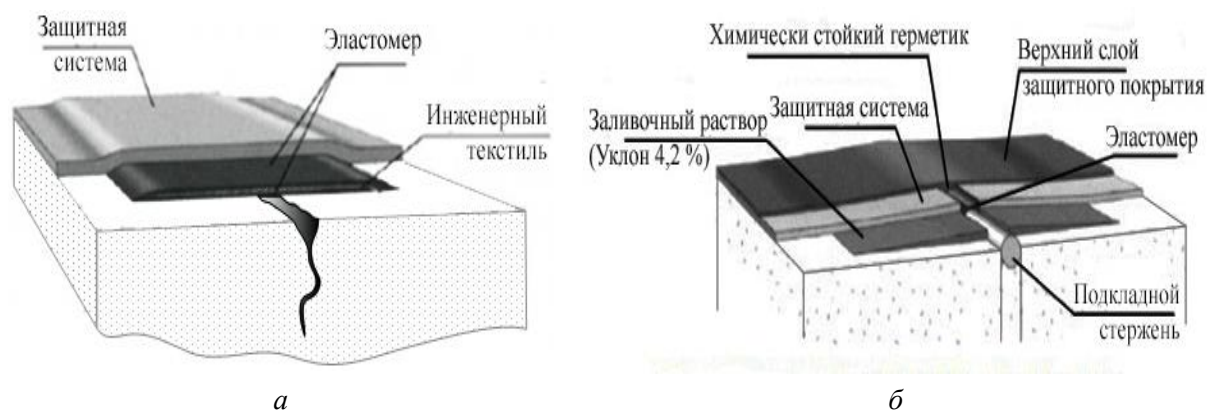


Рисунок 1 – Классификация повреждений железобетонных конструкций

Таблица 1 – Физико-механические показатели полимерных систем

Наименование показателя	Stonclad UT	Stonchem 801	Extra Blast
Прочность при сжатии, МПа	53	50	43
Прочность при растяжении, МПа	7	17	25
Прочность при изгибе, МПа	18	44	—
Модуль упругости при изгибе, $\times 10^3$ МПа	18	8	—
Адгезия к бетону, МПа	2,8	2,8	2,8
Абразивная стойкость, $\times 10^{-2}$	5	10	2,5
Термический коэффициент линейного расширения, $\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	11	12	12
Ввод в эксплуатацию, при 20 $^\circ\text{C}$, ч	6	24	1
Набор конечной прочности, при 20 $^\circ\text{C}$, ч	24	168	2

Рассматриваемые покрытия имеют высокую стойкость к большинству органических кислот, щелочей и солей. Анализ физико-механических свойств говорит о том, что указанные системы имеют достаточно высокую адгезию к бетонным поверхностям. В связи с тем, что рассматриваемые покрытия [14] имеют сходный с бетоном коэффициент термического расширения, обеспечиваются одинаковые температурные деформации покрытия и бетона, исключается возникновение внутренних напряжений на границе бетон – покрытие. Это приводит к уменьшению образования микротрещин (а также волосяных трещин и щелей), что существенно увеличивает долговечность защитных систем. Особое внимание следует уделить заделке деформационных швов и трещин. Примеры заделки трещины и деформационного шва приведены на рисунке 2.



а – заделка трещины; б – устройство деформационного шва

Рисунок 2 – Конструктивно-техническое решение заделки трещин и устройства деформационного шва с помощью полимерных композиций

При надлежащей обработке поверхности адгезия полимерного материала может существенно превышать прочность бетона при растяжении [14].

Для продления жизненного цикла бетона, его защиты от повреждений и упрочнения за рубежом широкое применение находят системы Хурех Chemical Corporation (Канада). Основное преимущество системы заключается в обеспечении водонепроницаемости объектов, находящихся под гидростатическим напором. В процессе осмоса компоненты проникают с водой в поры и капиллярный тракт бетона, создавая кристаллическое образование. Гибкая цементная мембрана фирмы Хурех защищает бетон и арматуру от воздействия водной среды и может быть применима при реконструкции бетонных облицовок каналов (рисунок 3) [14].

Гибкая цементная мембрана является эластичным гидроизоляционным материалом и предназначена для повышения водонепроницаемости бетонных поверхностей,

швов и примыканий бетонных и железобетонных конструкций, испытывающих деформационные воздействия (ширина раскрытия трещин до 2 мм). Материал может быть армирован сеткой, которую также используют в местах трещин основы, в зоне швов и в местах сопряжения вертикальных и горизонтальных поверхностей. Такой материал может применяться для гидроизоляции конструкций, работающих в диапазоне эксплуатационных температур от минус 40 °С до плюс 70 °С. В таблице 2 приведены технические характеристики мембраны Хурех [14].

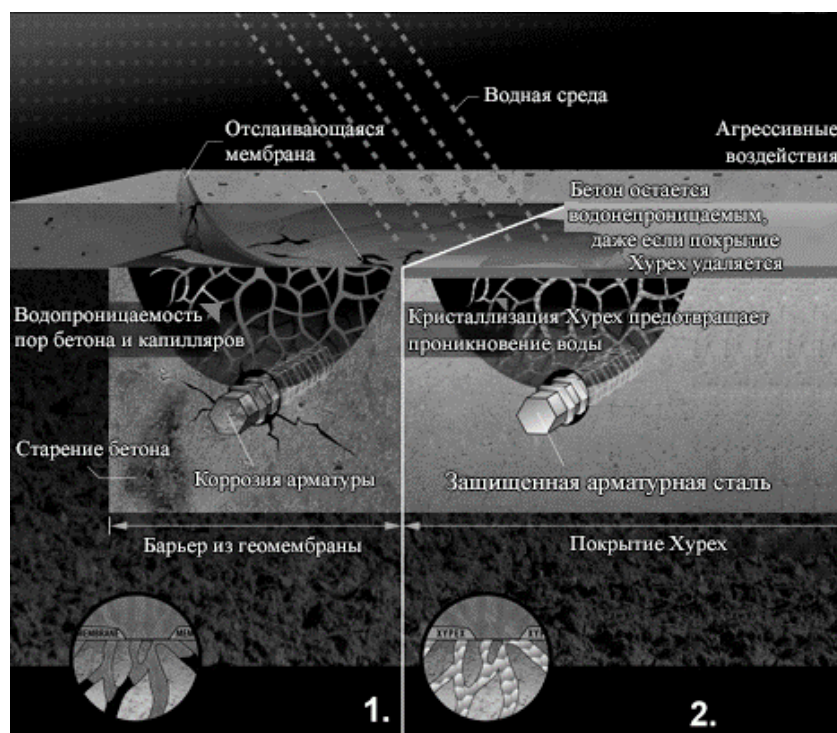


Рисунок 3 – Защитное покрытие гибкой цементной мембраной Хурех

Таблица 2 – Технические характеристики гибкой цементной мембраны Хурех

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
Объемная плотность материала	кг/л	1,55 ± 0,05
Расход на 1 м ² поверхности при толщине мембраны 2–3 мм	кг/м ²	3,2–4,8
Давление, при котором материал сохраняет водонепроницаемость, не менее:		
- положительное	МПа	0,3
- отрицательное	МПа	0,07
Адгезия, не менее, при температуре:		
- 0 °С	МПа	0,58
- 20 °С	МПа	2,5
Сопротивление растяжению, не менее	МПа	0,3
Относительное удлинение	%	100

Рассмотрим композитный материал компании ICS/Penetrone International Ltd. (США), которая является мировым лидером в производстве материалов для защиты и восстановления бетона. Материалы применяют для устройства, ремонта и восстановления монолитных и сборных бетонных конструкций [16].

При применении материалов системы «Пенетрон» происходит заполнение трещин (рисунок 4), пор и капилляров нерастворимыми разветвленными игольчатыми кристаллами (рисунок 4) [16]. Химически активные компоненты материала, нанесенно-

го на поверхность бетона, распространяются по всему насыщенному водой объему бетона за счет осмотического давления (осмотическое давление – причина выравнивания концентрации вещества в растворе).

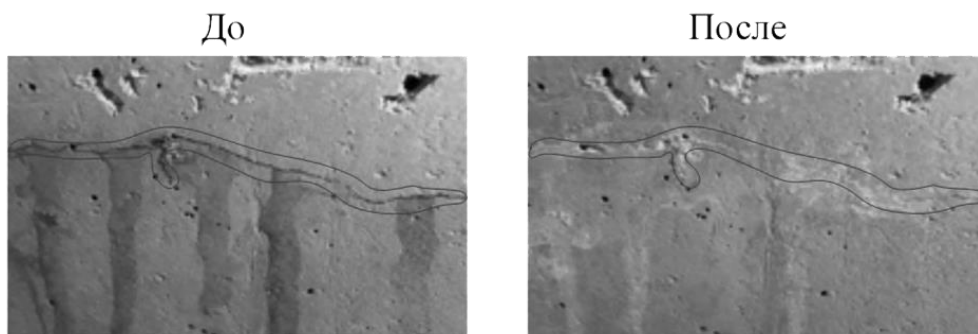


Рисунок 4 – Регенерация активных трещин системой «Пенетрон» [16]

В ходе реакции формируются кристаллы, благодаря которым трещины, поры и капилляры, ранее насыщенные водой, регенерируются (самозалечиваются). При этом образовавшиеся кристаллы являются водонепроницаемыми.

Материал системы «Пенетрон» рекомендован для применения в гражданском и промышленном строительстве, для ремонта бетонных и железобетонных конструкций, а также обладает техническим свидетельством Госстроя РФ [16].

Рассмотрим еще один полимерный материал, который уже нашел широкое применение при ремонте бетонных покрытий. Жидкая резина отличается высокой эластичностью и предельной прочностью, что позволяет предотвратить его отслаивание от поверхности в результате неблагоприятных воздействий воды, циклических изменений температуры. Также материал не становится ломким и хрупким и с течением времени только затвердевает, сохраняя свою эластичность [17]. По сути, такой материал является монолитной бесшовной мембраной, которая плотно прилегает и входит в сцепление со всей площадью поверхности.

Впервые жидкая резина начала производиться в Италии, к 2011 г. в России появилось более 10 компаний, занимающихся производством данного материала.

Полимерный материал жидкая резина подразделяется на три вида: наливные резины (изготавливаются и формируются на месте укладки), окрасочные (нанесены пленкообразующие и пастообразные материалы вручную), напыляемые (нанесены на поверхность методом напыления с использованием специального оборудования).

Технические характеристики различаются в зависимости от марки и производителя (таблица 3) [17].

Таблица 3 – Технические характеристики материала жидкая резина

Техническая характеристика	Среднегодовой показатель
Условная прочность при разрыве, МПа	0,5
Относительное удлинение при разрыве, %	1500
Прочность сцепления с бетоном, МПа	1,0
Прочность сцепления с металлом, МПа	1,7
Прочность на сдвиг клеевого соединения, кН/м	2,6
Гибкость без образования трещин на брусе радиусом 5 мм при температуре, °С	–20
Теплостойкость в течение 5 ч, °С	110
Водонепроницаемость при давлении 0,01 МПа за 24 ч	Отсутствие мокрого пятна
Температура хрупкости по Фраасу, °С	–65
Содержание сухого вещества, %	62

Список полимерных композиционных материалов может продолжаться, но автор постарался выделить и кратко проанализировать технические характеристики четырех основных видов полимерных композиций и составов, которые нашли наибольшее применение при ремонте бетонных покрытий (в т. ч. облицовок каналов гидромелиоративных систем). Необходимо отметить, что такие покрытия могут также применяться в гражданском, природоохранном и промышленном строительстве.

Выводы

1 Основными причинами разрушения бетона и арматуры являются недоброкачество изготовления, образование в бетоне трещин, неравномерность осадки сооружений в грунт и подмыв основания сооружения. Трещины и каверны образуются вследствие замораживания и оттаивания воды в порах и капиллярах бетона, выветривания, истирания льдом и других причин. Через трещины вода диффундирует в тело бетона и к арматуре, вследствие чего арматура и бетон подвергаются коррозии.

2 Применение жидких полимерных и композиционных материалов для ремонта бетонных поверхностей (в т. ч. облицовок каналов) позволит произвести заделку малых (волосяных) трещин в порах и капиллярах бетона, обеспечить полную водонепроницаемость, а также защитить арматуру от коррозии.

3 Композиции для ремонта бетонных покрытий и ликвидации зон фильтрации «Пенетрон», Хурех, Stronhard, Reactamine Technology и жидкая резина отличаются от других материалов высокой механической прочностью, водонепроницаемостью и достижением больших значений механического сцепления композиции с поверхностью бетона. Себестоимость работ при использовании таких систем в сравнении с традиционными материалами для ремонта бетонных поверхностей оказывается значительно ниже.

Список использованных источников

1 Алтунин, Г. С. Ремонтно-восстановительные работы на оросительных и осушительных сетях и сооружениях: информ. обзор / Г. С. Алтунин, С. К. Вишневецкая. – М., 2000. – 247 с.

2 Косиченко, Ю. М. Исследования фильтрационных потерь из каналов оросительных систем / Ю. М. Косиченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 24–25.

3 Александрян, Э. П. Восстановление и усиление бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений методом инъектирования полимеррастворов / Э. П. Александрян. – (Серия «Экспресс-информация»). – ЦНТИ, 1993. – № 14. – 22 с.

4 Шилин, А. А. Эффективность ремонта железобетонных конструкций инженерных сооружений / А. А. Шилин // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве. – СПб.: РИФ «Роза мира», 2007. – С. 29–34.

5 Степанова, В. Ф. Современные проблемы обеспечения долговечности железобетонных конструкций / В. Ф. Степанова, В. Р. Фаликман // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: пленарные докл. II Междунар. конф. – М., 2014. – С. 275–289.

6 Карпенко, Н. И. Конструкционные бетоны новых модификаций для облегченных каркасов энергоэффективных зданий / Н. И. Карпенко, В. Н. Ярмаковский // Российский строительный комплекс. – 2011. – № 10. – С. 122–128.

7 Александровский, С. В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С. В. Александровский. – М., 2004. – 332 с.

8 Васильев, А. И. Комплексное влияние агрессивных факторов среды на коррозию арматуры в защитном слое железобетонных конструкций / А. И. Васильев, А. М. Подвальный // Бетон и железобетон. – 2010. – № 2. – С. 26–29.

9 Косиченко, Ю. М. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев, А. В. Ищенко // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3. – 12 с. – Режим доступа: http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_91_kosichenko.pdf_55f9154bc5.pdf.

10 Стрижевский, И. В. Защита от коррозии трубопроводов мелиоративных систем / И. В. Стрижевский, Б. Л. Рейзин. – М.: Колос, 1980. – 142 с.

11 Гарбуз, А. Ю. Ремонт повреждений облицовок длительно работающих каналов с использованием полимерных композиций / А. Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 2(58). – С. 33–39.

12 Косиченко, Ю. М. Классификация геосинтетических материалов и их применение для противофильтрационных устройств / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Актуальные вопросы гидротехники и мелиорации на юге России: сб. ст. / ФГБОУ ВПО «НГМА». – Новочеркасск: Лик, 2013. – С. 108–117.

13 Козлов, В. В. Гидроизоляция в современном строительстве: учеб. пособие / В. В. Козлов, А. Н. Чумаченко. – М., 2003. – 120 с.

14 Stronhard Technology [Electronic resource]. – Mode of access: <http://stonhard.com/products>, 2017.

15 Reactamine Technology [Electronic resource]. – Mode of access: <http://carbo-line.com/products/product-brands/>, 2017.

16 Проникающая гидроизоляция Пенетрон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://penetron.com>, 2017.

17 Жидкая полимерная гидроизоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technoprok.ru>, 2017.

УДК 631.67:631.427.4

А. О. Матвиенко, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ ОЧИЩЕННЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ

Целью работы является установление биологической активности почв при орошении очищенными сточными водами животноводческих хозяйств. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что микрофлора почвы играет большую роль в усилении или ослаблении биологической активности почвы. Так, при оросительной норме сточных вод свиноводческих хозяйств 250 м³/га наблюдается увеличение количества колоний микробиоты в среднем в 1,5 раза, при норме 350 м³/га – в среднем в 2,0 раза, при норме 450 м³/га – в среднем в 3,5–4,0 раза. Как показали полученные результаты исследований, применение отхода сахарного производства – дефеката – при обработке сточных вод животноводческих хозяйств не оказывает негативного агроэкологического воздействия на почвы.

Ключевые слова: водные ресурсы, микроорганизмы, сточные воды, способ подготовки, орошение, почвы.

A. O. Matvienko, Yu. Ye. Domashenko, S. M. Vasilyev

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS BY EFFLUENT WASTEWATER LIVESTOCK IRRIGATION

The aim of research is to determine the biological activity of soils by treated wastewater irrigation from cattle-breeding farms. As a result of the conducted experimental studies it was found out that the soil microflora plays a big role in strengthening or weakening the biological activity of soil. Thus, by irrigation rate of sewage water from hog farms of

250 m cubic per ha, an increase in the number of microbiota colonies at average by 1.5 times is observed, at rate of 350 m cubic per ha – at average by 2.0 times, at rate of 450 m cubic per ha – at average by 3.5–4.0 times. As results of research showed, the use of waste from sugar industry – sugar mud – does not have a negative agroecological impact on soils when treating wastewater from livestock farms.

Key words: water resources, microorganisms, wastewater, method of preparation, irrigation, soils.

Введение. Из практики зарубежных стран (США, Австралии и др.) следует, что вторичное применение очищенных сточных вод для орошения позволит снизить сбросы сточных вод и расходование свежей воды из водоисточников. Также применение очищенных сточных вод для орошения сельскохозяйственных угодий способствует интенсификации земледелия, значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур и рентабельности их возделывания [1–3].

Однако сточные воды агропредприятий разнообразны по химическому составу, поэтому необходимо учитывать не только их удобрительные свойства, но влияние их на агроэкологические показатели почв. Особое внимание необходимо уделить влиянию органических веществ, входящих в состав сточных вод, и продуктов их распада на экологическую экосистему почв [4, 5].

Целью работы является оценка биологической активности почв при орошении очищенными сточными водами животноводческих хозяйств.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являлась почва, прошедшая обработку очищенными сточными водами животноводческих хозяйств.

Почвенный покров опытных участков представлен черноземами южными. Пробы взяты из верхней 40-сантиметровой толщи почвенного покрова. Черноземы южные обследуемого участка в слое 0–40 см не засолены и не подвергнуты процессам ощелачивания.

Наименьшая влагоемкость в среднем по участку для слоя 0–60 см составляет 29,1 %, а для слоя 0–100 см – 27,6 %. Черноземы южные могут иметь хорошие запасы влаги в слое 0–0,2 м и очень хорошие в слое 0–1,0 м [4].

Обеспеченность южных черноземов обследуемого участка гумусом в среднем по участку низкая, ближе к среднему.

Эксперимент проводили с октября по апрель в 2015, 2016 гг., проба отобрана на участке, на котором выращивались кормовые культуры, температура воздуха не превышала плюс 5 °С. Вследствие низких температур метаболизм микроорганизмов замедлен, поэтому дальнейшие исследования авторы проводили в лабораторных условиях с постоянной температурой воздуха в помещении плюс 25 °С. Исследуемая почва была распределена равномерно 30-сантиметровым слоем в ящиках размером 40 × 50 см.

В качестве тест-объектов выбраны сапротрофные группы микроорганизмов – азотобактеры, микроскопические грибы, актиномицеты [6].

Результаты и обсуждение. Для исследований были взяты очищенные сточные воды животноводческого хозяйства, специализирующегося на выращивании свиней и крупного рогатого скота, с характеристиками, представленными в таблице 1 [6].

До обработки численность микроорганизмов в 1 г почвенного образца составила, шт. колоний: микроскопических грибов – $1,15 \cdot 10^5$; азотобактеров – $7,1 \cdot 10^4$; актиномицетов – $130 \cdot 10^3$.

Проведено три серии опытов с пробами сточной воды. Каждая серия опытов включала в себя три образца (в 4-кратной повторности) с оросительной нормой, м³/га: 250, 350, 450.

В таблице 2 представлены результаты исследования влияния орошения очищенными сточными водами животноводческих хозяйств на основные сапротрофные группы микроорганизмов в почве [7].

Таблица 1 – Характеристика сточных вод животноводческих хозяйств после реагентной обработки

Показатель	Сточные воды	
	свиноводческих хозяйств	комплекса по выращиванию крупного рогатого скота
pH	7,2	7,5
Влажность, %	99,5	96,3
Органическое вещество, %	68,2	59,5
Азот, мг/дм ³ :		
общий	254	625
NH ₄ ⁺	151	350
NO ₂ ⁻	19	0
NO ₃ ⁻	12	15
P ₂ O ₅ , мг/дм ³	730	487
K ₂ O, мг/дм ³	180	1100

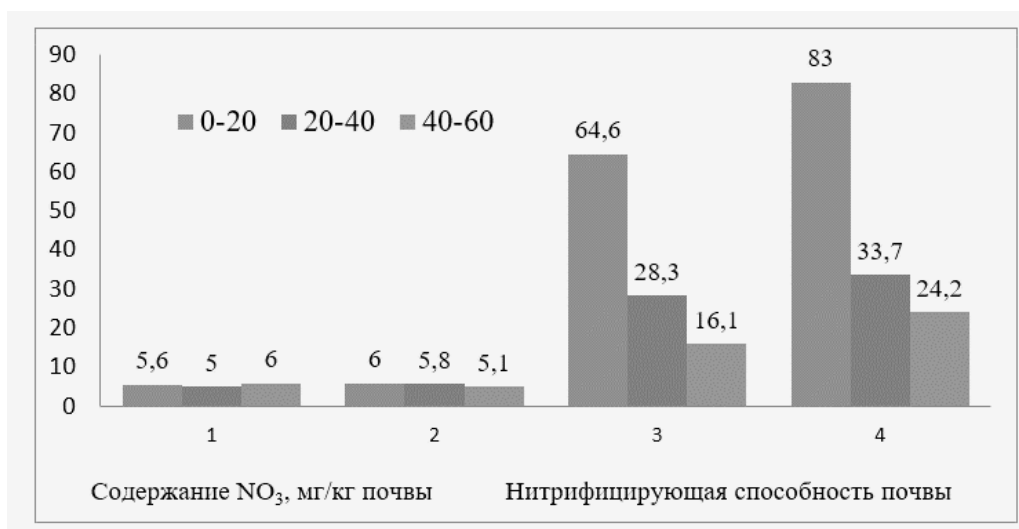
Таблица 2 – Численность сапротрофных групп микроорганизмов в почве после орошения сточными водами свиноводческих хозяйств

№ пробы	Оросительная норма, м ³ /га	Среднее количество колоний, шт.	Средний размер колоний, мм	№ пробы	Оросительная норма, м ³ /га	Среднее количество колоний, шт.	Средний размер колоний, мм	№ пробы	Оросительная норма, м ³ /га	Среднее количество колоний, шт.	Средний размер колоний, мм
Актиномицеты				Азотобактеры				Микроскопические грибы			
1	250	106·10 ³	0,9	1	250	25,5·10 ⁴	0,3	1	250	1,98·10 ⁵	1,0
2		180·10 ³	0,4	2		22,3·10 ⁴	0,5	2		1,57·10 ⁵	2,0
3		189·10 ³	0,7	3		15,3·10 ⁴	1,6	3		2,16·10 ⁵	1,0
1	350	246·10 ³	0,6	1	350	2,7·10 ⁴	0,8	1	350	1,82·10 ⁵	1,8
2		451·10 ³	0,8	2		15,4·10 ⁴	1,7	2		2,27·10 ⁵	1,5
3		124·10 ³	0,5	3		8,5·10 ⁴	0,9	3		3,82·10 ⁵	3,0
1	450	253·10 ³	1,1	1	450	28,6·10 ⁴	1,3	1	450	5,1·10 ⁵	0,5
2		236·10 ³	0,7	2		26,3·10 ⁴	1,3	2		4,2·10 ⁵	1,0
3		197·10 ³	0,8	3		17,3·10 ⁴	1,0	3		8,86·10 ⁵	1,0

В результате исследования влияния орошения очищенными сточными водами животноводческих хозяйств на основные сапротрофные группы микроорганизмов в почве установлено, что при орошении такими водами увеличивается общее число микроорганизмов, в т. ч. бактерий, фиксирующих азот воздуха. Так, при оросительной норме 250 м³/га, вне зависимости от категории сточных вод, наблюдается увеличение количества колоний в среднем в 1,5 раза, при норме 350 м³/га – в среднем в 2,0 раза, при норме 450 м³/га – в среднем в 3,5–4,0 раза [8].

Сточные воды способствуют накоплению подвижных форм азота в почве. Нитрифицирующая способность почвы является важным показателем интенсивности биологических процессов аэробного типа и зависит прежде всего от содержания азота в почве (рисунок 1).

Анализ данных рисунка показывает, что орошение очищенными сточными водами усиливает нитрифицирующую способность почвы. Так, если на контроле в слое почвы 0–60 см она составляет 27,2 мг нитратов на 1 кг абсолютно сухой почвы, то в варианте с орошением сточными водами – 46,7 мг.



1, 3 – контроль без полива; 2, 4 – полив сточной водой

Рисунок 1 – Влияние сточных вод на нитрифицирующую способность почвы

Как показали полученные результаты исследований, применение отхода сахарного производства – дефеката – при обработке сточных вод животноводческих хозяйств не оказывает негативного агроэкологического воздействия на почвы. На основании этого можно рекомендовать к использованию в оросительной мелиорации способ подготовки сточных вод свиноводческих комплексов и ферм, заключающийся в следующем. Сточные воды обрабатывают обожженным дефекатом в дозе 50–200 мг/дм³, при этом значение pH колеблется в диапазоне 7,5–8,5 [9]. После отстаивания полученной смеси в отстойных сооружениях она разделяется на прозрачную жидкую фракцию и осадок – органоминеральное удобрение. После этого жидкую фазу подают на орошение сельскохозяйственных угодий, а ее избыток сбрасывают в водотоки и водоемы. Осадок подают в аппарат вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами либо подвергают термической обработке, при этом происходит полное их обеззараживание [9].

По предложенному способу сточные воды свиноводческого комплекса с начальным содержанием взвешенных веществ 30 мг/л обрабатывают обожженным дефекатом в дозе 200 мг/дм³ (pH 8,5). После обработки эффект очистки по взвешенным и органическим веществам в жидкой фазе достигает 99 % [10].

Результаты исследования обработки обожженным дефекатом сточных вод свиноводческих комплексов и ферм для известного способа представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследования обработки обожженным дефекатом сточных вод свиноводческих комплексов и ферм

Показатель	Жидкая фаза				Твердая фаза			
	до обработки	после обработки			до обработки	после обработки		
1	2	3			4	5		
pH	6,4	7,5	8,0	8,5	6,7	7,8	8,1	8,5
Влажность, %	99,7	100,0	100,0	100,0	98,0	91,2	91,2	91,2
Азот, мг/дм ³ :								
общий	600	300	250	220	300	400	450	460
NH ₄ ⁺	550	200	155	175	100	300	350	380
NO ₂ ⁻	0	20	18	15	0	20	25	22
NO ₃ ⁻	30	20	17,5	14,6	38	55	55	55

Продолжение таблицы 3

1	2	3			4	5		
P ₂ O ₅ , мг/дм ³	700	100	80	75	200	800	830	860
ХПК, мг/дм ³	15050	10040	8500	8000	17600	11900	12900	13500
K ₂ O, мг/дм ³	830	300	280	250	450	980	987	1020
Общее микробное число в 1 мл	4·10 ⁶	–	–	–	1,5·10 ⁷	–	–	–
Содержание яиц гельминтов, шт./дм ³	20	–	–	–	4·10 ⁴	–	–	–

Результаты исследования физико-химических показателей сточных вод после обработки обожженным дефекатом позволили рекомендовать жидкую фракцию для орошения, а твердую, после предварительного обоснования, – в качестве органо-минерального удобрения.

Выводы. Вторичное использование сточных вод агропредприятий, прошедших предварительную очистку, может способствовать решению кризисных ситуаций, существующих в регионах с недостаточными запасами водных ресурсов. По всему миру наблюдаются серьезные проблемы с водоснабжением, спровоцированные снижением запасов водных ресурсов, и поэтому вопрос дефицита оросительной воды стоит еще острее.

Микрофлора почвы играет большую роль в усилении или ослаблении биологической активности почвы. При орошении очищенными сточными водами значительно изменяется состав микрофлоры почвы. Так, при оросительной норме 250 м³/га, вне зависимости от категории сточных вод, наблюдается увеличение количества колоний в среднем в 1,5 раза, при норме 350 м³/га – в среднем в 2,0 раза, при норме 450 м³/га – в среднем в 3,5–4,0 раза.

Показателем биогенности и самоочищения почвы выступает процесс нитрификации. Орошение очищенными сточными водами усиливает нитрифицирующую способность почвы. Так, если на контроле в слое почвы 0–60 см она составляет 27,2 мг нитратов на 1 кг абсолютно сухой почвы, то в варианте с орошением сточными водами – 46,7 мг.

Результаты исследований позволили рекомендовать способ подготовки сточных вод свиноводческих комплексов и ферм для орошения сельскохозяйственных угодий, заключающийся в следующем: сточные воды обрабатывают обожженным дефекатом в дозе 50–200 мг/дм³, при этом значение pH колеблется в диапазоне 7,5–8,5.

Список использованных источников

1 Feigin, A. Irrigation with Treated Sewage Effluent / A. Feigin, I. Ravina, J. Shalhevet. – Berlin: Springer, 1991. – 224 p.

2 Effect of Treated Wastewater Irrigation on Heavy Metals Distribution in a Tunisian Soil / K. Khaskhoussy, B. Kahlaoui, B. Messoudi Nefzi, O. Jozdan, A. Dakheel, M. Hachicha // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2015. – 5(3). – P. 805–810. – Mode of access: <http://doi.org/10.5281/zenodo.18803>.

3 Qian, Y. L. Long-term effects of recycled wastewater irrigation on soil chemical properties on golf course fairways / Y. L. Qian, B. Mecham // Agronomy Journal. – 2005. – 3(97). – P. 717–721.

4 Глотов, И. И. Использование вторичных ресурсов в отраслях АПК / И. И. Глотов. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 87 с.

5 Гостищев, Д. П. Техника и технология орошения сточными водами с учетом охраны окружающей среды: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Гостищев Дмитрий Петрович. – М., 1994. – 65 с.

6 Пат. 2350571 Российская Федерация, МПК С 02 F11/14, С 02 F1/52. Способ подготовки жидких отходов животноводческих хозяйств по выращиванию крупного рогатого

го скота для сельскохозяйственного использования / Домашенко Ю. Е., Суржко О. А. – № 2007127042/15; заявл. 16.07.07; опубл. 27.03.09, Бюл. № 9. – 5 с.

7 Пат. 2424985 Российская Федерация, МПК С 02 F 9/12, С 02 F 1/52. Способ подготовки жидких отходов свиноводческих хозяйств для сельскохозяйственного использования / Суржко О. А., Домашенко Ю. Е. – № 2008122872/15; заявл. 13.04.09; опубл. 20.10.10, Бюл. № 29. – 5 с.

8 Пат. 2379236 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/58. Способ подготовки животноводческих сточных вод для сельскохозяйственного использования / Домашенко Ю. Е., Дорошко В. Н. – № 2009114816/05; заявл. 06.06.08; опубл. 20.01.10, Бюл. № 2. – 8 с.

9 Перепелица, А. П. Дефекат сахарного производства: направления переработки / А. П. Перепелица, В. Н. Ищенко, А. И. Самчук // Сахар. – 2014. – № 2. – С. 41–42.

10 Домашенко, Ю. Е. Снижение негативного воздействия продуктов гидросмыва свиноводческих хозяйств на природные экосистемы / Ю. Е. Домашенко // Экология и промышленность России. – 2009. – № 10. – С. 44–45.

УДК 628.381.4:338.43

М. А. Ляшков, С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

В данной статье представлены экономико-математические модели для экономического обоснования применения сточных вод с целью орошения сельскохозяйственных угодий. Предлагаемые экономико-математические модели прогноза орошения сточными водами базируются на отраслевом принципе, который предполагает, что каждая промышленная отрасль характеризуется особенностями основного технологического процесса и специфическим составом сточных вод. Немаловажными факторами при оценке экономической целесообразности использования сточных вод для целей орошения являются тенденции развития отдельно выделенной отрасли промышленности и объемы господдержки природоохранных мероприятий. Описанные в работе модели представляют собой задачу целочисленного линейного программирования, при решении которой будут определены оптимальные значения переменных. Зная их, можно определить площади орошения сточными водами предприятия в заданном регионе.

Ключевые слова: сточные воды, экономико-математические модели, природоохранные мероприятия, очистка, земельные поля орошения.

M. A. Lyashkov, S. M. Vasilyev, Yu. Ye. Domashenko

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

ECONOMIC SUBSTANTIATION OF WASTEWATER APPLICATION FOR AGRICULTURAL LANDS IRRIGATION

The economic and mathematical models for economic justification of wastewater application for agricultural lands irrigation are presented. The proposed economic and mathematical models of irrigation forecasting by wastewater are based on branch principle, which assumes that each industrial branch is characterized by main technological process peculiarities and a specific composition of wastewater. Trends of a separate industry development and state support for environmental protection measures are important factors in assessing

the economic feasibility of using wastewater for irrigation purposes. The models described in this work are an issue of linear integer programming in solution of which the optimal values of the variables will be determined. Knowing them one can determine the area of enterprise wastewater irrigation in a given region.

Key words: wastewater, economic and mathematical models, nature protection measures, treatment, agricultural irrigation fields.

Введение. Дефицит водных ресурсов требует поиска альтернативных источников оросительной воды. Одним из путей решения проблемы является использование сточных вод в качестве постоянно возобновляемого источника поливной воды. Это способствует осуществлению водоохранных мероприятий, экономии оросительной воды, улучшению плодородия почвы, повышению урожайности, развитию сельскохозяйственного производства, снижению себестоимости продукции за счет получения стабильных урожаев. Использование очищенных сточных вод для орошения не только делает возможной охрану водоемов от загрязнения, но и дает экономию огромного количества минеральных удобрений [1, 2]. Для орошения сельскохозяйственных культур на земельных полях орошения (ЗПО) можно использовать хозяйственно-бытовые, производственные и смешанные сточные воды, т. е. практически все виды жидких стоков. При решении вопроса о возможности использования сточных вод, в особенности производственных, нужно учитывать:

- состав сточных вод;
- климатические данные;
- рельеф и гидрогеологические условия;
- почвенный покров и растительность;
- гидрогеологическую и химическую характеристику водоприемника;
- сельскохозяйственное использование ЗПО, режим орошения и ряд других факторов.

Материал и методы исследований. Предлагаемые экономико-математические модели прогноза орошения сточными водами базируются на отраслевом принципе, который предполагает, что каждая промышленная отрасль характеризуется особенностями основного технологического процесса и специфическим составом сточных вод. Немаловажными факторами при оценке экономической целесообразности использования сточных вод для целей орошения являются тенденции развития отдельно выделенной отрасли промышленности и объемы господдержки природоохранных мероприятий [3, 4].

Перспективу развития оросительной мелиорации с использованием сточных вод на региональном уровне можно определить как сумму соответствующих прогнозов перспектив по отдельным отраслям промышленности.

В практике очистки сточных вод распространение получила искусственная очистка сточных вод до нормативных требований, предъявляемых к сбросу в поверхностные водные объекты. Однако приоритетным направлением природоохранной деятельности является разработка и внедрение водооборотных систем, уменьшающих водопотребление и водоотведение. Внедрение орошения сточными водами возможно при реализации ряда природоохранных мероприятий, а именно расширении использования почвенной доочистки сточных вод на ЗПО, при которой исключается их сброс в поверхностные водоемы.

Результаты и их обсуждение. Для выбора системы исходных данных был проведен анализ факторов, определяющих развитие орошения сточными водами, с учетом возможности получения необходимых числовых характеристик. Система исходных данных может быть разделена на четыре группы [5].

В первую группу входят данные о наличии и состоянии природоохранных мероприятий в базовом году (начальном году периода прогнозирования), о перспективах развития предприятия:

- $M_{i\ell}$ – прогноз количества предприятий производственной мощностью R_i в ℓ -м регионе, $i = \overline{1, n}$; $\ell = \overline{1, L}$;

- $H_{ig\ell}^{(\Pi)}$ – количество предприятий мощностью R_i в ℓ -м регионе, реализующих в базовом году природоохранные мероприятия с искусственной очисткой g -й степени, $i = \overline{1, n}$; $g = \overline{1, e}$; $\ell = \overline{1, L}$;

- $H_{i\ell}^{(3)}$ – количество предприятий мощностью R_i в ℓ -м регионе, реализующих в базовом году доочистку на ЗПО, $i = \overline{1, n}$; $g = \overline{1, e}$; $\ell = \overline{1, L}$;

- $x_{i\ell}$ – количество предприятий мощностью R_i в ℓ -м регионе, не имеющих возможность использовать ЗПО (из-за отсутствия условий согласно требованию СанПиН 2.1.7.573-96), $i = \overline{1, n}$; $\ell = \overline{1, L}$.

Во вторую группу исходных данных входят технико-экономические показатели природоохранных мероприятий и ЗПО:

- $\lambda_{ig}^{(\Pi)}$ – стоимость природоохранных мероприятий с искусственной очисткой g -й степени для предприятий мощностью R_i , $i = \overline{1, n}$, $g = \overline{1, e}$;

- $\lambda_{i\ell}^{(3)}$ – стоимость природоохранных мероприятий на предприятии мощностью R_i ℓ -го региона при доочистке сточных вод на ЗПО, $i = \overline{1, n}$; $\ell = \overline{1, L}$.

В качестве показателя степени очистки примем S_g – величину биохимического потребления кислорода (БПК_{полн}) в единице объема сточных вод при g -й степени очистки. Выбор этого показателя обусловлен следующими соображениями:

- данный показатель является определяющим при разработке схемы очистки сточных вод;

- органическое загрязнение присуще сточным водам, рекомендуемым для использования на ЗПО согласно СанПиН 2.1.7.573-96.

Для упрощения модели определим следующее:

- объем водоотведения водоочистных сооружений не зависит от степени очистки;

- затраты на природоохранные мероприятия не зависят от региона.

Также определим, что очистка сточных вод для орошения сформирована с учетом доступности и простоты реализации для ℓ -го региона. Наиболее распространенными схемами подготовки являются технологии, включающие искусственную биологическую очистку сточных вод перед использованием на ЗПО.

В третью группу входят:

- $b^{(\Pi)}$ – удельное водоотведение на рассматриваемом предприятии, реализующем мероприятия по искусственной очистке сточных вод для орошения;

- $b^{(3)}$ – удельное водоотведение на рассматриваемом предприятии, реализующем мероприятия по доочистке сточных вод на ЗПО;

- $j_{i\ell}^{(0)}$ – годовая концентрация БПК_{полн} в сточных водах предприятий мощностью R_i в ℓ -м регионе, если предприятие осуществляет сброс сточных вод в поверхностные водные объекты, $i = \overline{1, n}$; $\ell = \overline{1, L}$.

Четвертую группу исходных данных составляют:

- λ_{Σ} – объем субсидий и платежей за негативное воздействие в рамках исследуемого предприятия по орошению сточными водами;

- $C_{\ell}^{(Д)}$ – допустимый сброс загрязнений (по БПК_{полн}) предприятием в ℓ -м регионе, $\ell = \overline{1, L}$.

Исходные данные могут быть получены как чисто экспертным путем, так и на основе типовых расчетных схем с использованием нормативных показателей.

Перейдем теперь к описанию моделей.

Введем следующие переменные:

- $m_{ig\ell}^{(\Pi)}$ – количество предприятий мощностью R_i в ℓ -м регионе, внедряющих технологии подготовки сточных вод с искусственной очисткой g -ой степени для целей орошения;

- $m_{i\ell}^{(3)}$ – количество предприятий мощностью R_i в ℓ -м регионе, внедряющих технологии подготовки сточных вод с доочисткой на ЗПО.

Тогда годовой массовый объем сброса БПК_{полн} со сточными водами по ℓ -му региону выразим следующим образом:

$$C_\ell = \sum_{i=1}^n \left[\left(M_{i\ell} - m_{ig\ell}^{(\Pi)} - m_{i\ell}^{(3)} \right) j_{i\ell}^{(0)} + \sum_{g=1}^e S_g R_i \cdot b^{(\Pi)} \cdot m_{ig\ell}^{(\Pi)} \right],$$

а затраты на природоохранные мероприятия предприятия по ℓ -му региону определим так:

$$\lambda_\ell = \sum_{i=1}^n \left[\lambda_{i\ell}^{(3)} \left(m_{i\ell}^{(3)} - H_{i\ell}^{(3)} \right) + \sum_{g=1}^e \lambda_{ig}^{(\Pi)} \cdot \left(m_{ig\ell}^{(\Pi)} - H_{ig\ell}^{(\Pi)} \right) \right].$$

Для упрощения модели принимаем, что объект, имеющий к базовому году природоохранные мероприятия с очисткой g -й степени с доочисткой сточных вод на ЗПО, сохранит используемую технологию; дополнительными затратами на природоохранные мероприятия при возможном увеличении мощности предприятия пренебрегаем.

Внедрение технологий подготовки сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур с их доочисткой на ЗПО позволит обеспечить выполнение требований природоохранных организаций и снизить затраты предприятий на водоохранные мероприятия. Данная концепция присуща предприятиям, скоординированным на «маловодные» технологические схемы и оборотные системы водоснабжения. Для таких предприятий предлагается модель 1, математическая формулировка которой выглядит следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{g=1}^e \sum_{\ell=1}^L R_i \cdot m_{ig\ell}^{(\Pi)} \Rightarrow \max \quad (1)$$

при системе ограничений вида:

$$\sum_{\ell=1}^L \lambda_\ell \leq \lambda_\Sigma, \quad (2)$$

$$C_\ell \leq C_\ell^{(П)}; \quad \ell = \overline{1, L}, \quad (3)$$

$$m_{i\ell}^{(3)} \leq M_{i\ell} - x_{i\ell}; \quad i = \overline{1, n}; \quad \ell = \overline{1, L}, \quad (4)$$

$$m_{i\ell}^{(3)} \geq H_{i\ell}^{(3)}; \quad i = \overline{1, n}; \quad \ell = \overline{1, L}, \quad (5)$$

$$m_{ig\ell}^{(\Pi)} \geq H_{ig\ell}^{(\Pi)}; \quad i = \overline{1, n}; \quad g = \overline{1, e}; \quad \ell = \overline{1, L}, \quad (6)$$

$$m_{ig\ell}^{(\Pi)} + m_{i\ell}^{(3)} \leq M_{i\ell}; \quad i = \overline{1, n}; \quad g = \overline{1, e}; \quad \ell = \overline{1, L}. \quad (7)$$

Таким образом, модель 1 представляет собой задачу целочисленного линейного программирования, при решении которой будут определены оптимальные значения переменных $m_{ig\ell}^{(\Pi)}$ и $m_{i\ell}^{(3)}$. Зная их, можно определить площади орошения сточными водами предприятия по всем рассматриваемым регионам.

Отметим, что зависимости (1)–(7) могут не иметь решений, если отсутствует достаточный объем финансирования (зависимость (2) и природоохранные требования (зависимость (3) неэффективны в сложившихся условиях).

Для предприятий, на которых отсутствует технологическая возможность использования оборотных систем водоснабжения (например, жилищно-коммунальное хозяйство, некоторые отрасли промышленности, животноводческие комплексы и т. д.), использование сточных вод для орошения позволяет минимизировать сброс в поверхностные водные источники. Для таких предприятий предлагается модель 2:

$$\sum_{\ell=1}^L C_{\ell} \Rightarrow \max$$

при ограничениях (2), (4)–(7) и дополнительных ограничениях вида:

$$C_{\ell^*} \leq C_{\ell}^{(D)},$$

где ℓ^* – множество предприятий, реализующих природоохранные мероприятия в заданном регионе $\ell^* \subset \ell$.

Модель 2 также представляет собой задачу целочисленного линейного программирования, которая может не иметь решения, если финансирование недостаточно для обеспечения природоохранных мероприятий на предприятиях, входящих в ℓ^* .

Вывод. Данные модели предназначены для экономического обоснования применения сточных вод для орошения сельскохозяйственных угодий в заданном регионе. Описанные модели представляют собой задачу целочисленного линейного программирования. При ее решении будут определены оптимальные значения переменных, зная которые можно определить площади орошения сточными водами предприятия в заданном регионе, с учетом всех условий, которые предприятия должны рассматривать с целью использования сточных вод для орошения сельскохозяйственных угодий.

Предлагаемые экономико-математические модели прогноза орошения сточными водами базируются на отраслевом принципе, который предполагает, что каждая промышленная отрасль характеризуется особенностями основного технологического процесса и специфическим составом сточных вод. Немаловажными факторами при оценке экономической целесообразности использования сточных вод для целей орошения являются тенденции развития отдельно выделенной отрасли промышленности и объемы господдержки природоохранных мероприятий.

Список использованных источников

1 Моделирование режима орошения сточными водами многолетних трав с использованием информационной технологии / А. В. Тиньгаев, А. С. Давыдов, Р. П. Воробьева, В. Б. Шепталов // Вестник АГАУ. – 2012. – № 10. – С. 46–49.

2 Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения: СанПиН 2.1.7.573-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: введ. в действие с 31.10.96. – М.: Минздрав России, 1997. – 55 с.

3 Почовян, С. М. Автоматизированная система управления режимами орошения: монография / С. М. Почовян. – Тбилиси: Техн. ун-т, 2008. – 97 с.

4 Наврузов, С. Т. Моделирование в управлении водными ресурсами / С. Т. Наврузов. – Душанбе: ЭР-граф, 2013. – 280 с.

5 Ким, Л. Н. Экономико-математические модели прогноза орошения сточными водами / Л. Н. Ким // Использование городских и промышленных сточных вод для орошения: сб. науч. тр. / ВНИИССВ. – М., 1982. – С. 156–162.

УДК 633.2.03

М. В. Власенко

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Российская Федерация

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ СРЕДНЕГО ДОНА

Целью исследований являлось изучение пастбищных экосистем Среднего Дона. Устанавливалось видовое разнообразие и структура фитоценозов нижнего яруса растительных сообществ под пологом естественных насаждений лоха узколистного вдоль реки Сакарки в сравнении с открытой степью. Работа основана на современных методах ландшафтно-биоэкологических исследований. Доказано, что насаждения лоха влияют на растительный покров нижнего яруса. Сила их влияния во многом зависит от категории закустаривания. Выявлено, что лучшее время для выпаса в регионе исследований – конец весны – начало лета, когда состав фитоценозов на пастбищах оптимален по видовому составу. Наиболее питателен и безопасен травостой на участках под влиянием зеленых зонтов и мелких групп насаждений лоха.

Ключевые слова: видовое разнообразие, доминантная растительность, экологический состав групп, лох узколистный, категории закустаривания.

M. V. Vlasenko

Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

BIODIVERSITY OF PASTURES IN THE MIDDLE DON

The aim of research was to study the pasture ecosystems of the Middle Don. The species diversity and phytocenoses structure of lower layer of vegetation communities under the canopy of oleaster natural plantations along the Sakarka River in comparison with the open steppe were determined. The study is based on modern methods of landscape-bioecological research. The oleaster plantations are proved to affect the vegetation cover of the lower layer. The power of their influence largely depends on the category of bush encroachment. It was found out that the best time for grazing in the region is the end of spring and the beginning of summer, when the phytocenoses composition in pastures is optimal by species composition. The most nutritious and safe grass canopy is in areas under the influence of shade clumps and small groups of oleaster plantations.

Key words: species diversity, dominant vegetation, ecological group composition, oleaster, bush encroachment categories.

Введение. Исследование видового разнообразия и структуры фитоценоза нижнего яруса растительных сообществ под пологом древесных насаждений в сравнении с открытой степью дает возможность раскрыть потенциальные возможности естественных древесных насаждений для повышения продуктивности и развития животноводства [1, 2]. Насаждения лоха узколистного (*Elaeagnus angustifolia* L.) изменяют степной ландшафт, образуя экологические ниши, способствуют повышению продуктивности животных. Пастбища в зоне влияния древесных насаждений создают для животных зону комфорта в знойную погоду, здесь находится лучший корм, в то время как в открытой степи основная масса травостоя выгорает [3–6].

Материалы и методы. Целью исследования являлось изучение особенностей пастбищных экосистем Среднего Дона. Работа основана на современных методах ландшафтно-биоэкологических исследований с использованием научно-практических методов восстановления и продления продуктивного долголетия пастбищ [7–10]. Рель-

еф местности, на которой осуществлялись исследования (Волгоградская область, Иловлинский район), ровный, с уклоном к реке Сакарке. Изучение видового разнообразия растительности проводилось на территории с естественными насаждениями лоха узколистного (одиночно расположенными деревьями, мелко- и крупногрупповыми посадками, зарослями, зелеными зонтами) по берегам реки, а также на участках открытой степи. Возраст лоховых насаждений – 6–33 года. Насаждения произрастают группами вдоль русла реки, достигают высоты 12 м. Зеленые зонты занимают небольшие понижения, редко – повышения. Высота зарослей – 3–7 м, они сконцентрированы вдоль русла реки. Одиночные насаждения высотой 3,5–5,0 м преобладают в западинах.

Результаты и обсуждение. Видовой состав нижнего яруса растительности представлен в таблице 1. Основную фитомассу пастбищ под влиянием насаждений лоха в мае составляют многолетние виды, в августе – одно-, двулетние.

Таблица 1 – Доминантные виды растительности травяного яруса под пологом естественных насаждений *Elaeagnus angustifolia* L. и в открытой степи

Вид	Степь	Одиночное насаждение	Зеленый зонт	Мелкая группа	Крупная группа	Заросль
1	2	3	4	5	6	7
1 Бадан толстолистный		+				
2 Бурачок пустынный		+				
3 Верблюжья колючка		+				
4 Вьюнок полевой	+		+		+	+
5 Горец вьюнковый	+			+		+
6 Гулявник высокий	+	+				
7 Дрема белая	+					+
8 Дурнишник обыкновенный	+		+		+	
9 Ежовник, пастушье просо		+				
10 Житняк гребенчатый	+					
11 Катран						+
12 Кипрей узколистный			+	+	+	+
13 Ковыль Лессинга		+			+	
14 Ковыль Иоанна		+		+		
15 Козлобородник большой		+	+	+	+	
16 Конопля посевная			+		+	
17 Кострец безостый	+	+	+	+	+	+
18 Костер кровельный	+	+		+		
19 Крестовник малозубчатый						+
20 Лапчатка серебристая		+				
21 Лапчатка прямостоячая	+	+				
22 Лебеда серая, кокпек						
23 Лен обыкновенный						+
24 Липучка ежевидная		+	+	+	+	+
25 Лютик едкий						+
26 Люцерна желтая	+		+	+	+	+
27 Льнянка обыкновенная			+		+	
28 Мак песчаный						+
29 Мелколепестник канадский		+				
30 Молокан татарский		+				+
31 Молочай лозный			+	+	+	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
32 Мортук пшеничный			+		+	
33 Мыльнянка лекарственная				+		
34 Мятлик луковичный			+		+	+
35 Овес песчаный, кияк		+		+***		
36 Овсяница бороздчатая		+	+	+	+	+
37 Одуванчик лекарственный			+	+*	+	+
38 Пастушья сумка	+		+		+	
39 Подмаренник настоящий			+		+	
40 Подорожник большой				+		
41 Полынь солянковидная		+				+
42 Полынь Черняева	+		+	+	+	+
43 Полынь Лерха	+		+	+	+	
44 Пижма обыкновенная		+				
45 Рогач песчаный, эбелек			+	+	+	
46 Репешок обыкновенный			+		+	
47 Синеголовник плосколистный	+	+	+	+*	+	+
48 Смолевка мелкоцветковая						+
49 Смолевка татарская				+		
50 Солодка Коржинского						+
51 Солодка голая	+		+		+	+
52 Солянка малолистная		+				
53 Тысячелистник	+	+				
54 Хориспора нежная		+				
55 Хвощ полевой			+	+	+	
56 Цикорий песчаный	+					
57 Щитовник гребенчатый			+		+	+
* – единично, ** – очагами.						

Для степи в мае характерен следующий состав травостоя при средней высоте 42 см: кормовые – 40 %, лекарственные – 16 %, ядовитые – 12 % и рудеральные – 32 %. Под влиянием лоховых насаждений весной отмечается высота травянистых насаждений 56–78 см и улучшение состава экологических групп: значительно сокращается доля рудеральных видов, в зависимости от категории закустаривания их доля составляет 20–24 %.

Здесь также снижается количество ядовитых видов до 8–10 %, в то время как в степи их доля 12 %. Под влиянием насаждений значительно увеличивается разнообразие лекарственных (22–25 %, а открытой степи – 16 %) и кормовых видов (44–47 %, в открытой степи – 40 %). Оптимальная структура фитоценоза для выпаса животных в мае складывается под влиянием зеленых зонтов (кормовые – 47 %, лекарственные – 25 %, ядовитые – 8 % и рудеральные – 20 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические показатели растительных сообществ

Показатель	Степь	Категория закустаривания				
		одиночное насаждение	зеленый зонт	мелкая группа	крупная группа	заросль
1	2	3	4	5	6	7
Май						
Высота травостоя, см	42	70	78	56	59	78
Кормовые, %	40	44	47	46	46	46
Лекарственные, %	16	23	25	24	23	22

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Ядовитые, %	12	9	8	8	9	10
Рудеральные, %	32	24	20	22	22	22
Август						
Высота травостоя, см	40	65	80	52	70	80
Кормовые, %	39	45	46	45	46	44
Лекарственные, %	13	20	20	21	19	20
Ядовитые, %	15	10	10	11	11	10
Рудеральные, %	33	25	24	23	24	26

Для августа характерна следующая картина: под влиянием насаждений лоха высота травостоя составляет 52–80 см, в открытой степи высота травостоя достигает 40 см. В это время под влиянием насаждений лоха по сравнению с открытой степью также отмечается снижение доли рудеральных и ядовитых видов в структуре фитоценозов (на 7–10 и 4–5 % соответственно) и увеличение доли кормовых и лекарственных видов (на 5–7 и 6–8 % соответственно). Оптимальная структура фитоценоза для выпаса животных в августе складывается под влиянием зеленых зонтов (кормовые – 46 %, лекарственные – 20 %, ядовитые – 10 % и рудеральные – 24 %), а также под влиянием мелких групп насаждений (кормовые – 45 %, лекарственные – 21 %, ядовитые – 11 %, рудеральные – 23 %).

Нужно отметить, что к концу лета по сравнению с поздней весной экологический состав групп травянистого яруса под влиянием насаждений лоха ухудшается: увеличивается доля ядовитых видов на 1–3 % и рудеральных на 1–4 %, снижается доля лекарственных видов на 2–5 % в зависимости от категории закустаривания. В открытой степи к концу лета по сравнению с поздней весной экологический состав групп травянистого яруса также ухудшается: увеличивается доля ядовитых видов на 3 % и рудеральных на 1 %, снижается доля лекарственных видов на 3 % и кормовых видов на 1 %.

Заключение. Естественные насаждения *Elaeagnus angustifolia* L. на пастбищах Среднего Дона способствуют улучшению условий выпаса животных. Изменяя ландшафт засушливых степей, насаждения лоха улучшают условия содержания скота на выпасе, создают благоприятные экологические условия, под их влиянием видовое разнообразие травостоя значительно возрастает, улучшается экологический состав групп. Лучшее время для выпаса в регионе исследований – конец весны – начало лета, когда состав фитоценозов на пастбищах оптимален по видовому составу. Наиболее питателен и безопасен травостой на участках под влиянием зеленых зонтов и мелких групп насаждений лоха.

Список использованных источников

1 Кулик, А. К. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 4(64). – С. 6–12.

2 Власенко, М. В. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности / М. В. Власенко, А. К. Кулик, В. П. Воронина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 2(34). – С. 83–88.

3 Власенко, М. В. Особенности микроклимата на заросших кустарником пастбищах в аридном поясе Волго-Донского междуречья / М. В. Власенко // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 94–98.

4 Власенко, М. В. Роль насаждений лоха в изменении микроклимата и повышении экологической комфортности пастбищ Волго-Ахтубинской поймы / М. В. Власенко,

А. В. Вдовенко, В. В. Лепеско // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2015. – № 2(38). – С. 90–95.

5 Власенко, М. В. Особенности микроклимата на пастбищах Среднего Дона, трансформированных насаждениями *Elaeagnus angustifolia* L. / М. В. Власенко, С. Ю. Турко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 85–93.

6 Власенко, М. В. Лекарственные растения в природном комплексе: монография / М. В. Власенко, О. М. Баранова, Ю. М. Пучков. – Астрахань: Сорокин Р. В., 2011. – 292 с.

7 Рулев, А. С. Прогнозно-картографическое моделирование продуктивности пастбищных ландшафтов в аридных условиях / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2016. – № 67. – С. 107–109.

8 Турко, С. Ю. Математическое моделирование роста и развития кормовых трав на аридных пастбищах / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 219–228.

9 Касьянов, Ф. М. Лесомелиорация и животноводство / Ф. М. Касьянов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 160 с.

10 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1979. – 336 с.

УДК 631.6

С. О. Лавренко, Н. Н. Лавренко, А. П. Радковская

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОЛИВА

Целью исследований являлась разработка автоматизированной системы контроля качества полива WEBpoliv, позволяющей контролировать эффективность проведения полива на основании отчетов и графиков, которые отображают оперативные данные в режиме реального времени, и тем самым существенно экономить природные ресурсы (водные и энергетические). Система дает возможность анализировать и корректировать процесс полива для достижения максимальной продуктивности каждого орошаемого гектара, более точно прогнозировать урожайность культур на последующие годы и программировать ее.

Ключевые слова: дождевальная техника, автоматизированная система контроля качества, норма полива, оросительная норма, эффективность работы, потеря воды.

S. O. Lavrenko, N. N. Lavrenko, A. P. Radkovskaya

Kherson State Agrarian University, Kherson, Ukraine

MODERN IRRIGATION QUALITY CONTROL SYSTEMS

The aim of research was the development of an automated water quality control system WEBpoliv, which makes it possible to monitor the effectiveness of irrigation on the basis of reports and graphs that display operational data in real time and thereby significantly save natural resources (water and energy). The system makes it possible to analyze and adjust the irrigation process to maximize the productivity of each irrigated hectare to more accurate prediction of crop yields for subsequent years and to program it.

Key words: sprinkling technique, automated quality control system, irrigation rate, irrigation norm, work efficiency, water loss.

Введение. Орошение является одним из наиболее важных факторов, влияющих на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции в зоне рискованного земледелия, которая характеризуется дефицитом влаги в почве в период вегетации сельскохозяйственных культур. Мелиорация (орошение) земель не только позволяет получать стабильно высокие качественные урожаи, но и гарантирует развитие сельскохозяйственного производства [1–4].

Для достижения поставленной цели на производстве используют большое разнообразие дождевальной техники различных производителей. К сожалению, большинство дождевальной техники морально устарело, что не позволяет провести оперативный контроль ее работы. Из-за этого нарушается режим орошения сельскохозяйственных культур, что влечет за собой снижение запланированных уровней урожая, качества продукции и, соответственно, рентабельности отрасли растениеводства [3, 4].

На крупнотоварных сельскохозяйственных предприятиях, имеющих много единиц дождевальной техники, сложно уследить за их работой и одним из факторов, определяющих качество проведенного полива, является человеческий, поскольку не всегда можно сразу идентифицировать поломку и быстро ее устранить. При этом неизвестно, сколько воды потеряно и как длительность поломки повлияла на техническое состояние агрегата. Это может привести к большим потерям и снижению качества урожая за счет полива большим количеством воды вследствие длительного нахождения дождевальной техники на одном месте, пробуксовки или технической неисправности.

Материал и методы. Одним из способов решения проблем при эксплуатации дождевальной техники является применение автоматизированной системы контроля качества полива. Разработанный комплекс оборудования и программного обеспечения WEBpoliv (рисунок 1), работающий на основе GPS- и GPRS-модулей, для получения и передачи оперативных данных о работе дождевальной техники дает возможность существенно повысить эффективность сельскохозяйственного производства, перейти на новые (инновационные) технологии выращивания сельскохозяйственных культур и т. п.

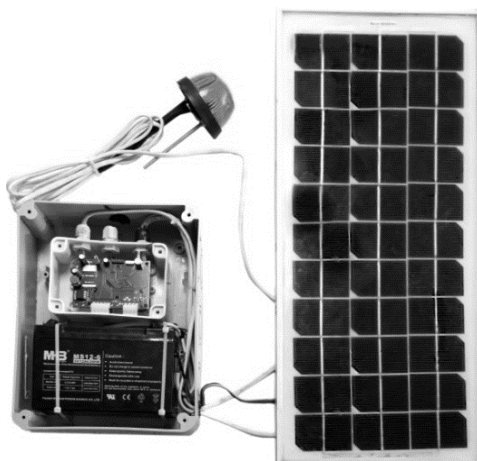


Рисунок 1 – Автоматизированная система контроля качества полива WEBpoliv

Результаты и обсуждение. Автоматизированная система контроля качества полива WEBpoliv, разработанная ЧП «Видеокомпроект» и ГБУЗ «ХГАУ», позволяет:

- контролировать работу дождевальной техники в реальном времени, наблюдая за ее положением, скоростью движения, площадью увлажнения за любой период времени, поливной нормой и равномерностью полива;
- отслеживать режим работы дождевальной техники и получать отчеты с данными о равномерности полива, остановках или пробуксовках дождевальной техники, увеличении и уменьшении скорости движения, что свидетельствует о несоблюдении ре-

жима орошения (отклонении от заданной нормы полива), а также другие аналитические материалы, которые имеют интерес для гидротехнической службы;

- проводить анализ эффективности полива за вегетацию, влажности почвы с помощью спутниковых снимков, используя следующие онлайн-сервисы: вегетационный индекс NDVI, неоднородность растений, неоднородность культур, индекс влажности, неоднородность увлажнения;

- проводить оперативное информирование заинтересованных специалистов о качестве работы дождевальной техники, сбоях в работе и других возможных неисправностях, а также попытках кражи оборудования.

Автоматизированная система контроля качества полива WEBpoliv может быть адаптирована под любую дождевальную технику и позволяет видеть диаграмму полива в цветовой гамме с отклонением от заданной нормы (рисунок 2).

Созданное оборудование и графический интерфейс дают возможность отслеживать дни работы, площади полива, количество работающей дождевальной техники в режиме реального времени, отклонения от нормы полива в онлайн-режиме (серый цвет – норма, а отклонение (темнее или светлее) – выше или ниже установленной поливной нормы соответственно). Визуализация реального режима орошения позволяет исправить технологические ошибки при проведении полива, провести контроль работы обслуживающего персонала, а также перейти на новые технологии выращивания сельскохозяйственных культур (адаптивные, No-Till и т. п.).

Детальное рассмотрение режима работы каждой единицы дождевальной техники дает возможность оценить работу машины на каждом отрезке времени с указанием даты и политой площади. Анализ работы с указанием, в какое время дождевальная машина отклонилась от заданной нормы, с какой скоростью, интервалом она двигалась, сколько использовано воды на 1 га, позволяет одновременно сравнивать эти данные с работой насосной станции (рисунок 3).

Кривая 1 на рисунке 3 обозначает хаотичную работу дождевальной машины, кривая 2 обозначает хаотичное давление воды в системе. Данный график (рисунок 3) показывает работу машины в режиме реального времени с указанием отклонения от заданных параметров, работу машины за пройденный круг с возможностью увеличения для детального изучения определенного промежутка времени. На следующем графике видна равномерность работы дождевальной машины, фактический вылив воды в рамках установленной нормы и работа насосной станции. Также графическое изображение работы машины позволяет увидеть места и время остановки вследствие технической неисправности. Эти остановки могут привести к дорогостоящему ремонту при условии несвоевременного отключения. Эта проблема решена путем информирования о таком событии через СМС-уведомление и онлайн-отображение. При этом на линейном графике оно изображено в виде неизменяющегося давления в системе с одновременной остановкой дождевальной машины.

Применение в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур новейших геоинформационных систем позволяет оперативно оценивать эффективность работы дождевальной техники (рисунок 4) и прогнозировать проведение следующего полива, ремонта установки или изменения в агротехнологическом комплексе выращивания культуры.

Вся информация о работе дождевальной техники обобщается в аналитическом отчете для принятия управленческих решений (рисунок 5), в котором отображается площадь, получившая полив в соответствии с установленной нормой, а также отдельно с отклонениями по каждому полю количество израсходованной воды или средств. Проанализировав полученные результаты по каждой дождевальной машине, поливу и оросительной норме, специалисты могут найти способы снижения затрат на орошение и тем самым повысить экономическую эффективность за счет экономного использования оросительной воды, рационального использования квалифицированных кадров, снижения амортизации оборудования.



Рисунок 2 – Интерфейс автоматизированной системы контроля качества полива WEBroliv

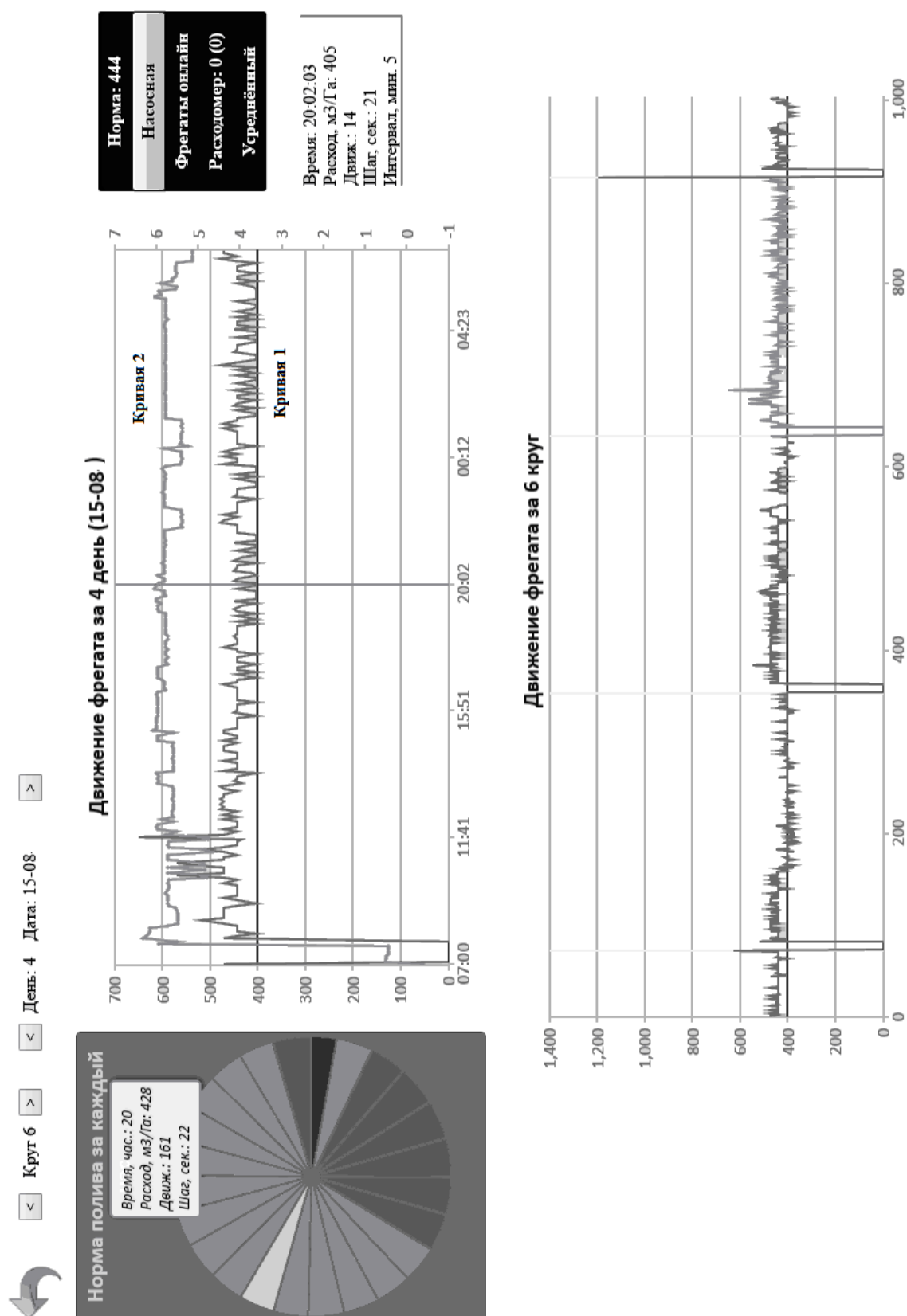


Рисунок 3 – Графики работы дождевальной машины за различные периоды

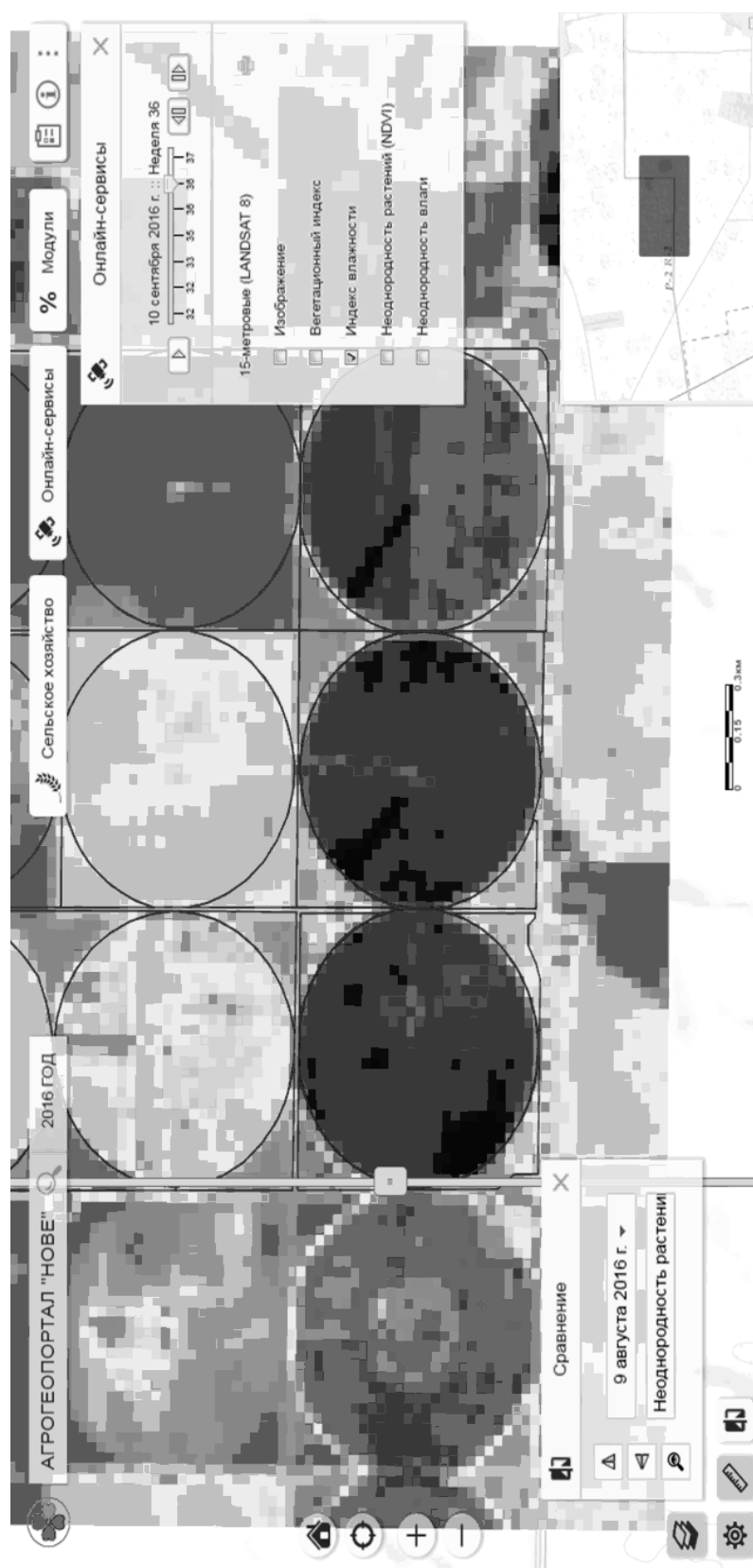


Рисунок 4 – Онлайн-сервисы при использовании автоматизированной системы контроля качества полива WEBproiv

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9	1	1	12	41	Соя	га										
10																
11	1	1	9	44	рапс	га	01-04-2016									
12																
13			8	43	соя	га										
14	1	1	7	41	Кукуруза	га										
15																
16	1	1	12	42	Соя	га										
17																
18	1	1	9	45	Озимая пшеница	га										
19																
20			25	40		га										
21																
22		1	2	44	Соя	га										
23																
24	1	1	7	48	Соя	га	01-04-2016									
25																
26			8	43	Соя	га										
27																
28	1		17	90	Соя	га	01-04-2016									
29																
30			9	52		га										
31																
32			1	50	соя	га										
33																
34																
35	ИТОГО:					га		623								
36	ИТОГО:					вода, м3/га										
37																

Рисунок 5 – Форма отчета для принятия управленческих решений

Благодаря разработанной системе можно контролировать работу дождевальной техники по всему хозяйству дистанционно, не покидая рабочего места, что приводит к экономии ГСМ и человеческих ресурсов, возможности круглосуточной работы, стимуляции дисциплины обслуживающего персонала и работников насосных станций. Это также дает возможность переходить на ночной полив с целью экономии средств.

Выводы. Разработанная автоматизированная система контроля качества полива позволяет контролировать эффективность проведения полива на основании отчетов и графиков, которые отображают оперативные данные в режиме реального времени, что приводит к существенной экономии природных ресурсов (водных и энергетических). Система дает возможность анализировать и корректировать процесс полива для достижения максимальной продуктивности каждого орошаемого гектара, более точно прогнозировать урожайность культур на последующие годы и программировать ее.

Список использованных источников

1 Лавренко, С. О. Математическое моделирование урожайности зерна чечевицы в зависимости от технологических приемов ее выращивания / С. О. Лавренко, М. В. Максимов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 1(61). – С. 113–119.

2 Лавренко, С. О. Нейропрограммирование урожайности зерна нута на мелиорируемых почвах / С. О. Лавренко, Н. Н. Лавренко, В. И. Пичура // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2(18). – С. 16–30. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=334>.

3 Лазер, П. Н. Инструментарий и технологии организации информации в земледелии: учеб. пособие / П. Н. Лазер, Е. К. Михеев. – Херсон: Изд-во ХГУ, 2006. – 372 с.

4 Использование персональных компьютеров для решения задач оптимизации сельскохозяйственного производства: учеб. пособие / В. А. Ушкаренко, В. П. Коваленко, С. Я. Плоткин, М. Г. Поляков. – Херсон: Айлант, 2001. – 94 с.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 635.63

Е. С. Бондарев, С. С. Авдеенко

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ВЫРАЩИВАНИЯ ГИБРИДОВ ОГУРЦА НА МАЛООБЪЕМНОЙ ГИДРОПОНИКЕ В ООО «НТК» Г. НОВОЧЕРКАССКА

Целью исследования является изучение различных условий, оказывающих влияние на уровень продуктивности гибридов огурца: уровня питания растений макро- и микроэлементами, дополнительных стимуляторов роста, используемых для стимуляции корневых систем и надземной части.

Ключевые слова: малообъемная гидропоника, гибрид огурца, уровень питания, оборот, макро- и микроэлементы.

Ye. S. Bondarev, S. S. Avdeenko

Don State Agrarian University, Persianovsky, Russian Federation

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL CYCLE OF CUCUMBER HYBRIDS CULTIVATION ON LOW-VOLUME HYDROPONIC IN LLC NTK NOVOCHERKASSK

The aim of research is to study various conditions that affect the level of productivity of cucumber hybrids: the level of plant nutrition by macro and microelements, additional growth stimulants used to stimulate root systems and the aerial part.

Key words: low-volume hydroponics, cucumber hybrid, nutritional level, rotation, macro- and microelements.

Производство овощей в защищенном грунте составляет в стране 640–750 тыс. т. Средняя урожайность овощей – 30 кг/м². Современное тепличное хозяйство – это теплицы нового поколения, новые конструкции, новые гибриды, малообъемная гидропоника, светокультура, рассадные линии и многое другое. За последние 5 лет при поддержке правительства было построено почти 1000 га новых теплиц. Роль фирм и отечественной науки здесь огромна. На Западе уже в разработке теплицы на биотопливе, солнечном обогреве, газе, светокультура, диффузное стекло, новые субстраты, новые гибриды и т. д. В этом плане отечественной науке – большое поле деятельности. Овощеводство будущего – это экологически безопасная витаминная продукция, при этом овощи выступают как мощнейший регулятор здоровья. Задача науки, агробизнеса, органов управления – оказывать необходимую действенную поддержку развитию отрасли [1].

При выращивании на минеральной вате имеется возможность управлять поливами в процессе вегетации, направлять растения по генеративному пути развития или активизировать вегетативный рост, можно также влиять на развитие корневой системы. Все это позволяет улучшать качество плодов, снижать риск развития заболеваний, поддерживать растения в сбалансированном состоянии в отношении развития вегетативных органов и плодоношения, более экономично использовать воду и удобрения, с меньшими затратами готовить теплицы к новому обороту. Но главный показатель – это стабильная и высокая урожайность [2].

Производственный опыт, основной целью которого является изучение влияния различных условий, проводится в ООО «НТК» города Новочеркасска Ростовской обла-

сти в зимне-весеннем обороте с 2015 г. Опыт показал эффективность выращивания гибридов огурца в условиях зимних теплиц на малообъемной гидропонике. Повторность опытов четырехкратная. Размер делянок – 530 м². Делянка представляет собой секцию теплицы. Опыт был заложен в бригаде № 2 в двух его отделениях.

Основные вопросы, решаемые в процессе опыта, – это подробный анализ урожайности и экономических показателей хозяйства в зимне-весеннем обороте, анализ уровня корневого и некорневого питания растений (макро- и микроэлементы) и мероприятий по защите растений, определение причин невысокой урожайности в обороте, поиск путей повышения уровня получаемой продуктивности и улучшения качества продукции.

ООО «НТК» города Новочеркасска Ростовской области образовано в 2003 г. на базе завода «НЭВЗ», размещается за территорией завода, имеет рельеф площадки тепличного комбината с уклоном от 0,011 до 0,035°. Площадь тепличного комбината – 6 га, в том числе площадь застройки – 3,5 га (71,8 %), площадь производственных сооружений защищенного грунта в ООО «НТК» составляет 3 га. Блочные зимние теплицы оборудованы системой отопления шатра и почвы (разделение контура), водопроводом, дренажом, системой термической обработки почвы, механизмами и электроприводами для открывания форточек. Имеется также электроосвещение и электродосвечивание рассадного отделения. Полив растений и увлажнение воздуха в теплицах производится с помощью системы дождевания, а также капельного полива голландской фирмы «Прива». Внесение подкормочных растворов минеральных удобрений также производится через капельный полив и дождевальную систему. Управление поливами и микроклиматом и контроль за ними осуществляются при помощи компьютера.

В нашей области огурец занимает большое место в аграрном производстве. Большинство тепличных хозяйств пятой световой зоны, куда относится Ростовская область, занимаются возделыванием именно огурца. Его выращиванием занимаются, начиная от личных подсобных хозяйств и заканчивая крупными тепличными комбинатами. Огурцы являются продуктом массового потребления. Пищевая ценность их невелика, однако в свежем и переработанном виде они обладают высокими вкусовыми качествами и многими пищевыми и лечебными свойствами. При этом важным вопросом остается качество получаемой продукции, напрямую зависящее от принятой технологии и уровня использования разнообразных химикатов в технологическом цикле.

И конечно, на первом месте здесь стоит уровень питания макро- и микроэлементами в различные периоды вегетации растений (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Уровень питания растений огурца макроэлементами в ООО «НТК»

Период роста растения	Ес, мСм/с	Макроэлемент						
		N-NH ₄	K	Ca	Mg	N-NO ₃	S	P
Основной раствор	2,7	17,5	312,8	160	33,4	224	44,0	38,8
Заправка субстрата	2,5–2,8	11,9	215,0	188	51,6	224	44,0	38,8
До начала плодоношения	2,5	17,5	274,0	180	33,4	224	44,0	38,8
Массовое плодоношение	2,8	17,5	352,0	160	33,4	238	44,0	38,8

Таблица 2 – Уровень питания растений огурца микроэлементами в ООО «НТК»

Период роста растения	Ес, мСм/с	Микроэлемент					
		Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Основной раствор	2,7	0,84	0,55	0,33	0,27	0,05	0,05
Заправка субстрата	2,5–2,8	0,84	0,55	0,98	0,27	0,05	0,05
До начала плодоношения	2,5	0,84	0,55	0,33	0,27	0,05	0,05
Массовое плодоношение	2,8	0,84	0,55	0,33	0,27	0,05	0,05

Концентрация солей (Ес) в питательном растворе должна соответствовать времени года, условиям выращивания и возрасту растений (таблица 1). Если концентрация солей в минераловатном мате растет, то ее снижают путем увеличения дозы раствора

за полив до 150–200 мл. Когда концентрация солей в мате превысит 3,5 мСм, добавляют один-два вечерних полива. В продолжительный период пасмурной погоды нужно поливать особенно аккуратно, так как корневое давление при минимальной транспирации может приводить к растрескиванию стебля.

В процессе роста и развития растений концентрация и соотношение питательных веществ в субстрате непрерывно меняется. В связи с этим необходимо вести систематический контроль за наличием элементов питания. Для этого определяют pH и E_c питательного раствора. В кислой среде ($pH < 5,0$) нарушается поглощение катионов K, Ca, Mg, при $pH > 7,0$ P, Zn, Cu, B, Mn выпадают в осадок в форме фосфорнокислых и углекислых солей, а макроэлементы поглощаются в избыточных количествах. Увеличение концентрации раствора в субстрате способствует получению более генеративных растений, уменьшение – более вегетативных.

Это не единственные требования к уровню минерального питания растений при выращивании на малообъемной гидропонике. В частности, из-за крайне ограниченного объема корнеобитаемого грунта производителям регулярно требуется проводить стимуляцию роста и работы корневой системы огурца. Это делается, исходя из знаний биологических особенностей роста корневой системы огурца и условий микроклимата. Так, в ООО «НТК» чаще всего 1 раз в 5–7 дней (а максимум этого показателя – 14 дней) стимулируют рост корней растений огурца, а также нарастание вегетативной массы. В хозяйстве применяются следующие препараты и их дозировки:

- регулярно 1 раз в 7 дней используют комплексное удобрение «Фертика люкс» с концентрацией рабочего раствора 1,5 г/л воды;
- «Мегафол» (из органического N, K, C) в качестве листовой подкормки;
- «Гидромикс» – комплекс микроэлементов, специально разработанный для коррекции питания микроэлементами при фертигации и для листовых подкормок.

Анализ данных таблиц 1 и 2 и препаратов для стимуляции корней показывает, что в ООО «НТК» нарушения технологического процесса в питании растений не было, так как периодически по мере изменения фазы развития растений огурца проводился агрохимический анализ на содержание макро- и микроэлементов в блоке с минеральной ватой.

На основании проведенных наблюдений нами сделан вывод о том, что для огурца лучшей концентрацией раствора минеральных удобрений является 0,22–0,27 %. При этом в первый период роста концентрация питательного раствора должна быть ниже, чем в период плодоношения. Особое внимание при составлении питательных растворов необходимо обратить на соотношение между азотом и калием. Слишком большое содержание азота, особенно в начале вегетации, вызывает бурный рост растений, что замедляет формирование и созревание плодов, в результате повышается восприимчивость растений к болезням. До завязывания плодов соотношение 1:2,0, в период плодоношения – 1:1,6.

Исходя из анализа уровня питания растений на протяжении всего цикла производства можно сделать предположение о том, что в связи с отсутствием нарушений цикла производства уровень урожайности, а следовательно и его качество, будет хорошим. Наше предположение полностью подтверждено результатами учета урожая в динамике (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика урожайности огурца в зимне-весеннем обороте в 2016 г.

В кг/м²

Гибрид огурца	Урожайность плодов огурца по месяцам						Всего за оборот
	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	
Эстафета	1,8	6,4	6,8	7,3	8,0	3,8	34,1
Атлет	2,0	7,0	7,0	7,5	8,2	3,6	35,3
Олимпиада	1,9	6,2	6,4	7,8	6,5	2,1	30,9
Кураж	2,5	6,9	6,8	7,9	8,6	2,8	35,5
Средняя урожайность за зимне-весенний оборот							33,9

Если судить о ранней урожайности (урожайности за первые два месяца плодоношения), то можно отметить, что все выращиваемые в хозяйстве гибриды за два месяца плодоношения отдают более 25 % общей урожайности. А гибриды Атлет и Кураж обеспечили максимум этого показателя – 28,1–29,7 %. Это основание является основополагающим при оценке экономических показателей, так как ранняя продукция имеет цену выше, чем вся остальная.

На первом месте по уровню общей урожайности стоят гибриды Кураж (35,5 кг/м²) и Атлет (35,3 кг/м²). В общем, по каждому гибриду, выращиваемому в хозяйстве в зимне-весеннем обороте, в 2016 г. урожайность выше, чем в 2015 г., что видно по средней урожайности. В 2016 г. по хозяйству она составила 33,9 кг/м², что на 4,6 кг/м² выше, чем в 2015 г.

Проведя дополнительный анализ технологической карты, сделали вывод о том, что в летние месяцы 2016 г. резко снизилось распространение болезней и вредителей и это в том числе повлияло на уровень урожайности (по сравнению с 2015 г. он существенно выше). А, как известно, дополнительные затраты на усиленный контроль распространения болезней и вредителей сразу отражаются и на себестоимости продукции, а следовательно и на уровне рентабельности.

Высокой вредоносности вредных организмов в теплицах способствует ряд обстоятельств: благоприятный микроклимат, длительная почти круглогодичная вегетация узкого набора растений, часто неустойчивых или слабоустойчивых к вредителям и болезням, отсутствие биоценологических регуляторов численности вредных видов, грубые в фитосанитарном отношении погрешности агротехнологии и др. Нарушение любого из факторов, обеспечивающих фитосанитарный режим, непременно ведет к ослаблению экологической устойчивости в теплицах и оранжереях, к патологии растений и снижению их продуктивности.

Специальные мероприятия по защите растений позволяют сдерживать негативное влияние вредных организмов на выращиваемые культуры. Однако социальные требования к растениеводству защищенного грунта предельно регламентируют ассортимент средств и методов, используемых в фитосанитарных мероприятиях, и все более ориентируют на стратегию развития экологически безопасной защиты растений, в том числе и биологической.

При монокультуре в промышленных теплицах создаются благоприятные условия для культивируемого вида растений (огурец, томат, перец), которые нередко столь же оптимальны для массового размножения вредителей (тлей, белокрылки, паутинных клещей и др.) и развития болезней этих растений. В то же время условия для энтомофагов здесь нередко менее благоприятны, и они не могут стать на длительное время необходимым компонентом биоценоза, как не могут самостоятельно удерживаться в этой экосистеме. При монокультуре в крупных промышленных теплицах способность системы удерживать в биоценотическом взаимодействии все три блока триотрофа низка, а регулирующая роль энтомофагов непродолжительна и невысока [3].

Исследования по изысканию энтомофагов, пригодных для использования в защищенном грунте, проводились в лабораториях биометода, руководимых в ВИЗР В. А. Щепетильниковой и Г. В. Гусевым, во ВНИИФ – Г. А. Бегляровым, в Ленинградском СХИ (СПбГАУ) – Н. В. Бондаренко. По мере накопления опыта и экспериментальных материалов состав энтомофагов расширялся. Таким образом создавалась оптимальная интеграция методов, способов и приемов агротехники и защиты растений, в которой открывалась бы возможность широко использовать средства биометода – энтомофагов и биопрепаратов.

В ООО «НТК» г. Новочеркасска используется набор энтомофагов, приведенный в таблице 4. Он, конечно, не слишком обширный, однако даже такого набора хозяйству вполне хватает, чтобы эффективно сдерживать распространение вредителей.

Таблица 4 – Эффективность применения биофагов в снижении численности вредителей в 2016 г. (в среднем по гибридам)

Вредитель (вредный объект)	Численность вредителя					Эффек- тивность защиты, %
	перед использова- нием биофагов, шт./м ²	численность по месяцам, шт./м ²			после использова- ния биофагов, шт./м ²	
		апрель	май	июнь		
Паутинный клещ	18	18	23	26	4	77,8
Тепличная белокрылка	15	15	27	30	2	86,6
Тля	5	5	8	9	1	80,0
Общее коли- чество	38	38	58	65	7	81,5

Увеличение количества вредителей напрямую зависит от погодных условий. Самым трудным для тепличных хозяйств является летний период, так как за счет увеличения температуры повышается и влажность воздуха внутри теплицы. Подобные условия могут не только отражаться на скорости ростовых процессов основной культуры, но и препятствовать деятельности энтомофагов, а также способствовать нарастанию количества вредителей и патогенной микрофлоры.

Вредители начинают активно появляться с января, и до марта наблюдается резкое увеличение их численности. С марта по апрель – более плавное или менее значительное их увеличение, так как отключают отопление теплиц, в дневное время обогрев теплиц производится за счет солнечного тепла, а в ночное время с помощью его сохранения, эта причина и приостанавливает процесс резкого увеличения численности вредителей. С 3-й декады апреля по 2-ю декаду июня наблюдается резкий скачок численности, это обусловлено тем, что в данных месяцах ночная и дневная температуры значительно повышаются.

Основываясь на наблюдениях 2016 г., установили, что основными вредителями, наносящими максимальный вред физиологическому состоянию растений и, следовательно, общему уровню урожая, в теплицах ООО «НТК» г. Новочеркаска являются тля, паутинный клещ и тепличная белокрылка.

Из данных таблицы 4 видно, что количество вредителей увеличивается по месяцам и непосредственно связано с повышением температуры внутри помещений. Общее число вредителей без применения энтомофагов составило 38 шт./м². После применения энтомофагов в соотношении 1 энтомофаг на 5–7 вредителей численность значительно снизилась (до 7 шт./м², что составило 18,5 % от общего числа вредителей). Эффективность применения энтомофагов составила 81,5 %. Такая высокая эффективность позволяет хозяйству максимально уходить от использования химических средств борьбы с вредителями.

Однако не только степень распространения вредителей влияет на уровень получения урожая и динамику его распределения. Основываясь на данных, полученных нами в ходе наблюдений, мы можем говорить о значительной роли уровня питания и степени его доступности для растений в период вегетации. Так, наши наблюдения показывают, что состояние растений: высота, количество листьев, количество боковых побегов, количество плодов на растении и т. д. – при стабильном сбалансированном питании с использованием фертигации с удобрением «Мастер» и стабильное на достаточном уровне водообеспечение матов с минеральной ватой позволяют улучшить естественный иммунитет растений, их адаптацию к высоким температурам и продлить срок активной жизни растений, а следовательно и период получения продукции без особенных дополнительных затрат.

Июль в 2016 г. был завершающим, хотя обычно для зимне-весеннего оборота это июнь. Продление срока зимне-весеннего оборота до июля никоим образом не противоре-

чит технологии выращивания и обычно применяется, если продукции из открытого грунта недостаточно и ее можно заменить продукцией именно из зимних теплиц. Это и предприняли в хозяйстве, основываясь на крайне засушливом лете, когда открытый грунт не был в состоянии полностью удовлетворить потребность в высококачественном огурце в июле.

На предприятии хорошо понимают, что выращивать сельскохозяйственные культуры без надежной защиты их от многочисленных вредителей и болезней невозможно. Поэтому специалисты предприятия уделяют вопросам защиты растений должное (повышенное) внимание. Слагаемые надежной защиты растений от вредителей и болезней в ООО «НТК»: поддержание микроклимата и питания растений с учетом их потребностей, которое на малообъемной гидропонике осуществляется в автоматическом режиме, профилактические мероприятия в виде химического обеззараживания тары, конструкций и т. д., проведение систематических обследований растений с целью определения их фитосанитарного состояния и решение вопроса о локальном подавлении вредных организмов или применении сплошных обработок, рациональное применение биологических агентов и разрешенных для использования химических средств.

В настоящее время применение химических обработок является дорогостоящим методом защиты растений, применение энтомофагов – более дешевый метод, т. к. на один оборот необходимо всего 11500 руб., что положительно сказывается на экономике хозяйства. К сожалению, большинство химических средств защиты растений воздействует угнетающе на растение, что вызывает уменьшение урожайности, это еще один факт, который доказывает, что биологический метод является лучшим способом уничтожения вредителей. И это еще один аргумент в пользу того, что ООО «НТК» нацелено на максимальное использование ресурсов малообъемной гидропоники при хорошем уровне использования биофагов в защите огурца. Следовательно, у ООО «НТК» есть возможности для реального повышения урожая огурца и улучшения его качества.

Ведь уровень урожайности, достигаемый в защищенном грунте, по результатам совещания, проведенного в Республике Татарстан в 2015 г., достигает 60–90 кг/м² (это мировые показатели) [1].

Список использованных источников

1 Литвинов, С. С. Современное овощеводство и задачи науки / С. С. Литвинов, М. Н. Постоева, М. В. Шатилов // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. VII Квасниковским чтениям. – Рязань: Ряз. обл. тип., 2016. – С. 5–12.

2 Авдеенко, С. С. Урожайность и качество гибридов огурца, выращиваемых в ООО «НТК» г. Новочеркаска / С. С. Авдеенко, М. Н. Рогожина // Состояние и перспективы развития агрономической науки: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию агр. фак. – Персиановский: ДонГАУ, 2007. – С. 146–149.

3 Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России / В. А. Павлюшин [и др.] // Труды Русского энтомологического общества. – 2001. – Т. 72. – С. 16–31.

УДК 631.674

А. А. Куприянов

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Целью исследования является изучение способов орошения сельскохозяйственных культур, их достоинств, недостатков и условий применения. При проведении исследований были изучены публикации и работы передовых ученых в данном направлении.

нии. В результате установлено, что каждый из рассмотренных способов орошения эффективен при определенных условиях. В условиях Южного федерального округа при имеющемся дефиците водных ресурсов наиболее перспективным является капельное орошение сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: способы орошения, дождевание, поверхностное орошение, внутрипочвенное орошение, капельное орошение, условия применения.

A. A. Kupriyanov

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, Novocherkassk, Russian Federation

IRRIGATION METHODS OF AGRICULTURAL CROPS

The aim of research is to study agricultural crops irrigation methods, their advantages, disadvantages and application conditions. The publications and papers of leading scientists in this direction were studied during the research. As a result, it was found out that each of the considered irrigation methods is effective under certain conditions. Under conditions of the Southern Federal District with water resources shortage the most promising method is drip irrigation of agricultural crops.

Keywords: irrigation methods, sprinkling, surface irrigation, subsoil irrigation, drip irrigation, application conditions.

Одним из основных путей повышения урожайности сельскохозяйственных культур и увеличения производства сельскохозяйственной продукции в зоне недостаточного увлажнения является орошение в сочетании с высоким агротехническим уровнем возделывания культур. Стабильные высокие урожаи культур на орошаемых землях можно получить только при совершенствовании технологий выращивания сельскохозяйственных культур, повышении эффективности использования оросительной воды, применении нетрадиционных приемов обработки почвы, совершенствовании режима минерального питания, внедрении новых урожайных сортов, хорошо адаптированных к местным условиям [1].

Проявление негативных аспектов влияния орошения на природную среду, необходимость их предупреждения диктует целесообразность разработки и реализации экологически обоснованного подхода к проектным и эксплуатационным режимам орошения сельскохозяйственных культур. Решение этой проблемы должно основываться как на установлении экологических критериев, так и на анализе материалов экспериментальных исследований с конкретной сельскохозяйственной культурой [1]. Одним из направлений минимизации негативных явлений при орошении является подбор наиболее соответствующего способа орошения. Каждый из способов имеет условия эффективного применения, достоинства и недостатки.

Способ орошения – комплекс мер и приемов распределения воды на поливном участке и превращения водного потока в почвенную и атмосферную влагу. Основные требования к способам орошения: создавать и поддерживать оптимальный водный и связанные с ним пищевой и солевой режимы для растений, равномерно распределять воду по полю, обеспечивать высокую производительность труда на поливе, беспрепятственную работу всех механизмов, а также автоматизацию водораспределения, способствовать повышению плодородия почвы и благоприятному мелиоративному состоянию орошаемых земель, минимизировать промываемость почвы [2].

Орошение реализуется следующими основными способами: дождеванием, поверхностным орошением, капельным орошением, внутрипочвенным орошением.

Дождевое орошение («орошение дождеванием», «дождевание») – орошение, ко-

торое осуществляется выпуском поливной воды над поверхностью земли (почвенного или растительного покрова) и подачей ее на увлажняемую поверхность в виде искусственного дождя, создаваемого дождевальными средствами (дождеобразователями). Полив дождеванием осуществляется подачей воды в увлажняемое пространство (приземную область атмосферы) в виде совокупности разноразмерных капель (искусственного дождя). Технология дождевого орошения (полива) предусматривает забор воды из источника орошения (полива), транспортирование к дождевальным устройствам (машинам, установкам, агрегатам, дождевателям и др.) по открытым или закрытым водоводам оросительных систем, подачу поливной воды в дождеобразователи и придание водному потоку в водоподводящих трубопроводах определенного напора (давления), выброс (выпуск) высокоскоростных струй из дождеобразователей в воздушную среду. Целью способа и технологии дождевого полива является выдача определенной поливной нормы воды на определенный участок орошения [3].

Применение способа (технологии) дождевого орошения (полива) экономически целесообразно для полива всех видов сельскохозяйственных растений во всех природно-климатических зонах их произрастания, за исключением территорий (земель): со сверхнормативными значениями скорости ветров повторяемостью, превышающей 20 % продолжительности поливного периода; со степенью засоленности почвенного покрова, превышающей среднюю (при плотном остатке на уровне 0,3–0,5 %); с уровнем стояния грунтовых вод с минерализацией 1,5–3,0 г/л на глубине менее 1,5–2,2 м, а вод с минерализацией, превышающей 7,0 г/л, – на глубине менее 3,2 м; в климатических зонах с испарением поливной воды из искусственно формируемого дождевого облака (факала, шлейфа), превышающим 15 % от объема водоподачи [3].

Достоинства дождевого орошения заключаются в нижеследующем:

- улучшается микроклимат орошаемой территории. При дождевом поливе (дождевании) наблюдается (имеет место) снижение температуры воздуха до 2,5–3,0 °С в сравнении с наземными технологиями полива и повышение его влажности на 6–11 %;
- существует возможность поддерживать в оптимальных пределах влажность не только почвы, но и листовой поверхности растений. Имеет место снижение температуры листовой поверхности растений на 1,9–3,4 °С по сравнению с температурой приземного слоя воздуха;
- полив характеризуется высоким уровнем механизации и может быть полностью автоматизирован;
- четко контролируется выдача поливных ($N_{ор} < 3000 \text{ м}^3/\text{га}$) норм при приемлемой глубине увлажнения ($h_{увл}$);
- имеется возможность поливать разноразмерные и сложноконтурные участки с большими уклонами ($i \geq 0,03$) и со сложным микрорельефом (требуется менее тщательная планировка полей) при широком диапазоне пестроты почвенного покрова;
- обеспечиваются условия для широкой механизации всех сельскохозяйственных работ;
- при соответствующем качестве дождя сохраняется структура почвы;
- возможно внесение удобрений с поливной водой;
- высокие коэффициенты земельного использования ($k_{н/з}$) и полезного действия ($k_{п/д}$) оросительной системы по воде;
- высокая степень технологичности, мобильности и оперативности организации поливов по срокам, нормам, интенсивности и продолжительности;
- возможно проведение противозаморозковых, освежительных, пред- и постпосевных поливов микронормами;
- высокая производительность труда при поливе;

- имеется широкий спектр конструкций дождевальной техники и широкие возможности для совершенствования конструкций дождевальных устройств и технологии полива;

- накоплен многолетний мировой и отечественный опыт применения дождевого орошения сельскохозяйственных угодий в различных природно-климатических условиях (зонах) [3].

К недостаткам дождевого орошения относятся нижеследующие:

- высокие затраты металла на изготовление дождевальных устройств (от 40 до 110 кг/га);

- большая энергоемкость процесса дождевания (от 40 до 100 кВт·ч на один полив при $N_{\text{пол}} = 300 \text{ м}^3/\text{га}$). При реализации технологии дождевого полива имеет место дополнительное расходование энергетических ресурсов на поднятие водных потоков (масс) с поверхности земли на определенную высоту для последующего выпадения поливной воды в виде водяных капель (брызг) вновь на поверхность полевых угодий;

- отрицательное влияние ветра на качество дождя и равномерность его распределения по площади полива (при скорости ветра $V_{\text{вет}} > 3\text{--}4 \text{ м/с}$);

- неэффективность полива на тяжелых по гранулометрическому составу почвах из-за низкой водовпитывающей способности почвенного слоя и в условиях сухого и жаркого климата (до 30–40 % воды теряется на испарение);

- излишние затраты материалов и средств на создание преимущественно трубчатой оросительной сети [3].

Поверхностное орошение – распределение воды по поверхности земли с увлажнением почвы путем гравитационного или капиллярного впитывания; к нему также относят лиманное и паводковое орошение [2].

Поверхностный способ полива применяют на территориях со спокойным рельефом, с уклоном 0,00005–0,01, с достаточной мощностью почв, при поливных нормах не менее 600 м³/га, на засоленных землях, для влагозарядковых поливов. Вода при этом способе полива распределяется по поверхности земли с помощью борозд, полос, чеков [2].

По бороздам поливают широкорядные пропашные культуры, плодовые, кустарниковые культуры, виноградники, ягодники. Борозды нарезают в междурядьях по направлению благоприятного уклона параллельно сторонам поля. Их поперечное сечение близко к трапециoidalному или треугольному. Борозды имеют глубину от 10–15 (мелкие) до 30 см (глубокие), наполнение – 3–5 см. Длину борозды рассчитывают, и она составляет 60–400 м. Расход воды в борозду определяют из условий подачи и впитывания поливной нормы, он составляет 0,2–2,0 л/с. Скорость течения воды по борозде не должна превышать размывающую [2].

По полосам поливают культуры узкорядного и сплошного сева. Полосы устраивают по наибольшему уклону местности, поперечный уклон полос недопустим. Полосы разделяют продольными валиками высотой 10–15 см. Ширина полос зависит от степени выравнивания поверхности земли и обычно составляет 3,6–18,0 м (кратна ширине захвата сеялки) [2].

Достоинства поверхностного орошения: многовековой опыт, накопленный человечеством, простота устройства оросительной и поливной сети, малая капиталоемкость, отсутствие потребности в специальных машинах и дефицитных материалах [2].

Недостатки: необходимость применения ручного труда, большой объем планировочных работ при сложном микрорельефе местности, потребность в дополнительном рыхлении междурядий, так как после полива образуется почвенная корка, ухудшение воздушного режима почвы, неравномерное увлажнение по площади и глубине, увеличение промываемости почвы и перерасход поливной воды, снижение коэффициента использования земли, возможность возникновения эрозии почвы [2].

Внутрипочвенное орошение – орошение, которое осуществляется подачей воды в почвенный (грунтовый) слой по свободным или закрепленным кротовинам, перфорированным трубам или из водоводов – увлажнителей, оборудованных микроводовыпусками или капельницами, расположенными в расчетном (подпахотном) слое [4].

При внутрипочвенном орошении вода подается непосредственно к корням растений. А. Н. Костяков к внутрипочвенному орошению, наряду с подачей воды в почву через подземные водоводы, относил также возможность поднятия грунтовых вод, а также конденсацию в почве водяных паров из атмосферного воздуха [5].

Внутрипочвенное орошение целесообразно применять на местности с уклоном по длине увлажнения не более 0,01, на засоленных почвах со скоростью капиллярного поднятия не менее 0,5 мм/мин, для орошения сточными водами [2]. При внутрипочвенном орошении обеспечиваются оптимальные воздушный, тепловой и питательный режимы почвы для получения максимально высоких и устойчивых урожаев культур. При этом способе полива одновременно, кроме воды, можно вносить непосредственно в корнеобитаемый слой почвы растворы удобрений, воздух, а по электрическому проводу, уложенному поверх трубки, подавать электрический ток низкого напряжения для интенсификации деятельности микроорганизмов [5].

Преимущества внутрипочвенного орошения заключаются в следующем: отсутствие оросительной сети на поверхности земли и препятствий для сельскохозяйственных работ, высокий коэффициент земельного использования (0,98–0,99), сохранение структуры почвы и хорошая ее аэрация за счет увлажнения капиллярным путем, снижение потерь воды на испарение, автоматизированный в значительной степени и менее трудоемкий процесс полива, уменьшение числа обработок почвы, возможность подачи растворенных удобрений и мелиорантов.

Недостатки внутрипочвенного орошения заключаются в следующем: невозможность регулирования микроклимата над полем и увлажнения надземной части растений, ухудшение всхожести семян из-за недоувлажнения верхних 10 см почвы, особенно при засушливой весне, значительные потери на глубинную фильтрацию в легких грунтах [2].

Капельное орошение – вид локального малообъемного орошения с дозированной подачей поливной воды на определенную зону объекта увлажнения отдельными каплями или сочащимися микроструями. Технологию капельного полива отличают рациональность и эффективность использования земли, почвы, воды, агрохимических препаратов, удобрений, энергии и труда, экологичность и экономичность реализации технологических процессов при высоком уровне автоматизации полива [6].

Капельное орошение в первоочередном порядке рекомендуется использовать при поливе сельскохозяйственных угодий с преимущественно линейной (рядовой) схемой посадки растений: виноградников, садов, ягодников, цитрусовых и чайных плантаций, широкорядных полевых культур, декоративных и средозащитных древесных насаждений, овощных, бахчевых, цветочных, парниковых, теплично-оранжерейных, лекарственных и других культур, растительных ограждений («зеленых кустарниковых изгородей») [6].

Достоинства капельного орошения: соответствие режима орошения режиму водопотребления; сохранение структуры и благоприятного воздушного режима почвы; значительная экономия оросительной воды при локальном увлажнении почвы (в 1,5–2,0 раза), так как практически отсутствуют потери на глубинную фильтрацию и непродуктивное испарение; нет опасности подъема уровня грунтовых вод; нет затрат воды на увлажнение почвы между растениями, что угнетает развитие сорняков; сокращение обработки почвы в междурядьях, отказ от применения гербицидов; возможность полива крутых склонов; подача удобрений и ядохимикатов с поливной водой; отсутствие поверхностного стока и эрозии почвы [2].

Недостатки: невозможность регулирования микроклимата над полем; возможность полива только широкорядных культур; повышенные требования к качеству оро-

сительной воды, необходимость очистки ее от наносов; неравномерное распределение воды по капельницам; несовершенство капельниц, нестабильная их работа, частое засорение; повреждение грызунами и деформации пластмассовых трубопроводов; помехи механизированным работам при наземном расположении трубопроводов; высокая стоимость строительства системы [2].

При теоретическом обосновании капельного орошения и описании отличий этой технологии полива от других способов орошения отмечается нижеследующее.

Главной особенностью капельного орошения является «подача воды (непосредственно) в корневую (или прикорневую) зону (область) каждого растения», «благодаря чему вокруг растений создается зона стабильного увлажнения», а количество подаваемой воды в течение всего периода вегетации определяется (соответствует) потребностью (водопотреблению) растений в воде. Отмечается, что у растений с малой (не превышающей 1 м²) площадью питания корни (ризосфера) полностью оказываются в пределах контура увлажнения, формируемого одной капельницей, а поливная вода малыми дозами, но относительно часто подается под каждое растение с формированием в зоне его питания постоянно увлажненной локальной области [6].

При капельном орошении режимы орошения и фертигации (водообеспечения и подачи продуктов питания) устанавливаются и корректируются минеральным составом почвы, особенностями водопотребления и питания растения (вида и сорта культур, фенологической фазы их роста и развития).

Капельное орошение отличает высокая степень локализации (0,1–0,6 от площади питания растений) искусственно формируемых зон увлажнения (точек гарантированного водопотребления – «пития») и питания (областей подачи и сосредоточения востребованных растением элементов питания).

Капельное орошение относят к малодозированному, но часто реализуемому и продолжительному (от 1 до 10 ч) поливу (увлажнению) локальных участков зоны питания корневых систем растений в соответствии с их суточным (одно-, двух- или трехсуточным) водопотреблением.

При разовом капельном поливе под одно растение (дозированно) подается количество поливной воды, соответствующее суммарному водопотреблению растения (эвапотранспирации) за предыдущий (до планируемого полива) период (т. е. в период после предшествующего планируемому поливу).

Высокая степень мобильности (возможностей проведения поливов и простота включения системы в режим полива и выключения ее из рабочего состояния) позволяет сократить межполивные периоды, а следовательно и диапазон варьирования между постполивной и дополивной влажностью в контуре увлажнения. Возможно практически постоянное и стабильное (изменяющееся в пределах $\pm 10\%$ от среднего уровня) поддержание заданного (высокого) уровня влажности в определенных локальных частях зоны «водопоя» и питания растений (вне зависимости от климатических условий) при сохранении природного режима увлажнения большей части зоны корневого питания, что позволяет растению восполнить возможный дефицит влаги (воды), а при необходимости перекачать воду по корневой системе из одной ее части в другую (из одного корнеобитаемого почвенного пространства в другое). При таком режиме (при таких условиях водопотребления) у растений возможно формирование определенной специализации в питательной и дыхательной функции отдельных корней и (или) корневых ветвей (систем) [6].

При таком подходе к искусственному водоснабжению растений, являющемуся дополнением к естественному водообеспечению атмосферными осадками и (или) грунтовыми водами растительного организма, большая часть корневой системы находится в природно-формируемых условиях питания, дыхания и водопотребления. И при этом у растения имеется строго определенная зона страховочного водопотребления с высокой степенью увлажненности и наличием легкоусвояемых, искусственно вносимых

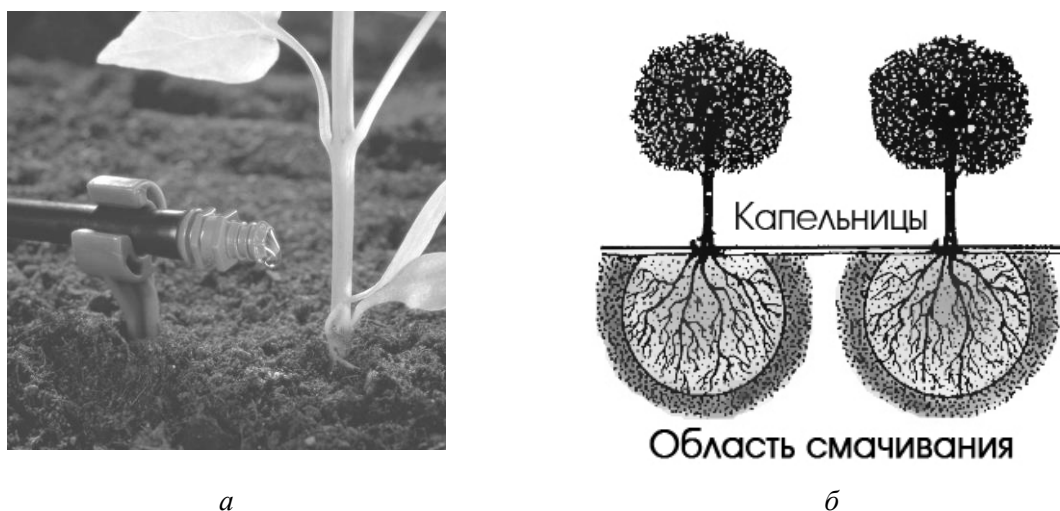
элементов питания. Указанное обстоятельство обеспечивает вполне приемлемые условия для функционирования корней и растительного организма в целом.

Известно предположение (гипотеза) о том, что при ежесуточном локальном (капельном) поливе «малыми порциями» (и даже по несколько раз в сутки) растения усваивают влагу и подаваемые с поливной водой питательные вещества более эффективно, нежели при запасной (объемной и периодической) их подаче в зону водопотребления и питания растений (так как их возможности для резервирования влаги и «пищи» весьма ограничены).

Сохранение большей части пространства питания в условиях естественного влаго- и воздухооборота позволяет большей части корневой системы «дышать» постоянно (без временного прекращения дыхательной функции).

Капельная технология орошения исключает формирование стрессов растительных организмов, связанных с периодическим переизбытком воды при «мощных» поливах и наблюдаемым при этом дефицитом воздуха.

При капельном орошении имеется возможность формирования устойчивых зон постоянного увлажнения со стабильными показателями влажности вне зависимости от природно-климатических условий, что позволяет корневой системе растений восполнять дефицит водопотребности в любой период вегетации (роста и развития). В процессе полива под капельницами на поверхности почвы формируется увлажняемая область с высоким уровнем влагонасыщения и снижения влажности по мере удаления от точки водоподдачи (т. е. в почвенном пространстве формируется контур увлажнения (рисунок 1) с изменяющимся (уменьшающимся) уровнем влажности) [6].



а – взаимное расположение капельного микроводовыпуска и растения;
б – контуры увлажнения

Рисунок 1 – Схема зоны увлажнения при капельном поливе

При капельном орошении поливная вода, а при необходимости – слабokonцентрированный водный раствор питательных веществ и агропрепаратов относительно малыми нормами (микронормами) подается в зону питания (расположения корней растений) корневой системы растений. При этом в пределах зоны питания формируются локальные контуры увлажнения, содержащие воду (влагу) и растворенные в ней питательные вещества (микроэлементы, средства защиты и стимуляторы роста поливаемых растений) [6].

Выводы

1 Каждый из рассмотренных способов орошения имеет свои достоинства и недостатки, а также условия применения. В связи с этим нельзя сказать о том, что какой-то из них является наилучшим. Для конкретных условий выращивания сельскохозяй-

ственных культур необходимо использовать наиболее подходящий способ орошения.

2 В результате проведенного исследования установлено, что капельное орошение является самым экономичным способом по потреблению оросительной воды. В связи с этим его целесообразно использовать в условиях Южного федерального округа, который характеризуется наличием дефицита водных ресурсов.

Список использованных источников

1 Сенчуков, Г. А. Орошение сельскохозяйственных культур на Дону: монография / Г. А. Сенчуков, П. Д. Шевченко, И. В. Новикова; Новочеркас. гос. мелиоратив. акад. – Новочеркасск, 2008. – 122 с.

2 Мелиорация земель: учеб. для вузов / под ред. А. И. Голованова. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2015. – 816 с.

3 Васильев, С. М. Дождевание / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

4 Колганов, А. В. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора: термин. слов. В 2 ч. Ч. 2 (О – Я) / А. В. Колганов, В. Н. Шкура, В. Н. Щедрин; под. общ. ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 432 с.

5 Григоров, М. С. Внутрипочвенное орошение / М. С. Григоров. – М.: Колос, 1983. – 128 с.

6 Васильев, С. М. Технические средства капельного орошения: учеб. пособие / С. М. Васильев, Т. В. Коржова, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2017. – 200 с.

УДК 631.6.02:528.8.04

Л. А. Митяева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ ОРОШАЕМОГО АГРОЛАНДШАФТА

Целью исследований являлась комплексная оценка процессов деградации орошаемого агроландшафта в рамках выделенных территориальных единиц. В данной статье приводится описание технологии комплексной оценки процессов деградации орошаемого агроландшафта на основе данных дистанционного зондирования Земли и их калибровки в полевых исследованиях, что позволяет отслеживать динамику основных показателей почвенного плодородия и развития сельскохозяйственных культур в период вегетации. Использование полученных экспериментально-статистических моделей прогноза по каждому из процессов деградации позволяет спрогнозировать тот или иной процесс и предусмотреть мероприятия по восстановлению почвенного покрова.

Ключевые слова: прогноз, база геоданных, почвенное плодородие, орошаемый агроландшафт, космическая съемка, геоинформационная система, сельскохозяйственные культуры.

L. A. Mityaeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

THE TECHNOLOGY OF INTEGRATED ASSESSMENT OF IRRIGATED AGROLANDSCAPE DEGRADATION PROCESSES

The aim of research was a comprehensive assessment of the degradation processes of irrigated agrolandscape within the allocated territorial units. This article describes the tech-

nology of integrated assessment of irrigated agrolandscape degradation processes based on Earth remote sensing data and their calibration in field studies, which allows to trace the dynamics of the main indicators of soil fertility and crops development during the growing season. The use of the obtained experimental-statistical forecast models for each of the degradation processes allows to forecast a particular process and to envisage measures for restoring the soil cover.

Key words: forecast, geodatabase, soil fertility, irrigated agrolandscape, space survey, geo information system, agricultural crops.

Введение. Объективные данные о состоянии почвенного плодородия и сельскохозяйственных культур на больших территориях можно получить на региональном уровне только с использованием инструментальных дистанционных методов контроля, например с помощью данных спутникового зондирования [1, 2]. Использование данных дистанционного зондирования Земли позволяет отслеживать динамику развития сельскохозяйственных культур и их состояния, а также процессов снижения почвенного плодородия одновременно на большой территории (административный район, сельскохозяйственное предприятие и т. д.). В то же время для установления связей между данными космических снимков и фактическим состоянием почвенного покрова и растений необходимо проводить полевые исследования на полях тестового хозяйства [3–5].

Цель исследования – разработать технологию комплексной оценки процессов деградации орошаемого агроландшафта в границах выделенных территориальных единиц.

Материал и методы исследований. Проект реализован на платформе геоинформационной системы (ГИС) ArcGIS 10.4.1 for Desktop (ESRI, США) [6]. Применение ГИС в сельском хозяйстве позволяет не только хранить информацию о сельскохозяйственных угодьях и их использовании, но и фиксировать различные негативные процессы и их влияние, а также тенденцию их развития [7]. Технология комплексной оценки реализована на полях орошаемого хозяйства ОАО «Малоорловское» Мартыновского района Ростовской области. Использовались данные высокого разрешения, а именно мультиспектральные сцены и безоблачные композитные изображения Modis (250 м), мультиспектральные снимки Landsat (15–30 м), а также гиперспектральные снимки Hyperion (30 м).

На первом этапе реализации технологии средствами ArcGIS была создана база геоданных (картографическая и атрибутивная) сельскохозяйственных полей района исследований. При создании базы геоданных были выполнены следующие процедуры:

- разработан логический и концептуальный дизайн базы;
- определен формат хранения данных;
- осуществлен выбор картографической проекции отображения данных;
- произведена подготовка данных для заполнения базы геоданных;
- созданы и отредактированы метаданные.

База геоданных содержит электронные слои топографической карты (масштаб 1:50000), которые включают в себя границу района исследований, контуры сельскохозяйственных полей, спутниковые снимки, растровые картограммы. В качестве атрибутивной информации в базе содержатся сведения о показателях почвенного плодородия (плотности сложения, структурности, водопроцности, водопроницаемости, подвижном фосфоре, обменном калии, гумусе) и состоянии посевов сельскохозяйственных культур.

Оценка степени деградации почвенного покрова осуществлялась в соответствии с «Методическими указаниями...» [8]. Определение состояния сельскохозяйственных культур по NDVI производилось в соответствии с принятыми методиками [9].

Полевые эксперименты проводились согласно принятым методикам [10]. Почвенные образцы отбирались согласно ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 28168-89, ОСТ 5681-84.

Результаты и их обсуждение. Для правильного выбора как отдельного приема, так и комплекса мероприятий по восстановлению плодородия земель с неблагоприят-

ной мелиоративной обстановкой необходимо иметь четкую и полную информацию о состоянии самого мелиорируемого объекта. Основными параметрами при выборе приемов воспроизводства плодородия орошаемых почв являются дешифрирование почвенного покрова по материалам космической съемки и калибровка выявленных признаков по данным полевых исследований [11].

В результате анализа разновременной космической информации о районе исследований выявлено несколько типовых признаков изменения интенсивности процессов деградации, которые отражают процессы ирригационной эрозии и дегумификации, негативно сказывающиеся на плодородии орошаемых земель и состоянии посевов сельскохозяйственных культур в течение вегетационного периода. При оценке процессов ирригационной эрозии по материалам дистанционного зондирования обязательным этапом являлись процедуры полевой калибровки и наземной верификации результатов. В нашем случае они заключались в определении основных диагностических показателей почвенного плодородия. На основании полученных количественных данных нами была разработана балльная оценка. Критерий деградации по каждому показателю соответствует четырем видам почв: недеградированные (0 баллов), слабodeградированные (1 балл), среднедеградированные (2 балла), сильнодеградированные (3 балла). Выделенные критерии деградации почв при орошении позволяют определить на начальном этапе деградационные процессы, которые приводят к снижению их плодородия и дальнейшему выбытию из сельскохозяйственного оборота (таблица 1).

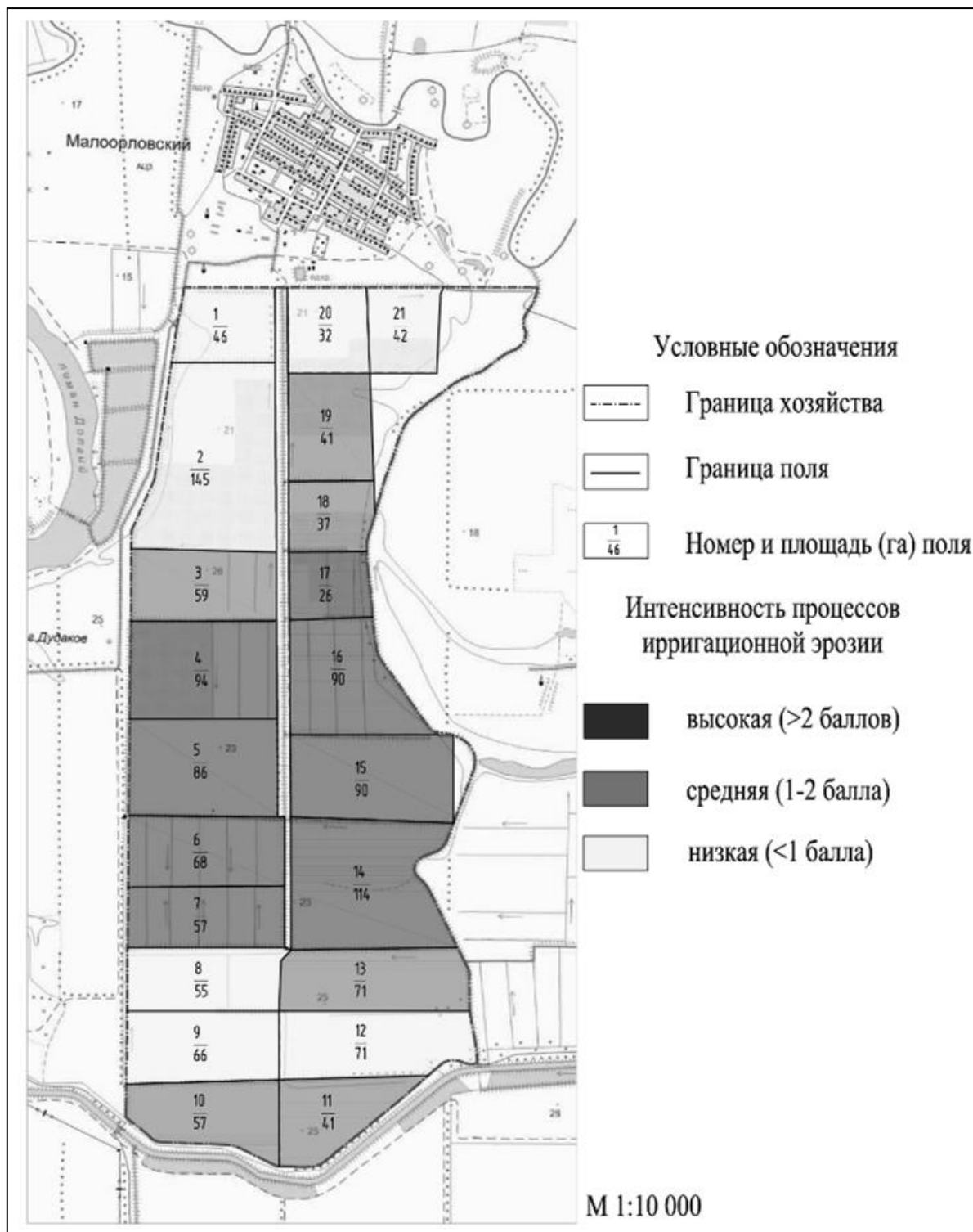
Таблица 1 – Средние значения баллов для рассматриваемых процессов деградации

№ поля	Процесс деградации			Средний за сумму факторов классификации
	ирригационная эрозия	дегумификация	состояние посевов	
1	0,64	3,23	2,34	2,07
2	0,96	3,21	2,65	2,27
3	1,35	3,45	2,45	2,42
4	2,64	2,54	3,21	2,80
5	2,97	2,78	2,56	2,77
6	2,84	1,76	3,34	2,64
7	2,82	1,65	2,84	2,44
8	0,84	3,23	0,45	1,51
9	0,56	3,78	0,87	1,74
10	1,36	3,67	0,61	1,88
11	1,76	2,54	0,45	1,58
12	0,81	2,78	0,81	1,47
13	1,98	1,56	1,38	1,64
14	2,86	3,53	2,45	2,95
15	2,82	3,87	0,03	0,33
16	2,91	3,67	0,05	1,66
17	2,47	3,84	0,45	1,33
18	1,65	3,56	0,10	1,77
19	1,82	3,43	0,11	0,78
20	0,98	3,21	3,25	2,48
21	0,76	3,59	3,12	2,49

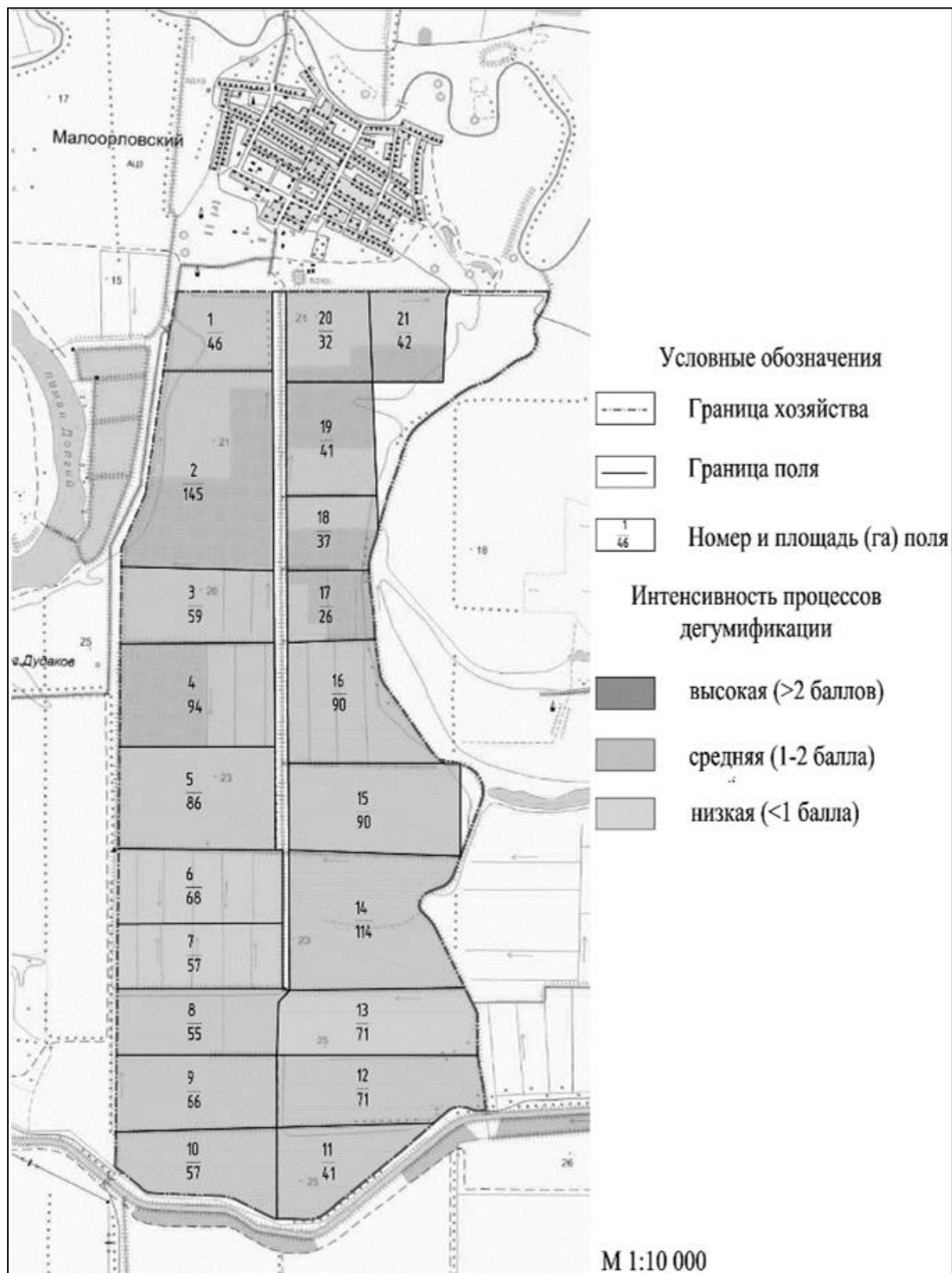
Анализ полученных полевых данных подтверждает то, что изменения диагностических показателей почвенного плодородия приурочены прежде всего к линейным формам проявления эрозии. Проведенные полевые исследования позволили выявить

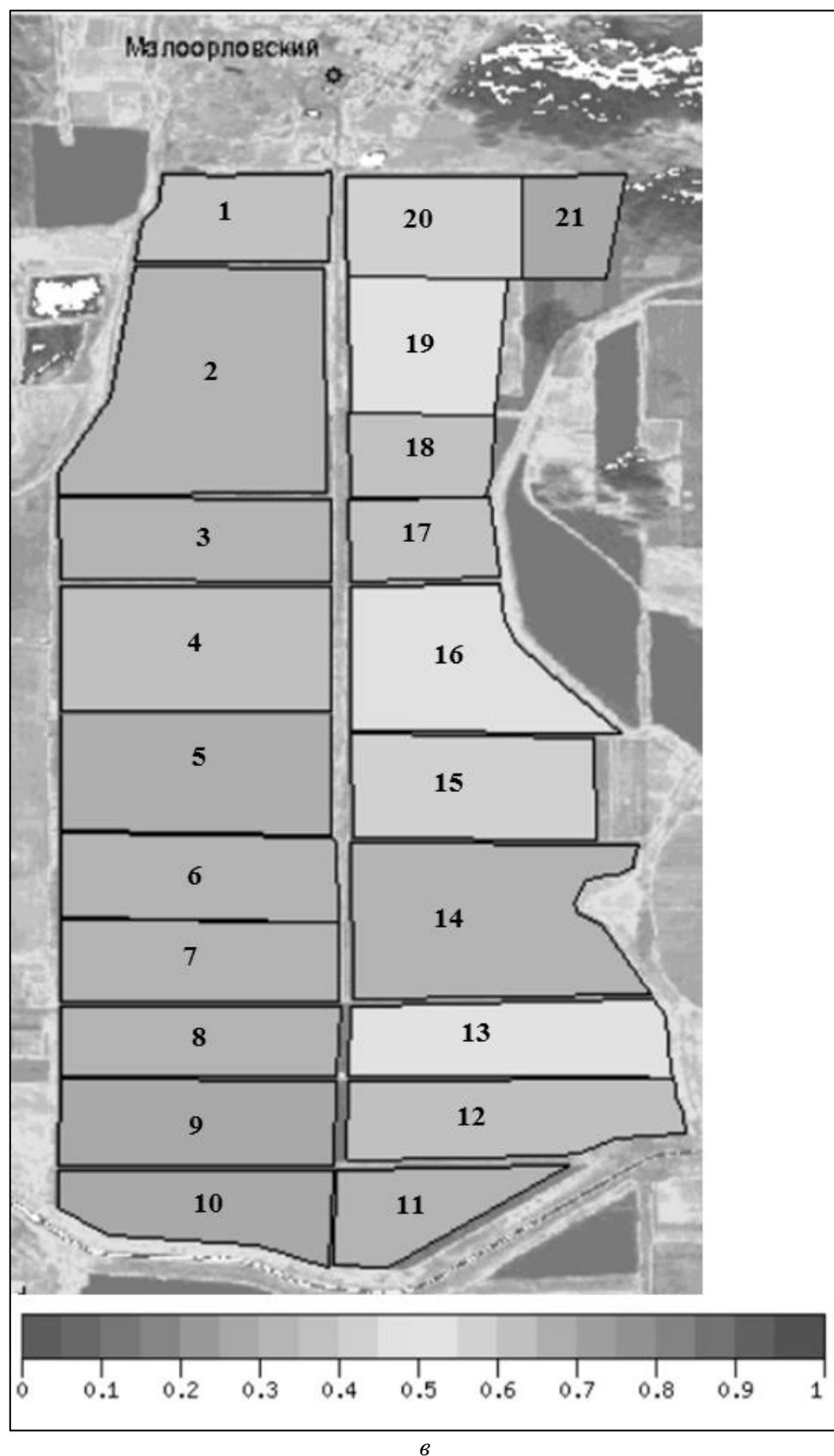
дешифровочные признаки процессов ирригационной эрозии на орошаемых полях. Эта информация позволяет по материалам космосъемки и их калибровки в пределах района исследований провести территориальную дифференциацию нарушенных земель и дать оценку развития деградационных процессов в рамках исходных территориальных единиц. Территориальная дифференциация, проведенная на основе этой классификации, позволяет выделить три интенсивности процессов деградации: низкая, средняя и высокая.

Комплексная оценка процессов деградации агроландшафта в районе исследований представлена на рисунке 1.



а





а – ирригационная эрозия; *б* – дегумификация;
в – ухудшение состояния посевов сельскохозяйственных культур

Рисунок 1 – Комплексная оценка процессов деградации агроландшафта

По результатам комплексной оценки процессов деградации предложены экспериментально-статистические зависимости, результаты расчетов по которым позволяют спрогнозировать негативные процессы и предложить необходимые мероприятия по восстановлению почвенного плодородия:

- для ирригационной эрозии:

$$B = -5,73 + 6,2 \cdot П - 0,156 \cdot \text{Вод} + 0,0747 \cdot C + 0,06 \cdot П \cdot \text{Вод} - 0,08 \cdot П \cdot C + 0,00133 \cdot \text{Вод} \cdot C;$$

- для дегумификации:

$$Г = 12,94 - 0,057 \cdot \text{Вод} - 1,9 \cdot B + 0,045 \cdot \text{Вод} \cdot B;$$

- для ухудшения состояния посевов сельскохозяйственных культур:

$$NDVI = 0,83 - 0,3 \cdot Г - 0,21 \cdot B + 0,2875 \cdot Г \cdot B,$$

где B – водопроницаемость, мм/мин;

$П$ – плотность почвы, т/м³;

Вод – водопрочность почвенных агрегатов, % (содержание агрегатов более 0,25 мм при мокром просеивании);

C – структурность почвы, % (содержание почвенных агрегатов 10–0,25 мм при сухом просеивании);

$Г$ – содержание гумуса, %;

$NDVI$ – вегетационный индекс.

Вся информация по показателям почвенного плодородия и состоянию сельскохозяйственных культур формируется в базу геоданных (рисунок 2).

Созданы следующие слои: границы хозяйства, границы полей, их номера и площади, степень интенсивности процессов деградации земель. В качестве подложки использовалась топографическая карта масштаба 1:50000, загруженная с SAS Planet. Интенсивность процессов деградации отображена с помощью следующих цветов: высокая (> 2 баллов) – темно-зеленый, средняя (1–2 балла) – зеленый, низкая (< 1 балла) – серо-розовый. Также в легенде с помощью круговых диаграмм в процентном соотношении отображены каждый из выделенных видов деградации земель для 21 поля. Информационной базой созданных слоев являлись атрибутивные таблицы усредненных данных диагностических показателей почвенного плодородия в слое почвы 0–20 см за 2008–2016 гг., полученные в результате полевых исследований. Все наборы данных создавались таким образом, чтобы обеспечить совместимость с другими ГИС. ГИС мониторинга содержит и сведения данных дистанционного зондирования (спутниковая информация Terra Modis – канал 1-620-670 нм и канал 2-841-876 нм, пространственное разрешение – 250 м, полоса обзора 2300 км и Landsat 7 ETM+). Данные Terra/Modis, использовались для построения временных профилей NDVI. Для анализа и мониторинга состояния сельскохозяйственных культур использованы материалы сервиса спутникового мониторинга «ВЕГА-Science». Для интерпретации спутниковой информации создана выборка из сцен космических снимков с безоблачными измерениями земной поверхности, с удовлетворительным радиометрическим качеством и при полном покрытии целевой территории, включая пространственное пересечение разновременных снимков. Главные достоинства такой базы геоданных – наглядность и информативность. Такой способ построения картографической информации позволяет быстро вывести на дисплей (печать) результаты сценарных расчетов в виде рекомендательных карт, позволяющих в дальнейшем принять решение о состоянии почвенного плодородия и прогнозе урожайности сельскохозяйственных культур.

Информация может пополняться, что дает возможность проследить динамику этих показателей во времени. Кроме того, появляется возможность провести агроэкологическую оценку земель по любому внесенному показателю. Таким образом, вся информация хранится в одной геоинформационной системе мониторинга. По мере необходимости можно просмотреть имеющиеся данные и отредактировать их.

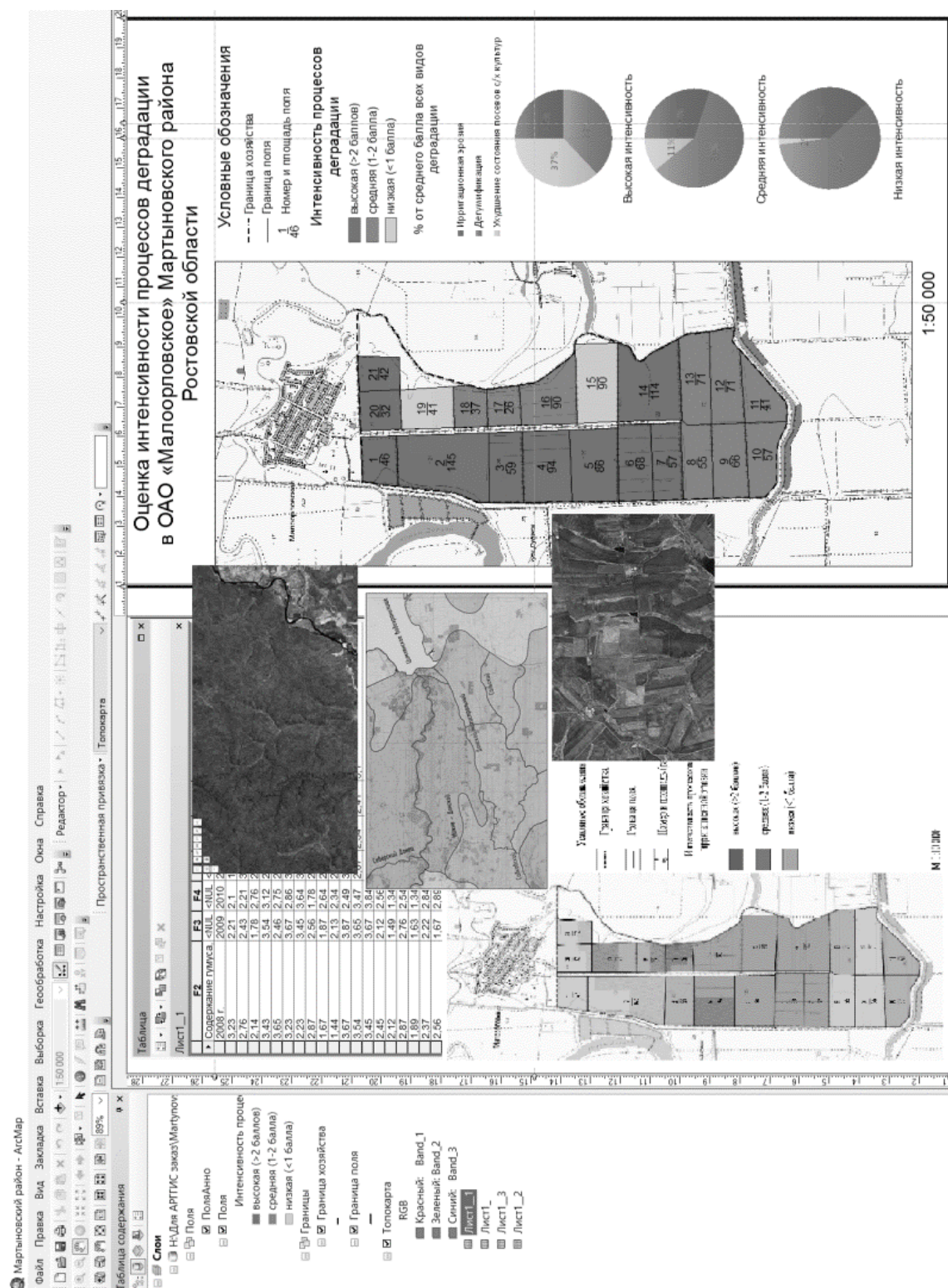


Рисунок 2 – Электронная база откалиброванных геоанных орошаемого агроландшафта Ростовской области

Вывод. Взаимосвязь «процессы ирригационного смыва – почвенные условия – состояние растительности – характер космоснимка» является объективным обоснованием использования космоснимков для оценки почвенного плодородия орошаемых земель и комплексного дешифрирования их с привлечением всех компонентов и использованием их количественных взаимосвязей. Предложенная технология оценки процессов деградации на основе данных дистанционного зондирования Земли и их калибровки позволяет оценить наметившиеся негативные изменения почвенного покрова и рекомендовать необходимые мероприятия по их устранению.

Список использованных источников

- 1 Щедрин, В. Н. Теория и практика альтернативных видов орошения черноземов юга Европейской территории России: монография / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 435 с.
- 2 Васильев, С. М. Ретроспективный анализ изменения почвенно-мелиоративных условий орошаемых почв юга Ростовской области / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2016. – № 3(43). – С. 17–24.
- 3 Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения юга России / В. Е. Зинченко [и др.] // Исследование Земли из космоса. – 2013. – № 3. – С. 33–44.
- 4 Васильев, С. М. Технология и организация мелиоративных работ: учеб. пособие / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко. – Новочеркасск: Лик, 2016. – 122 с.
- 5 Технология комплексной оценки фитомассы сельскохозяйственных культур по данным дистанционного зондирования Земли / Н. А. Калинин [и др.] // Вестник Удмуртского университета. – 2010. – Вып. 4. – С. 11–18.
- 6 Митчелл, Э. Руководство ESRI по ГИС-анализу. Т. 1. Географические закономерности и взаимодействия / Э. Митчелл: [пер. с англ.]. – М.: Дата+, 2001. – 254 с.
- 7 Потанин, В. Г. Становление и перспективы геоинформационных систем в сельском хозяйстве / В. Г. Потанин, А. Ф. Алейников // Вычислительные технологии. – 2016. – Т. 21, Специальный выпуск 1. – С. 82–93.
- 8 Методические указания по выбору комплекса мероприятий, сохраняющих и восстанавливающих почвенное плодородие земель при циклическом орошении / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Т. П. Андреева, А. В. Акопян; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2013. – 78 с. – Деп. в ВИНТИ 01.07.13, № 191-B2013.
- 9 Using satellite based soil moisture to quantify the water driven variability in NDVI: A case study over mainland Australia / T. Chen, R. A. M. de Jeu, Y. Y. Liu, G. R. van der Werf, A. J. Dolman // Remote Sensing of Environment. – 2014. – Vol. 140. – P. 330–338.
- 10 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- 11 Васильев, С. М. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 4. – С. 12–13.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 626/627

Э. Ж. Махмудов, Д. Т. Палуанов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем
при Ташкентском институте ирригации и механизации сельского хозяйства,
Ташкент, Республика Узбекистан

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА БЕЗОПАСНОСТИ КРУПНЫХ И ОСОБО ВАЖНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Целью исследований является анализ действующих нормативно-правовых документов Республики Узбекистан в области мониторинга безопасности крупных и особо важных водохозяйственных гидротехнических сооружений, а также расчет напряженно-деформированного состояния плотины (на неоднородном основании) на основе сейсмометрического метода, позволяющего определять места деформации тела и (или) основания гидротехнического сооружения.

Ключевые слова: мониторинг, безопасность, надежность, устойчивость, водохозяйственный объект, гидротехнические сооружения, водохранилище, контрольно-измерительная аппаратура, сейсмометрический метод, напряженно-деформированное состояние.

E. Zh. Makhmudov, D. T. Paluanov

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems at Tashkent Institute of
Irrigation and Agricultural Mechanization, Tashkent, Republic of Uzbekistan

ORGANIZATION OF SAFETY MONITORING OF LARGE AND ESPECIALLY IMPORTANT WATER MANAGEMENT OBJECTS

The purpose of research is to analyze the existing regulatory and legal documents of the Republic of Uzbekistan in the field of safety monitoring of large and especially important water management objects as well as the calculation of stress-strain state of a dam (on an inhomogeneous basis) based on a seismometric method that allows to determine the deformation sites of the body and (or) foundation of hydraulic structures.

Key words: monitoring, safety, reliability, stability, water management objects, hydraulic structures, reservoir, control and measuring equipment, seismometric method, stress-strain state.

В процессе развития экономики в странах региона Центральной Азии, особенно в Республике Узбекистан, построены крупные гидротехнические сооружения (ГТС), в том числе большое количество русловых и наливных водохранилищ комплексного назначения. По данным Минсельводхоза РУз, в настоящее время в республике находятся в эксплуатации 54 водохранилища, из них 26 расположены в поймах рек и являются русловыми, 28 наливные, для создания которых использованы естественные понижения местности, и вода для их наполнения поступает от водоисточников по подводящим каналам самотеком или с помощью машинного водоподъема. Кроме того, на территории республики функционируют более 270 крупных особо важных водноэнергетических объектов. В их составе имеются крупные ГТС, от надежности и безопасности которых во многом зависит устойчивое развитие страны, безопасность населения и объектов

инфраструктуры в зоне их влияния. В связи с этим вопрос безопасной и надежной их эксплуатации приобретает особую актуальность.

Принятый в 1999 г. Закон Республики Узбекистан «О безопасности гидротехнических сооружений» [1] определил важные задачи, которые регулируют отношения по обеспечению безопасности ГТС, возникающие при осуществлении связанной с их проектированием, строительством и эксплуатацией деятельности. Главная цель закона – обеспечение защиты жизни, здоровья и имущества граждан, а также имущества предприятий, предотвращение разрушений зданий и сооружений, опасных изменений уровня подземных вод и иного вреда в результате аварий ГТС. Поэтому действие закона распространяется на все ГТС, аварии на которых могут создать чрезвычайные ситуации, сопровождающиеся угрозой жизни и здоровью людей, нарушением условий их труда и жизнедеятельности.

Важнейшим вопросом в обеспечении безопасности ГТС является разработка и внедрение механизма мониторинга их технического состояния [2].

Основные задачи мониторинга включают в себя:

- натурные наблюдения за техническим состоянием и надежностью ГТС и их диагностики;
- выявление перечня рисков, которые могут привести к разрушению отдельных элементов напорных сооружений или в целом плотин;
- составление кадастров ГТС;
- корректировку критериальных значений безопасного состояния плотин с учетом длительности эксплуатационного периода.

Основные проблемы в организации мониторинга состояния ГТС следующие:

- низкий уровень обеспечения современными средствами КИА. На эксплуатируемых ГТС в основном отсутствует КИА или имеется частично. Полностью оснащены КИА лишь единицы ГТС; существующая КИА в значительной мере физически износилась, по некоторым видам наблюдений морально устарела, частично вышла из строя;
- недостаточно регулярно проводятся профилактические мероприятия по поддержанию работоспособности и ремонту КИА;
- не соблюдаются правила эксплуатации ГТС и отсутствует информационно-аналитический материал, показывающий весь цикл эксплуатации ГТС;
- на отдельных ГТС отсутствуют правила эксплуатации, кроме того, нерегулярно ведутся журналы наблюдений, предусмотренные правилами эксплуатации, измерения показателей КИА осуществляются нерегулярно, неквалифицированным персоналом.

Государственный надзор за безопасностью конкретного ГТС или комплекса ГТС осуществляется на основании декларации безопасности этого ГТС или их комплекса. Закон определил декларацию безопасности в качестве основного документа, в котором обосновывается безопасность ГТС.

Основные требования к организации разработки декларации безопасности, ее содержанию и порядку осуществления ее государственной экспертизы и утверждения органом надзора регулируются статьями закона и положением о декларировании безопасности ГТС [3].

Декларация безопасности ГТС является документом, в котором обосновывается их безопасность, устанавливается их соответствие критериям безопасности, проекту, действующим строительным нормам и правилам, а также определяется характер и масштаб возможных аварийных ситуаций и указаны меры по обеспечению их безопасной эксплуатации с учетом класса сооружения.

Декларация должна отвечать следующим требованиям: полнота и достоверность представляемой информации; всестороннее и полное выявление опасностей и сценариев повреждений; обоснованность применяемых подходов к анализу опасностей и риска

и методов такого анализа; полнота и достоверность выполненных расчетов по анализу опасностей, всесторонний полный учет всех факторов, влияющих на результаты расчетов; достаточность планируемых мер безопасности и их соответствие положениям действующих нормативных и правовых документов.

Декларация безопасности эксплуатируемых ГТС представляется в орган надзора республики не реже 1 раза в 5 лет, а также по решению органа надзора в следующих случаях:

- при возникновении опасности снижения уровня надежности сооружения, ухудшении условий предотвращения чрезвычайных ситуаций – в течение 3 месяцев с момента обнаружения опасности;

- при изменении действующих требований (норм и правил) в области безопасности, локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций – в срок не позднее 6 месяцев после введения в действие соответствующих нормативных актов;

- после реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации ГТС – до приемки соответствующих строительно-монтажных работ.

ГТС проектируются, исходя, как правило, из требований комплексного использования водных ресурсов, схем использования водотоков, с учетом данных и положений, содержащихся в государственных, региональных и отраслевых программах совершенствования структуры хозяйства, развития и размещения производственных сил и промышленных объектов, градостроительной документации и иных обязательных для использования материалов [4].

Типы сооружений, их параметры и компоновку следует выбирать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов и с учетом:

- функционального назначения сооружений;
- места возведения сооружений, природных условий района (топографических, гидрологических, климатических, инженерно-геологических, гидрогеологических, гео-криологических, сейсмических, биологических и др.);

- условий и методов производства работ, наличия трудовых ресурсов;
- развития и размещения отраслей хозяйства, в том числе развития энергопотребления, изменения и развития транспортных потоков и роста грузооборота, развития объектов орошения и осушения, обводнения, водоснабжения;

- водохозяйственного прогноза изменения гидрологического, в том числе ледового и термического, режима рек в верхнем и нижнем бьефах;

- заиления и переформирования русла и берегов рек, водохранилищ и морей;
- затопления и подтопления территорий и расположенных на них зданий и сооружений;

- воздействия на окружающую среду;
- влияния строительства и эксплуатации объекта на социальные условия и здоровье населения;

- изменения условий и задач судоходства, лесосплава, рыбного хозяйства, водоснабжения и режима работы мелиоративных систем;

- установленного режима природопользования (сельхозугодья, заповедники и т. п.);
- условий быта и отдыха населения;

- мероприятий, обеспечивающих требуемое качество воды (подготовки воды водохранилища, соблюдения надлежащего санитарного режима в водоохранной зоне, ограничения поступления биогенных элементов (азотосодержащих веществ, фосфора и др.) с обеспечением их количества в воде не выше предельно допустимых концентраций (ПДК) и др.);

- условий постоянной и временной эксплуатации сооружений;

- требований экономного расходования основных строительных материалов;

- возможности разработки полезных ископаемых, местных строительных материалов и т. п.;

- обеспечения эстетических и архитектурных требований к сооружениям, расположенным на берегах водотоков, водоемов.

При проектировании ГТС следует обеспечивать и предусматривать:

- надежность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации;

- максимальную экономическую эффективность строительства;

- постоянный инструментальный и визуальный контроль за состоянием ГТС и вмещающего массива горных пород, а также природными и техногенными воздействиями на них;

- подготовку ложа водохранилища и хранилищ жидких отходов промышленных предприятий и прилегающей территории;

- охрану месторождений полезных ископаемых;

- необходимые условия судоходства;

- сохранность животного и растительного мира, в частности организацию рыбоохранных мероприятий;

- минимально необходимые расходы воды, благоприятный уровенный и скоростной режимы в бьефах с учетом интересов водопотребителей и водопользователей, а также благоприятный режим уровня грунтовых вод для освоенных земель и природных экосистем;

- инженерную защиту ценных сельскохозяйственных земель.

При проектировании ГТС на скальных грунтах и внутри скального массива необходимо учитывать структуру скального массива, его обводненность, газоносность и естественное напряженное состояние.

При разработке проекта ГТС следует руководствоваться действующим законодательством о безопасности ГТС и нормативными требованиями, направленными на обеспечение их безопасности. В составе проекта ГТС следует разрабатывать специальный проект натурных наблюдений за их работой и состоянием как в процессе строительства, так и при эксплуатации для своевременного выявления дефектов и неблагоприятных процессов.

В соответствии с нормативными документами, принятыми в Республике Узбекистан, все ГТС, особенно плотины, исследуются на устойчивость и прочность. Для плотин основными нагрузками, при воздействии которых сооружения должны сохранять свою устойчивость и прочность, являются вес конструкции, гидростатическое давление воды и динамические воздействия, возникающие при сейсмических колебаниях.

При расчете устойчивости и прочностных показателей эксплуатируемых плотин возникает необходимость определения напряжено-деформированного состояния их тела и основания. В настоящее время существуют различные методы, тем не менее в последнее время в Узбекистане используется сейсмометрический метод, с помощью которого определяются деформации в теле и основании плотин при проведении мониторинга безопасности сооружений. Примером служат исследования, проведенные сотрудниками института совместно с учеными Института механики и сейсмостойкости АН РУз на некоторых крупных ГТС на территории Узбекистана.

Произведен расчет напряженно-деформированного состояния плотины под воздействием статических и динамических нагрузок (рисунки 1–3).

Используемый при проведении исследований сейсмометрический метод одобрен многими учеными, так как прост в использовании и имеет высокую точность с учетом физических параметров существующих ГТС.

На основе использования сейсмометрического метода можно определять места деформации тела и основания ГТС как особо важных водохозяйственных объектов, осуществляя тем самым мониторинг их безопасного и надежного состояния.

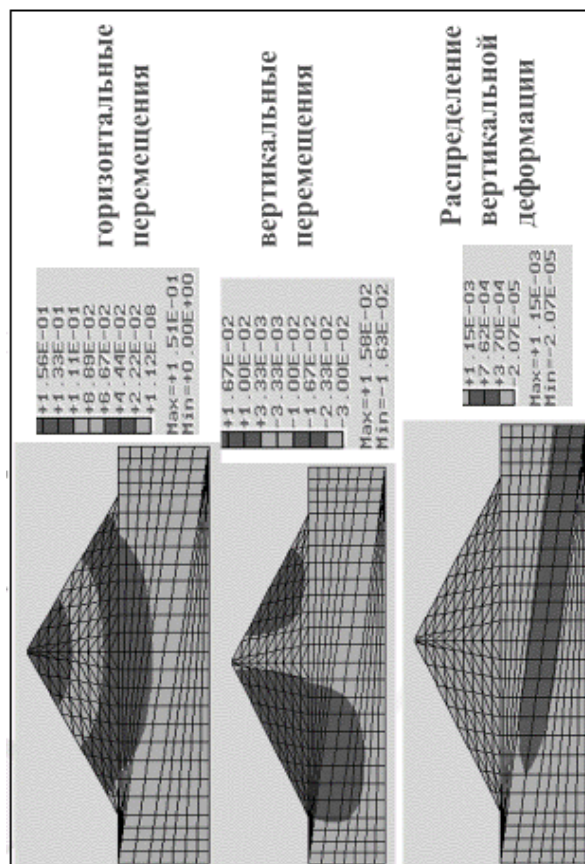


Рисунок 1 – Расчет напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины под воздействием статических нагрузок

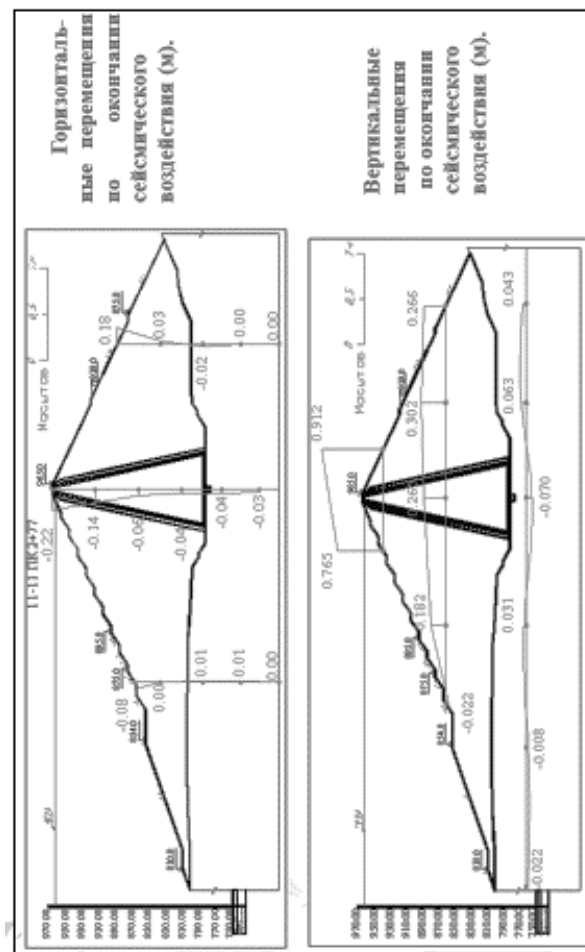


Рисунок 2 – Метод идентификации сейсмической устойчивости высотной грунтовой плотины

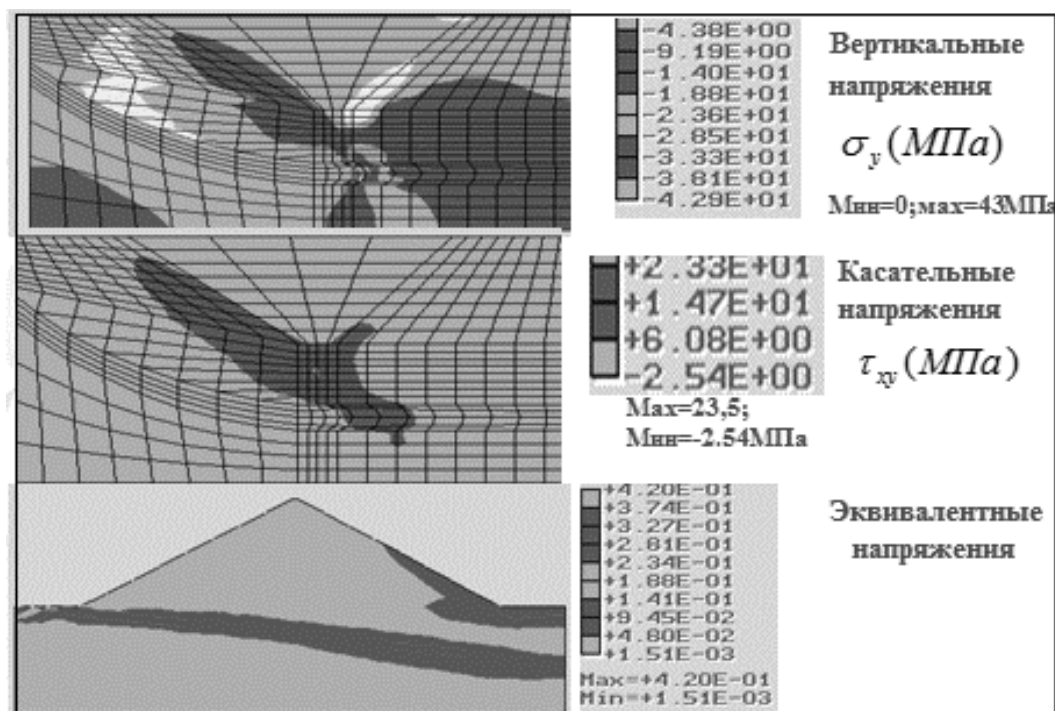


Рисунок 3 – Распределение компонента напряженного состояния в плотине на неоднородном основании

Список использованных источников

1 О безопасности гидротехнических сооружений: Закон Республики Узбекистан от 20 августа 1999 г. № 826-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uz.dene-metr.com/docs/644/index-10924.html>, 2017.

2 О мерах по повышению безопасности работы и надежности эксплуатации крупных и особо важных водохозяйственных объектов на период 1999–2005 годы: Постановление Кабинета министров Республики Узбекистан от 20 августа 1999 г. № 398 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nrm.uz/contentf?doc=31817_postanovlenie_kabineta_ministrov_respubliki_uzbekistan_ot_20_08_1999_g_n_398_o_merakh_po_povysheniyu_bezopasnosti_raboty_i_nadejnosti_ekspluatatsii_krupnyh_i_osobo_vajnyh_vodohozyaystvennyh_obektov_na_period_1999-2005_gody, 2017.

3 О мерах по реализации Закона Республики Узбекистан «О безопасности гидротехнических сооружений»: Постановление Кабинета министров Республики Узбекистан от 16 ноября 1999 г. № 499 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nrm.uz/contentf?doc=20729_postanovlenie_kabineta_ministrov_respubliki_uzbekistan_ot_16_11_1999_g_n_499_o_merakh_po_realizatsii_zakona_respubliki_uzbekistan_o_bezopasnosti_gidrotehnicheskikh_soorujeniy, 2017.

4 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования: КМК 2.06.01-97: утв. Приказом Госархитектстроя РУз 13.03.97 № 17. – Взамен СНиП 2.06.01-86: введ. в действие с 01.08.97. – Ташкент, 1997. – 57 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.67.03

М. Р. Барамыков

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОГО СТОКА

В данной статье рассматривается возможность применения акустических приборов типа acoustic Doppler current profiler (ADCP) для определения мутности воды и, соответственно, вычисления твердого стока. Описываются достоинства и недостатки этих приборов в различных исполнениях по способу монтажа и проведения измерений. Основываясь на возможности таких приборов измерять отношение сигнал/шум (signal-to-noise ratio – SNR), можно использовать их для определения мутности потока. Различным исследователям за последние 20 лет удалось определить существование зависимости между значением SNR и мутностью воды. Однако из-за влияния характеристик ультразвука и взвешенных частиц на результаты измерений требуется определять такую зависимость для каждого объекта исследований в отдельности. Использование ADCP для определения мутности потока позволит оценить сток взвешенных наносов и, как следствие, общий расход стока.

Ключевые слова: acoustic Doppler current profiler, signal-to-noise ratio, измерение скорости потока, отношение сигнал/шум, мутность, взвешенные наносы, оросительная система.

M. R. Baramykov

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow,
Russian Federation

ACOUSTIC DEVICES USAGE FOR DETERMINING SEDIMENT RUNOFF

The possibility of using acoustic devices such as acoustic Doppler current profiler (ADCP) to determine water turbidity and hence the calculation of sediment runoff is discussed in the article. The advantages and disadvantages of these devices in various designs by installation manner and measuring are described. Based on the ability of such devices to measure the signal-to-noise ratio (SNR), they can be used to determine the turbidity of the flow. Various researchers over the past 20 years have been able to determine the relationship between the SNR ratio and water turbidity. However, due to the influence of the ultrasound and suspended particles characteristics on the results of measurements, it is required to determine this dependence for each object of research in isolation. Using ADCP for determining the turbidity of the flow will allow estimating the suspended sediments runoff and, as a consequence, the total runoff rate.

Key words: acoustic Doppler current profiler, signal-to-noise ratio, flow velocity measurement, signal-to-noise ratio, turbidity, suspended sediment, sprinkler system.

Введение. В целях орошения посевных площадей сельскохозяйственных угодий используются различные водоисточники – реки, озера, водохранилища и т. д. Вода из этих источников содержит некоторое количество различных наносов. Характеристи-

кой, отражающей количественное содержание наносов в воде, является мутность, которая определяется как отношение количества наносов к общему объему воды и измеряется в граммах на кубический метр [1]. Определение мутности потока необходимо в т. ч. для соблюдения требований к качеству поливной воды, что обуславливает наличие или отсутствие соответствующих сооружений при проектировании оросительных систем. Установление значений данной величины также необходимо для сохранения пропускной способности каналов, полезного объема водохранилищ, уменьшения износа оборудования и т. д.

Мутность речных вод значительно меняется по живому сечению потока, по его длине и во времени. Как правило, мутность возрастает от поверхности ко дну. Это увеличение мутности происходит главным образом за счет крупных фракций наносов, увеличивающихся ко дну. Мелкие же фракции (менее 0,01 мм) обычно распределяются довольно равномерно по глубине потока [2]. По этой причине чем больше в составе наносов крупных фракций, тем менее равномерно они распределены по глубине. Еще более сложный характер носит распределение наносов по ширине реки. Оно сильно меняется в зависимости от направления течения, местных размывов русла и берегов, впадения притоков, несущих большее или меньшее количество наносов, чем главная река. Также формирование наносов рек зависит и от зональных факторов. На равнинах мутность речных вод наименьшая в лесной зоне (в тайге – до 20 г/м³), а наибольшая – в степной (500–1000 г/м³). В предгорных районах реки отличаются более высокой мутностью (2500–5000 г/м³) [3].

Материал и методы. Наряду с традиционным способом измерения скоростей потока в реках и каналах с помощью гидрометрических вертушек в последнее время широкое распространение получил метод измерения скорости потока ультразвуковыми приборами, работа которых основана на эффекте Доплера [4]. Принцип работы таких приборов заключается в том, что акустический сигнал с определенной частотой посылается излучателем в поток. Отражаясь от взвешенных частиц, движущихся в потоке, сигнал возвращается к излучателю, перешедшему в режим приемника, с измененной частотой. В зависимости от того, приближаются частицы к излучателю или отдаляются от него, частота сигнала будет увеличиваться или уменьшаться соответственно, а длина волны – наоборот. Зная скорость распространения звуковой волны в воде с определенной температурой, из полученных данных вычисляют скорость движения частиц в потоке, предполагая, что собственная скорость частиц соответствует скорости потока в данной области его поперечного сечения. По мере прохождения сигнала его энергия убывает по причине поглощения, рассеяния и т. п., в большей степени благодаря наличию наносов в потоке.

Одной из величин, определяемых acoustic Doppler current profiler (ADCP), является отношение сигнал/шум (signal-to-noise ratio – SNR), которое служит мерой силы отраженного акустического сигнала относительно уровня окружающего шума и измеряется в децибелах. Низкое значение SNR указывает на отсутствие твердых частиц в потоке, поэтому для наилучших рабочих условий значение SNR должно быть более 10 дБ. Так как подобные приборы производятся с несколькими излучателями (от 3 и более), то для оценки качества полученных данных используют сравнение измерений по всем излучателям. Работы по определению зависимости между SNR и концентрацией взвешенных наносов ведутся на протяжении 20 лет. За это время было установлено наличие данной зависимости, но на ее вид влияют конкретные условия [5].

Приборы ADCP используются для измерения скоростей и определения расходов воды, в т. ч. и в каналах оросительных систем. По данным SNR параллельно можно оценить мутность того же потока. Так как твердый сток в основном определяется объемом взвешенных наносов, значения указанных величин дадут возможность оценить объем твердого стока.

Для проведения измерений на каналах существуют три основных способа установки приборов ADCP со своими достоинствами и недостатками (таблица 1).

Таблица 1 – Достоинства и недостатки основных способов установки приборов ADCP

Достоинство	Недостаток
1 На передвижной плавающей платформе	
Не зависит от геометрии канала	Постоянное участие специалистов
Не зависит от изменения уровня воды	Отсутствие постоянных измерений
Мобильность, большая детализация	Меньшая точность позиционирования
Одновременная съемка поверхности дна	Затраты времени на подготовку к работе
2 На боковой стенке канала	
Не требует специалистов при измерениях	Крепление зависит от формы канала
Постоянные измерения	Может потребоваться второй прибор
Высокая точность позиционирования	Качество измерений зависит от места установки и изменения уровня воды
Не требуется время на подготовку	Отсутствие точной формы дна
3 На дне канала	
Отсутствие специалистов при измерениях	Крепление зависит от формы канала
Постоянные измерения	Возможно заиливание
Высокая точность позиционирования	Качество измерений зависит от места установки
Не требуется время на подготовку	Отсутствие точной формы дна

Первый способ установки является мобильным, остальные два – стационарными. Они могут использоваться в зависимости от формы поперечного сечения канала, величины заиливания, необходимости непрерывных измерений и т. д.

В первом способе прибор устанавливается на плавающую платформу с GPS-приемником (рисунок 1). Все данные записываются во внутреннюю память прибора, однако могут передаваться на другое устройство при оснащении соответствующим передатчиком. Эта платформа передвигается с помощью мотора с дистанционным управлением или перетягивается вручную поперек русла. За это время прибор измеряет численное значение скорости, а также составляющие скорости по осям, глубину, пройденное расстояние, а GPS-приемник фиксирует координаты прибора. Данный способ требует участия специалиста при проведении измерений, не позволяет проводить измерения постоянно, но зато дает возможность провести измерения по большей части поперечного сечения русла. Регулируя скорость движения, можно изменять количество измерений на определенных участках русла.

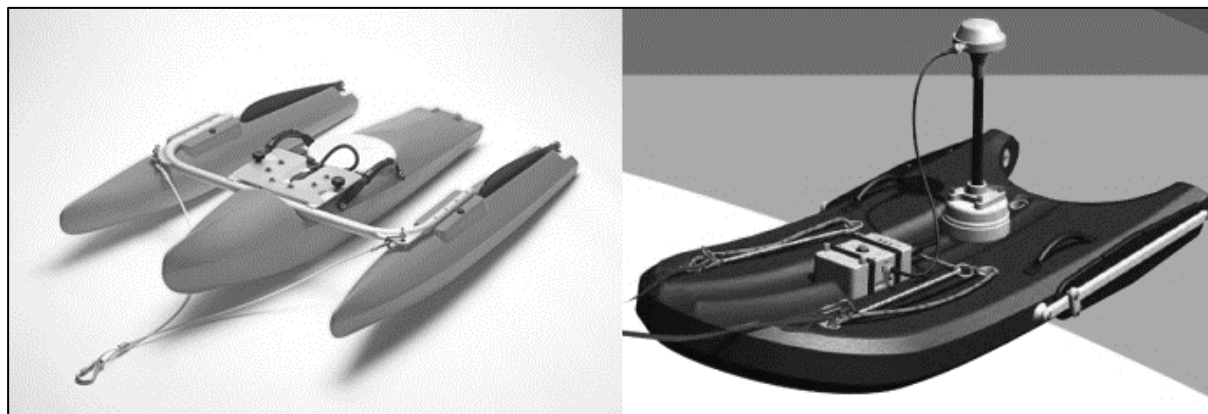
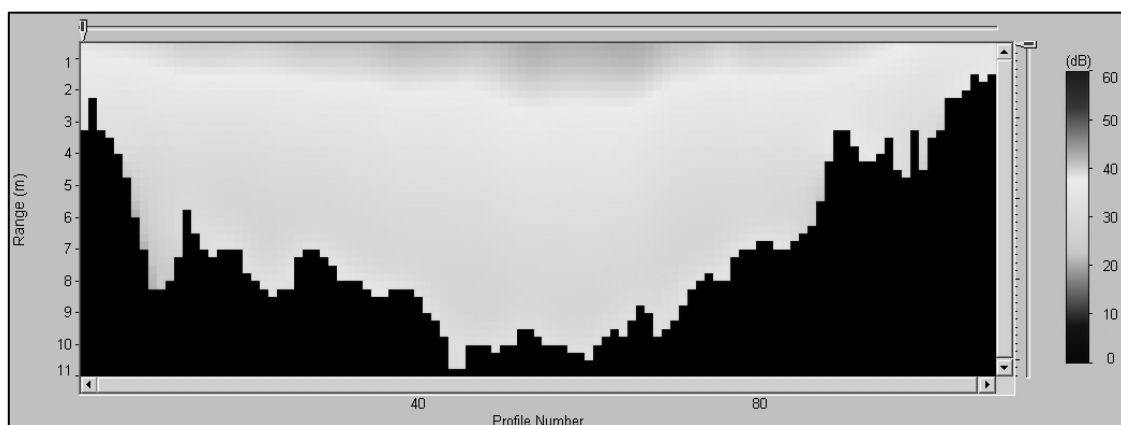


Рисунок 1 – Способ установки ADCP на передвижном борту

Данные ADCP (при первом способе) представляются в виде набора вертикалей (профилей), разделенных на ячейки с измеренными данными. Ширина вертикали зависит от скорости судна и времени осреднения данных. Высота ячеек определяется специалистом и устанавливается в настройках прибора. На рисунке 2 представлен пример отображения данных SNR после предварительной обработки.



**Рисунок 2 – Пример отображения данных SNR
(по поперечному сечению русла реки)**

При втором и третьем способах прибор устанавливается стационарно (рисунок 3). Такие способы установки прибора позволяют получать данные непрерывно и без непосредственного участия специалиста. Однако невозможность перемещения таких приборов ограничивает зону измерений, поэтому важным является выбор места их установки. Для прибора с креплением на боковой стенке существенным является изменение уровня воды, что можно преодолеть установкой нескольких приборов на разной глубине, а для неперпендикулярных стенок канала потребуются дополнительные конструкции для монтажа прибора. Для прибора с донной установкой существенным недостатком в работе может быть оседание частиц на излучателях.

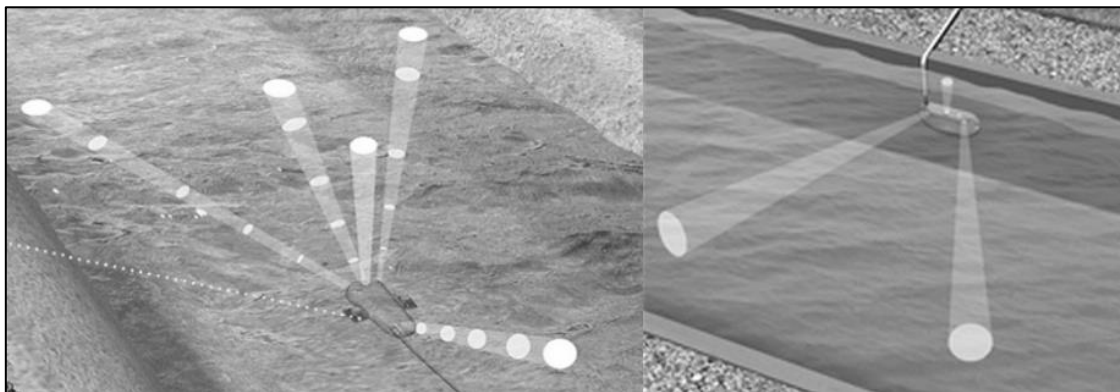


Рисунок 3 – Способы установки ADCP на дне и на боковой стенке канала

Одним из основных свойств излучаемого сигнала является его частота. Важность данной характеристики обусловлена тем, что акустические сигналы имеют разную чувствительность к размеру частиц. Каждой частоте соответствует определенный размер частиц, для которых она обладает максимальной чувствительностью. Таким образом, наилучшего результата можно достичь при использовании прибора с такой частотой излучаемого сигнала, которая соответствует диаметру частиц, составляющих основной объем взвешенных наносов в условиях исследуемого потока.

Результаты и обсуждение. Так как приборы ADCP все больше используются в водопроводящей сети оросительных систем для определения расхода воды, данные, получаемые такими приборами, можно было бы использовать для оценки мутности по-

ступающей воды, а в совокупности с данными о расходе воды – оценить объем взвешенных наносов, поступающих в оросительную систему. На основании указанных ранее достоинств и недостатков таких приборов можно рекомендовать первый способ крепления и соответствующую ему конструкцию прибора, так как приоритетной является достоверность измеренных и вычисленных в дальнейшем значений.

Очевидным плюсом использования ADCP является синхронность производимых измерений скоростей и SNR и, как следствие, определения расходов жидкого и твердого стока, т. е. с помощью одного прибора можно определить жидкий и твердый сток, поступающий в оросительную систему.

Из минусов можно отметить отсутствие единой формулы, отражающей зависимость между значением SNR и мутностью, что требует определения такой зависимости в каждом конкретном случае. К тому же ПО, поставляемое с приборами, не имеет инструментария для вычисления твердого стока.

В перспективе можно предусмотреть создание специального ПО, посредством которого может производиться накопление измеренных данных и вычисление итоговых значений, а также оповещение соответствующих служб при достижении или превышении пороговых значений отслеживаемых величин, что расширит возможности применения такого типа приборов. Метод может найти применение при мониторинге жидкого и твердого стока в оросительной сети [6] и сложных водопроводящих системах [7].

Выводы. Несмотря на различные оговорки при использовании ADCP в качестве прибора для мониторинга жидкого и твердого стока, соблюдение необходимых условий, учет основных особенностей и доработка ПО позволят достичь требуемой точности определения значений мутности оросительной воды, а значит, использовать ADCP в качестве универсального прибора для определения жидкого и твердого стока.

Список использованных источников

1 Руководящий документ. Методические указания. Мутность воды. Методика выполнения измерений: РД 52.08.104-2002 [Электронный ресурс]: утв. Росгидрометом 28.12.01: введ. в действие с 01.07.02. – М., 2002. – Режим доступа: http://uristu.com/library/rd/rd_0656/.

2 Щербаков, А. О. Метод пофракционного расчета распределения наносов в русловом потоке / А. О. Щербаков, Г. Г. Ермаков // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 5–6. – С. 69–73.

3 Давыдов, Л. К. Общая гидрология: учебник / Л. К. Давыдов, А. А. Дмитриева, Н. Г. Конкина; под ред. А. Д. Добровольского, М. И. Львовича. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 461 с.

4 Барамыков, М. Р. К вопросу об определении расхода воды в открытых потоках / М. Р. Барамыков // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Москва, 29–30 марта 2016 г. – М., 2016. – С. 49–53.

5 Aydin, R. Estimation of suspended sediment concentration using acoustic methods: a Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Sciences of Izmir Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Civil Engineering / Aydin Ramazan. – Izmir, 2009. – 71 p.

6 Щербаков, А. О. Разработка новых способов регулирования твердого и жидкого стока на гидромелиоративных системах / А. О. Щербаков, С. С. Медведев // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: материалы юбилейн. междунар. науч. конф., г. Москва, 26–27 ноября 2014 г. – М.: Изд-во ВНИИА, 2014. – С. 255–263.

7 Совершенствование управления каскадом Волжских водохранилищ на основе гидродинамических моделей и ГИС-технологий / А. О. Щербаков, А. А. Талызов, И. С. Румянцев, С. И. Пручкин, А. Л. Бубер // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 2. – С. 8–12.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.11:631.559

В. В. Гамаюнова, И. В. Смирнова

Николаевский национальный аграрный университет, Николаев, Украина

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И ФОНА ПИТАНИЯ

В статье приведены результаты исследований основных элементов структуры урожая пшеницы озимой в зависимости от сорта и минерального питания. Установлено, что наибольшая урожайность сформировалась при внесении расчетной дозы удобрений, а самая низкая – в контроле без использования удобрений. Исследованиями по определению основных показателей структуры урожая выявлено, что под влиянием минеральных удобрений увеличивается как общее количество стеблей, так и количество продуктивных. С внесением удобрений N_{30} , N_{60} и $N_{16}P_{16}K_{16}$ и расчетной дозы у обоих исследуемых сортов пшеницы озимой коэффициент продуктивного кущения возрастал, увеличивалось количество колосков в колосе. В среднем за три года исследований оптимальные показатели структуры урожая пшеницы озимой и урожайность зерна сформировал сорт Кольчуга по фону внесения расчетной дозы удобрений.

Ключевые слова: пшеница озимая, сорта, урожайность, фон питания, расчетная доза, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен.

V. V. Gamayunova, I. V. Smirnova

Nikolaev National Agrarian University, Nikolaev, Ukraine

MAIN ELEMENTS OF WINTER WHEAT YIELD STRUCTURE DEPENDING ON VARIETY AND NUTRIENT STATUS

The article presents the results of studies of main elements of winter wheat yield structure depending on the variety and mineral nutrition. It was found out that the highest yield was formed when applying a calculated dose of fertilizers, and the lowest one was without using fertilizers. Studies on determining the main indicators of the yield structure revealed that both the total number of stems and the number of productive ones increase under the influence of mineral fertilizers. In both studied winter wheat varieties the coefficient of productive tillering increased, the number of spikelets in heads grew with the application of fertilizers N_{30} , N_{60} and $N_{16}P_{16}K_{16}$ and the estimated dose. On average, over three years of research, Kolchuga variety formed the optimum indicators of winter wheat yield structure and the yield of grain by applying calculated dose of fertilizers.

Key words: winter wheat, varieties, yield, nutrient status, calculated dose, productive tillering, thousand-kernel weight.

Введение. Удобрения являются одним из самых эффективных и быстродействующих факторов повышения урожайности пшеницы озимой и улучшения качества ее зерна. Значительное положительное влияние удобрений на продуктивность культуры объясняется тем, что в большинстве типов почв количество питательных веществ постепенно уменьшается, содержатся они в труднодоступных формах, а физиологическая активность корневой системы пшеницы озимой недостаточно высокая. Поэтому применение удобрений обеспечивает значительные прибавки урожая пшеницы практически на всех типах почв. Вместе с тем в последние годы применение удобрений суще-

ственно сократилось и продолжает уменьшаться вследствие высокой их стоимости и слабого экономического состояния хозяйств. В связи с этим вопросы оптимизации норм минеральных удобрений и их влияния на урожайность зерна сортов пшеницы озимой на сегодняшний день являются актуальными.

Рост и формирование урожая в посевах зерновых колосовых культур определяются его структурными элементами. К ним относятся густота стояния растений (количество продуктивных стеблей на 1 м²), количество зерен в колосе и масса 1000 семян. На формирование элементов структуры урожайности влияет множество факторов, в частности погодные условия года [1], биологические особенности сорта [2], уход за посевами, в том числе агротехнические мероприятия, к которым можно отнести минеральное питание растений, особенно азотное [3, 4].

Материал и методы. Экспериментальные исследования проводили в течение 2010–2013 гг. в Учебно-научно-практическом центре Николаевского НАУ. Объектом исследований были два сорта пшеницы озимой – Кольчуга и Донецкая 48. Технология их выращивания, за исключением исследуемых факторов, была общепринятой по существующим зональным рекомендациям для южной Степи Украины.

Почва опытного участка представлена черноземом южным, остаточно-слабосолонцеватым тяжелосуглинистым. Реакция почвенного раствора нейтральная (рН – 6,8). Количество гумуса в слое почвы 0–30 см составляет 3,3 %, подвижных форм элементов питания в пахотном слое в среднем содержалось: нитратов (по Грандваль-Ляжу) – 18 мг/кг, подвижного фосфора (по Мачигину) – 49 мг/кг, обменного калия (на пламенном фотометре) – 295 мг/кг. Площадь посевной делянки – 50 м², учетной – 26 м², повторность 4-кратная.

Сбор урожая проводили в фазу полной спелости зерна способом прямого скашивания комбайном Sampro-130. Урожайность зерна приводили к стандартной влажности [5]. В схему опыта были включены следующие факторы: фон питания (А) – без удобрений (контроль), N₃₀, N₆₀, N₁₆P₁₆K₁₆ и расчетная доза удобрений на уровень урожайности 3,0 т/га [6]; сорт пшеницы озимой (В) – Кольчуга и Донецкая 48.

Результаты и обсуждение. Наибольшей урожайность сформировалась при внесении расчетной дозы удобрений, а самой низкой – в контроле без использования удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна сортов пшеницы озимой в зависимости от минерального питания (среднее за 2011–2013 гг.)

Фон питания (фактор А)	Сорт (фактор В)					
	Кольчуга			Донецкая 48		
	урожай- ность, т/га	прирост к контролю		урожай- ность, т/га	прирост к контролю	
		т/га	%		т/га	%
Без удобрений	2,05	–	–	1,73	–	–
N ₃₀	2,61	0,56	27,3	2,35	0,62	35,8
N ₆₀	2,94	0,89	43,4	2,71	0,98	56,6
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2,57	0,52	25,4	2,37	0,64	37,0
Расчетная доза	3,40	1,35	65,9	3,14	1,41	81,5

Важная роль в эффективном использовании удобрений принадлежит сорту. Наши исследования показали, что как сорта, так и дозы удобрений неодинаково отразились на уровнях урожайности зерна пшеницы озимой. Так, в среднем по фонам питания урожайность пшеницы озимой сорта Кольчуга по сравнению с сортом Донецкая 48 сформирована выше на 0,25 т/га. Прирост урожайности зерна этого сорта к контролю при внесении удобрений N₃₀, N₆₀, N₁₆P₁₆K₁₆ и расчетной дозы, выраженный в процентах, составил соответственно 27,3; 43,4; 25,4 и 65,9 %.

Исследованиями по определению основных показателей структуры урожая

установлено, что под влиянием минеральных удобрений увеличивается как общее количество стеблей, так и число продуктивных стеблей (таблица 2).

Таблица 2 – Количество общих и продуктивных стеблей сортов пшеницы озимой в зависимости от минерального питания

В шт./м²

Фон питания (фактор А)	Сорт (фактор В)							
	Кольчуга				Донецкая 48			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Без удобрений	<u>507</u> 487	<u>336</u> 288	<u>485</u> 458	<u>443</u> 411	<u>492</u> 488	<u>312</u> 282	<u>465</u> 449	<u>423</u> 406
N ₃₀	<u>535</u> 501	<u>398</u> 314	<u>508</u> 481	<u>480</u> 432	<u>519</u> 495	<u>387</u> 309	<u>497</u> 473	<u>468</u> 426
N ₆₀	<u>592</u> 538	<u>421</u> 327	<u>544</u> 523	<u>519</u> 463	<u>583</u> 529	<u>367</u> 318	<u>530</u> 516	<u>493</u> 454
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	<u>571</u> 522	<u>415</u> 317	<u>528</u> 519	<u>505</u> 453	<u>560</u> 515	<u>365</u> 308	<u>515</u> 508	<u>480</u> 444
Расчетная доза	<u>603</u> 561	<u>437</u> 378	<u>569</u> 531	<u>536</u> 490	<u>595</u> 557	<u>391</u> 369	<u>557</u> 524	<u>514</u> 483
Примечание – В числителе – общее количество стеблей, в знаменателе – количество продуктивных стеблей.								

Наибольшими эти показатели в среднем за годы исследований формировались независимо от сорта в варианте применения расчетной дозы удобрений. Так, в этом варианте количество продуктивных стеблей у сорта Кольчуга превышало показатель варианта без удобрений на 19,2 %, а у сорта Донецкая 48 – на 19,0 %. Минеральные удобрения, внесенные в дозах N₃₀, N₆₀ и N₁₆P₁₆K₁₆, также положительно повлияли на количество сформированных растениями продуктивных стеблей: у сорта Кольчуга на период полной спелости зерна их насчитывалось соответственно 432; 463 и 453 шт./м², а у сорта Донецкая 48 – 426; 454 и 444 шт./м².

В формировании урожайности зерна пшеницы озимой большое значение имеет продуктивная кустистость, которая при изреженности посевов способна компенсировать густоту продуктивного стеблестоя. В наших исследованиях на интенсивность кущения в значительной мере влияли сорта и минеральные удобрения. В частности, несколько меньше продуктивных стеблей на одном растении в среднем за годы исследований формировали в варианте без удобрений растения сорта Донецкая 48 (меньше по сравнению с сортом Кольчуга на 3,4 %) (таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивная кустистость пшеницы озимой в зависимости от минерального питания и сорта

В шт./растение

Фон питания (фактор А)	Сорт (фактор В)							
	Кольчуга				Донецкая 48			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Без удобрений	1,64	1,25	1,50	1,46	1,58	1,21	1,43	1,41
N ₃₀	1,84	1,31	1,75	1,63	1,81	1,26	1,69	1,59
N ₆₀	1,92	1,65	1,81	1,79	1,88	1,60	1,78	1,75
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	1,88	1,48	1,79	1,72	1,85	1,44	1,73	1,67
Расчетная доза	2,02	1,72	1,87	1,87	1,97	1,68	1,84	1,83

С внесением удобрений N₃₀, N₆₀ и N₁₆P₁₆K₁₆ и расчетной дозы у обоих сортов коэффициент продуктивного кущения увеличивался. Так, количество продуктивных стеблей на одно растение в указанных вариантах превышало показатели растений

на неудобренных деланках соответственно по сорту Кольчуга на 11,7; 22,6; 17,8 и 28,1 %, а сорту Донецкая 48 – на 12,8; 24,1; 18,4 и 29,8 %.

При существующей закономерности продуктивность растений пшеницы озимой в целом не снижается, а растет за счет большего количества образованных продуктивных побегов, сформированных на основе эффективности кущения.

Согласно нашим исследованиям, элементы продуктивности пшеницы озимой также зависели от сорта и фона удобрения (таблица 4). В частности, в среднем за три года исследований у сорта Кольчуга длина колоса растений на неудобренных деланках была меньшей по сравнению с удобренными: при внесении N_{30} – на 0,9 см, N_{60} – на 1,8 см, $N_{16}P_{16}K_{16}$ – на 1,4 см, а расчетной дозы удобрений – на 2,1 см; у сорта Донецкая 48 этот показатель соответственно увеличился на 0,3; 0,8; 0,5 и 1,0 см.

Таблица 4 – Элементы производительности пшеницы озимой в зависимости от минерального питания

Фон питания (фактор А)	Сорт (фактор В)							
	Кольчуга				Донецкая 48			
	Длина колоса, см	Количество колосков, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Длина колоса, см	Количество колосков, шт.	Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г
2011 г.								
Без удобрений	8,2	12	27	0,90	6,5	11	26	0,84
N_{30}	9,2	14	28	0,95	6,8	13	27	0,90
N_{60}	10,3	15	29	1,12	7,4	14	28	1,05
$N_{16}P_{16}K_{16}$	9,8	14	28	1,03	6,9	13	27	0,99
Расчетная доза	10,8	15	30	1,23	7,5	14	29	1,16
2012 г.								
Без удобрений	6,6	11	24	0,77	6,1	10	23	0,75
N_{30}	7,2	13	25	0,90	6,4	12	24	0,86
N_{60}	7,8	14	26	1,06	6,8	13	25	0,98
$N_{16}P_{16}K_{16}$	7,5	13	25	0,96	6,6	12	24	0,95
Расчетная доза	7,9	14	26	1,13	7,1	13	25	1,12
2013 г.								
Без удобрений	8,0	12	26	0,86	6,2	11	25	0,86
N_{30}	9,1	14	27	0,92	6,6	13	26	0,97
N_{60}	10,1	15	28	1,08	7,0	14	28	1,11
$N_{16}P_{16}K_{16}$	9,6	14	27	1,01	6,8	13	27	1,01
Расчетная доза	10,5	15	29	1,19	7,3	14	28	1,19
Среднее за 2011–2013 гг.								
Без удобрений	7,6	12	26	0,84	6,3	11	25	0,82
N_{30}	8,5	14	27	0,92	6,6	13	26	0,91
N_{60}	9,4	15	28	1,09	7,1	14	27	1,05
$N_{16}P_{16}K_{16}$	9,0	14	27	1,00	6,8	13	26	0,98
Расчетная доза	9,7	15	28	1,18	7,3	14	27	1,16

Наибольшую длину колоса во все годы исследований формировали растения сорта Кольчуга по фону расчетной дозы удобрений. Так, по сравнению с контролем превышение этого показателя в 2011 г. составило 31,7 %, в 2012 г. – 19,7 %, а в 2013 г. – 31,3 %.

При применении минеральных удобрений у растений исследуемых сортов пшеницы озимой увеличивалось и количество колосков. Так, в среднем за годы исследований в вариантах применения расчетной дозы удобрений их количество по сравнению с контролем увеличилось у сорта Кольчуга на 25,0 %, а сорта Донецкая 48 – на 27,3 %.

При применении изучаемых доз удобрений большее количество колосков формировал сорт Кольчуга. Так, по фону внесения N_{30} , N_{60} , $N_{16}P_{16}K_{16}$ и расчетной дозы по сравнению с контролем количество колосков соответственно увеличилось на 16,7; 25,0; 16,7 и 25,0 %.

Фоны питания в определенной степени сказались и на количестве зерен в колосе изучаемых сортов пшеницы озимой. В среднем за три года исследований в колосе сорта Кольчуга в вариантах без удобрений насчитывали 26 зерен, у сорта Донецкая 48 – 25 шт.

Наибольшее количество зерен в колосе во все годы исследований формировал сорт Кольчуга при расчетной дозе удобрений (таблица 4).

Нами установлено, что в среднем за три года исследуемые сорта и фоны питания сказались на массе зерна с одного колоса. Так, внесение под пшеницу озимую сорта Кольчуга N_{30} , N_{60} , $N_{16}P_{16}K_{16}$ и расчетной дозы удобрений увеличивало массу зерна с колоса по сравнению с контролем на 9,5; 29,8; 19,1 и 40,5 % соответственно. У сорта Донецкая 48 указанный показатель структуры урожая формировался меньшим, однако превышал контроль на 11,0–41,5 %.

Выводы. В среднем за три года исследований оптимальные показатели структуры урожая озимой пшеницы и урожайность зерна формировал сорт Кольчуга по фону внесения расчетной дозы удобрений.

Список использованных источников

1 Вожегова, Р. А. Урожайность разных сортов пшеницы озимой в зависимости от сроков сева в условиях Южной Степи / Р. А. Вожегова, С. О. Заец, О. А. Коваленко // Вестник аграрной науки. – 2013. – № 11. – С. 26–29.

2 Черенков, А. В. Приемы выращивания зерновых и зернобобовых культур в севооборотах короткой ротации / А. В. Черенков, С. Ф. Кулик, Т. П. Артеменко // Бюллетень Института зернового хозяйства. – Днепропетровск, 2007. – № 31–32. – С. 159–163.

3 Штурм, Г. Все о фазах вегетации зерновых культур / Г. Штурм, Ф. А. Беккер // Агроном. – 2011. – № 2. – С. 50–55.

4 Жемела, Г. П. Агротехнические основы увеличения качества зерна / Г. П. Жемела, А. Г. Мусатов. – К.: Урожай, 1989. – 160 с.

5 Основы научных исследований в агрономии: учебник / В. О. Ещенко, П. Г. Копытко, П. В. Костогрыз, В. П. Опрышко; под ред. В. О. Ещенко. – Винница: ТД «Эдельвейс и К», 2014. – 332 с.

6 Гамаюнова, В. В. Определение доз удобрений под сельскохозяйственные культуры в условиях орошения / В. В. Гамаюнова, И. Д. Филиппев // Вестник аграрной науки. – 1997. – № 5. – С. 15–19.

УДК 330.322:631.155(476)

Ю. Н. Дуброва, Л. Е. Рыбалко, В. С. Баранов

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Целью исследования являлось изучение и анализ фактических производственных данных в агропромышленном комплексе Республики Беларусь. Проблема формирования сельских поселений актуальна и находится в формате постоянных задач, решаемых правительством. Достижение конкурентоспособности сельскохозяйственного произ-

водства требует обеспечения финансирования инноваций (инвестиции в новые технологии, воспроизводство и производство основных средств). Инвестиции в основной капитал в 2015 г. в сельское хозяйство составили 22816,8 млрд руб. в фактически действовавших ценах, что составило 10,9 % от общих инвестиций в народное хозяйство Республики Беларусь. Ключевой проблемой структурных преобразований в агропромышленном комплексе является финансовое оздоровление неплатежеспособных организаций.

Ключевые слова: агрогородок, инвестиции в сельское хозяйство, основной капитал, сельскохозяйственные производственные мощности.

Yu. N. Dubrova, L.Ye. Rybalko, V. S. Baranov

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus

EFFICIENCY OF INVESTMENT IN AGRICULTURAL INDUSTRY DEVELOPMENT IN THE REPUBLIC OF BELARUS

The aim of research was to study and analyze the actual production data in agro-industrial complex of the Republic of Belarus. The problem of rural settlements formation is relevant and it is in permanent tasks layout to be solved by the government. The achievement of agricultural production competitiveness requires the financing support of innovations (investment into new technologies, reproduction and production of fixed assets). Investments in fixed assets in agriculture in 2015 were 22816.8 billion rubles in actual effective prices, which amounted to 10.9 % of total investment into national economy of the Republic of Belarus. The key problem of structural transformations in agro-industrial complex is the financial recovery of insolvent organizations.

Keywords: agricultural settlement, investment into agriculture, fixed assets, agricultural production capacity.

В последние годы прослеживаются заметные изменения условий жизни сельского населения и формирования аграрного сектора страны. Связано это с последовательной реализацией основных целей развития агропромышленного комплекса (АПК) Беларуси согласно Государственной программе устойчивого развития села на 2011–2015 годы [1].

Основными целями программы являлось обеспечение устойчивого социально-экономического развития села и улучшение его демографической ситуации на основе повышения экономической эффективности АПК, доходов сельского населения, а также уровня социально-бытового и инженерного обустройства сельских населенных пунктов.

В результате выполнения мероприятий на протяжении 2011–2015 гг. были созданы агрогородки в количестве 1481 шт. Они представляют собой качественно новый тип сельских поселений, в которых условия жизни максимально приближены к городским [1].

В соответствии с Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы завершено развитие существующей и создание дополнительной социально гарантированной и инженерно-транспортной инфраструктуры 238 агрогородков [2].

Однако далеко не все вопросы решены в полной мере и требуется осуществление еще ряда мероприятий.

Одним из главных направлений стратегии развития экономики является определение конкурентного преимущества АПК перед другими товаропроизводителями, а также разработка программ развития отдельных отраслей и сфер использования ресурсов, направленных на реализацию этого преимущества. Необходимо определить, какие отрасли и сферы хозяйства выгоднее всего развивать с учетом имеющихся природных ресурсов, климата, характеристик рабочей силы, расположения по отношению к рынкам сбыта и других факторов.

Второе направление заключается в обеспечении предприятий конкурентоспо-

собных отраслей необходимой инфраструктурой и создании благоприятных условий для их деятельности. Важным направлением инфраструктурной поддержки приоритетных предприятий является развитие современных средств телекоммуникационной связи, которые с минимальными издержками дают большой объем деловой информации, сокращают расходы предприятий, обусловленные их удаленностью от рынков сбыта.

Немаловажным направлением является обеспечение финансирования инноваций (инвестиции в новые технологии, воспроизводство и производство основных средств) для экономической адаптации успешной стратегии экономического развития АПК.

Инвестиции в основной капитал в сельскохозяйственной отрасли представляют собой совокупность затрат, направляемых на приобретение, воспроизводство и создание новых основных средств. По технологической структуре инвестиции в основной капитал подразделяются на следующие виды работ и затрат: строительно-монтажные работы (включая работы по монтажу оборудования); затраты на приобретение машин, оборудования, транспортных средств, инструмента и инвентаря; прочие работы и затраты.

Инвестиции в основной капитал в 2015 г. в сельское хозяйство составили 22816,8 млрд руб. в фактически действовавших ценах, что составило 10,9 % от общих инвестиций в народное хозяйство Республики Беларусь. В структуре инвестиций произошло уменьшение инвестиций в сельское хозяйство с 17,8 % в 2010 г. до 10,9 % в 2015 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Инвестиции в основной капитал, направленные на развитие сельского хозяйства (в фактически действовавших ценах)

Год	Инвестиции в основной капитал				
	всего		в т. ч. в сельское хозяйство		
	млрд руб.	в % к итогу	млрд руб.	%	млрд долл.
2010	55380,8	100	9157,9	16,5	3,052
2011	98664,9		11651,2	11,8	1,395
2012	154442,4		22863,1	14,8	2,667
2013	209574,6		27280,9	13,0	2,871
2014	225269,7		20472,9	9,1	1,734
2015	210289,6		21259,6	10,1	1,146
Курс американского доллара к белорусскому рублю принимался на конец года [3].					

В последние годы в Республике Беларусь осуществлен ряд крупномасштабных мер по модернизации материально-технической базы в области животноводства, укрупнению производства на основе кооперации и интеграции, совершенствованию государственного регулирования производства продукции животноводства.

В настоящее время в результате проведенной в республике работы по специализации отраслей птицеводства и свиноводства, выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота и производству молока объемы производства мяса птицы и яиц на предприятиях промышленного типа составляют 100 %, свинины в комплексах по выращиванию и откорму свиней – 85 %, говядины в комплексах по выращиванию и откорму крупного рогатого скота – 15 %. В молочном скотоводстве с 2010 по 2015 г. на современные технологии производства молока переведено 1295, или около 40 %, имеющихся молочно-товарных ферм (таблица 2).

В структуре введенных в эксплуатацию зданий нежилого назначения (в процентах к итогу) сельскохозяйственные производственные мощности в 2010 г. занимали 49,3 %, в 2014 г. – 34,6 %.

Наращивание в республике мощностей перерабатывающих организаций обусловило необходимость увеличения объемов производства технических сельскохозяйственных растений организациями, осуществляющими деятельность в области сельского хозяйства.

Таблица 2 – Ввод в эксплуатацию производственных мощностей за счет возведения и реконструкции действующих сельскохозяйственных организаций

Ввод в эксплуатацию производственных мощностей	Год					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1 Помещения для содержания (включая комплексы), тыс. мест: крупного рогатого скота свиней	113,3 43,1	92,1 75,1	160,6 63,0	125,6 31,9	84,7 82,9	68,1 206,5
2 Птицефабрики мясного направления, млн голов яичного направления, тыс. кур-несушек	0,3 61,2	7,27 15,0	10,67 24,0	4,94 –	3,6 –	– 105,0
3 Молочно-товарных ферм, шт.	95	68	609	350	100	73

В 2011–2015 гг. в целях обеспечения населения республики качественной плодовоовощной продукцией и картофелем производство последнего в общественном секторе увеличено на 44 %, овощей – на 27 %, плодов и ягод – на 56 %, посажено 7,7 тыс. га плодово-ягодных культур, расширен ассортимент выращиваемых овощей и плодово-ягодной продукции (более 40 наименований), емкости картофелехранилищ увеличены на 456 тыс. т, овощехранилищ – на 26 тыс. т, плодохранилищ – на 40,5 тыс. т. С 2010 по 2015 г. были построены и введены в эксплуатацию хранилища для картофеля, овощей и фруктов для единовременного хранения 485 тыс. т [4].

В настоящее время в республике производство ценных видов рыб осуществляется десятью индустриальными рыбоводными комплексами, производящими около 500 т товарной продукции в год. На долю производства ценных видов рыб (лососевых, осетровых, сомовых и других) приходится около 5 % от общего объема производства рыбы в республике.

За период реализации Государственной программы развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы в республике введены в эксплуатацию четыре индустриальных рыбоводных комплекса по выращиванию ценных видов рыб суммарной мощностью 770 т товарной продукции в год. Также создан в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» рыбопитомник по производству рыбопосадочного материала лососевых видов рыб мощностью 3 млн шт. молоди в год. Мощности рыбопитомника позволяют закрыть потребности всех рыбхозов Республики Беларусь.

Целенаправленное и научно обоснованное оснащение организаций АПК современной техникой и оборудованием позволило частично решить вопрос о техническом оснащении субъектов, осуществляющих деятельность в области сельского хозяйства.

В настоящее время в организациях АПК республики эксплуатируются около 42 тыс. тракторов различной мощности, из них 5,7 тыс. тракторов мощностью 250 л.с и более, 11,1 тыс. зерноуборочных и 3,3 тыс. кормоуборочных комбайнов, 3,5 тыс. комбинированных почвообрабатывающих и 4,5 тыс. почвообрабатывающих посевных агрегатов, а также другая сложная сельскохозяйственная техника.

На 1 января 2016 г. в АПК насчитывалось 1469 организаций, осуществляющих производство сельскохозяйственной продукции, в т. ч. 452 унитарных предприятия, 225 сельскохозяйственных производственных кооперативов (колхозов), 792 хозяйственных общества, из них 612 акционерных обществ, 168 обществ с ограниченной ответственностью и 12 обществ с дополнительной ответственностью.

В последние годы наметилась тенденция к уменьшению численности государственных унитарных предприятий, сельскохозяйственных производственных кооперативов с увеличением численности открытых акционерных обществ. В Республике Бе-

ларусь насчитывается 593 организации с долей государства в их уставных фондах, 65 совместных предприятий, 40 иностранных предприятий. С 2006 г. количество совместных и иностранных предприятий увеличилось в три раза.

В АПК созданы и функционируют 46 кооперативно-интеграционных структур, в рамках которых осуществляются производство сельскохозяйственного сырья, его переработка и сбыт конечной продукции. В системе АПК функционируют 14 холдингов, из них 12 холдингов, созданных с участием государства.

Ключевой проблемой структурных преобразований в АПК является финансовое оздоровление неплатежеспособных организаций, осуществляющих деятельность в области сельского хозяйства, у которых неплатежеспособность приобретает или имеет устойчивый характер.

Список использованных источников

1 Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы: Указ Президента Республики Беларусь от 1 августа 2011 г. № 342 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.gov.by/programms/b05296a6fb2ed475.html>

2 Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.21.by>, 2017.

3 Финансы TUT.BY. Архив курсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finance.tut.by/arhiv/?currency=USD&from>, 2017.

4 Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>, 2017.

УДК 631.95:631.582:631.613

Э. А. Гаевая, А. П. Васильченко

Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Рассвет, Российская Федерация

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕВООБОРОТОВ С КОРОТКОЙ РОТАЦИЕЙ НА СКЛОНАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследования были проведены в многофакторном стационарном опыте в Аксайском районе Ростовской области в 1991–2016 гг. В севообороте с чистым паром количество смытой почвы колеблется от 1,8 до 4,6 т/га в зависимости от обработки почвы. Замена чистого пара позволяет сократить смыв почвы на 48–50 %, а применение чизельной обработки – на 21–30 %. Наибольшее количество гумуса теряется со стоком и смывом в севообороте с чистым паром по отвальной обработке (от 165,2 кг/га). Степень проявления эрозионных процессов в севооборотах в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной 3,5–4,0° зависит от соотношения устойчивых и неустойчивых к эрозии культур в структуре посевных площадей севооборотов с короткой ротацией. Наиболее сильный экологический эффект был получен при использовании почвозащитной обработки почвы в севооборотах с короткой ротацией и наименьшей долей чистого пара. Более высокой устойчивостью к эрозионным процессам обладают многолетние травы, поэтому введение в севооборот 40 % многолетних трав позволяет сократить смыв почвы в два раза и более, а в некоторые годы вообще его предотвратить. Увеличение доли многолетних трав до 40 % позволяет сократить потери гумуса и элементов питания на 42–48 %. Предотвращение эрозионных процессов повышает плодородие почвы в севооборотах с короткой ротацией, расположенных на эрозионно опасных землях, и способствует стабильному производству продукции сельскохозяйственного назначения в Ростовской области.

Ключевые слова: севооборот, смыв почвы, водопроницаемость, гумус, экологическая оценка.

E. A. Gaevaya, A. P. Vasilchenko

Don Zonal Research Institute of Agriculture, Rassvet, Russian Federation

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SHORT-TERM CROP ROTATIONS ON SLOPES OF ROSTOV REGION

The studies were carried out in a multifactorial stationary experiment in Aksay district of Rostov region in 1991–2016. In crop rotations with bare fallow, the amount of washed off soil varies from 1.8 to 4.6 tons per ha, depending on soil cultivation. Replacement of bare fallow allows to reduce soil loss by 48–50 %, and the use of chisel processing – by 21–30 %. The greatest amount of humus is lost with run-off and flushing in crop rotation with bare fallow by surface tillage (from 165.2 kg per ha). The intensity of erosion processes in crop rotations in the system of landscape organization on the slope of 3.5–4.0° depends on the ratio of stable and unstable to erosion crops in structure of acreages of short crop rotations. The strongest environmental effect was obtained with the use of soil-protective tillage in short rotations and the smallest fraction of bare fallow. Perennial grasses have greater resistance to erosion processes, so the introduction in rotations 40 % of perennial grasses allows you to reduce soil loss twice or more, and in some years to prevent it. An increase of perennial grasses proportion to 40% can reduce losses of humus and nutrients by 42–48 %. The prevention of erosion processes increases soil fertility in short rotations located on erosion hazardous soils and promotes stable agricultural production in Rostov Region.

Key words: crop rotation, soil loss, water permeability, humus, environmental assessment.

Введение. В последние десятилетия в Ростовской области резко активизировались процессы деградации почв, заметно ухудшилась экологическая обстановка, снизились продуктивность сельскохозяйственных угодий и качество получаемой на них продукции. Свыше 26 %, или 54 млн га, сельхозугодий сейчас подвержено эрозии, а снижение урожаев на эродированных почвах составляет 34–47 %. Ежегодная убыль гумуса на пашне составляет 0,62 т/га, а в целом по России – 81,4 млн т [1].

В современных условиях земледелия России плодородие окультуренных почв деградирует, что связано с их дегумификацией, ухудшением качества гумуса, уменьшением содержания азота, фосфора, калия [2, 3].

Нерегулируемый поверхностный сток талых и дождевых вод с земель сельскохозяйственного назначения способствует смыву почвы, что приводит к деградации огромных территорий. Для устранения негативных явлений приходится вкладывать большие средства в противопаводковые мероприятия. Почве наносится большой экологический и агрофизический ущерб. Противозэрозионная организация территории связывает в единую систему комплекс приемов, технологий и средств, направленных на эффективную защиту водосборов от поверхностного стока. Компенсационные мероприятия на землях сельскохозяйственного назначения включают организационно-хозяйственные, агротехнические, агролесомелиоративные, гидротехнические, лугомелиоративные мероприятия и другие. Разработка и реализация компенсационных мероприятий позволяет на 30–50 % снизить объемы поверхностного стока талых и дождевых вод с земель сельскохозяйственного назначения за счет их задержания на водосборе и аккумуляции в почве [4].

Слабая противозэрозионная устойчивость почв, и особенно земель сельскохозяйственного назначения, определяет необходимость использования противозэрозионных агротехнических мероприятий, и в первую очередь введения и освоения научно обоснованных севооборотов, почвозащитных обработок, а также применения полосного

размещения культур на склонах с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Сток талых вод с рыхлой пашни наблюдается один раз в три года, с уплотненной пашни – два раза в три года. Средний сток на уплотненной пашне увеличивается в 2,2 раза по сравнению с рыхлой пашней, где влага в большей степени впитывается в почву [5].

С развитием особенно интенсивного земледелия содержание органического вещества на пахотных почвах стало быстро уменьшаться. Содержание гумуса в черноземах за 100 лет сократилось на 20–30 %, а местами наполовину. Возникли проблемы экологизации и биологизации земледелия, восстановления и воспроизводства потенциального и эффективного плодородия почв [6].

Изложенное выше определяет актуальность исследования вопросов, связанных с использованием почвозащитных обработок на эрозионно опасных склонах для сохранения плодородия пашни в севооборотах различных конструкций в зоне черноземов обыкновенных.

Материалы и методы исследования. Исследования были проведены в многофакторном стационарном опыте на участке, расположенном на склоне балки Большой Лог в Аксайском районе Ростовской области, в 1991–2016 гг. Опыт был заложен в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4,0° с комплексом гидротехнических приемов и простейших сооружений: валов-канал и валов-террас, позволяющих снизить до безопасных пределов сток талой и ливневой воды и смыв почвы.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лесовидном суглинке, среднеэродирована. Среднегодовой сток – 20 мм (максимальный – 34,4 мм). Среднегодовой смыв почвы – 18,5 т/га (максимальный – 42 т/га). Мощность Апах – 25–30 см, А + Б – от 30 до 60 см в зависимости от смывости. Порозность пахотного горизонта – 61,5 %, подпахотного – 54 %. НВ – 33–35 весовых процентов, влажность завядания – 13,4 %. Содержание гумуса в почве в слое 0–30 см – 3,80–3,83 %, общего азота – 0,14–0,16 %, подвижных фосфатов – 15,7–18,2 мг, обменного калия – 282–337 мг/кг почвы.

Климат зоны проведения исследований засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Среднее многолетнее количество осадков – 492 мм, распределение их в агрономической оценке часто (3,7 года из каждых 10) малоблагоприятное. Среднегодовая температура – плюс 8,8 °С, средняя температура января – минус 6,6 °С, июля – плюс 23 °С [7].

Урожайность культур изучали в севообороте, развернутом в пространстве и во времени в трехкратной повторности. Изучали три севооборота с различным содержанием чистого пара и многолетних трав: севооборот «А» (пар – 20 %, многолетние травы – 0 %); севооборот «Б» (пар – 10 %, многолетние травы – 20 %); севооборот «В» (пар – 0 %, многолетние травы – 40 %), а также две системы основной обработки почвы: чизельную и отвальную обработку. Применяли систему удобрения, рекомендованную для зоны проведения исследований.

Математическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (2011) с использованием персонального компьютера [8]. Поверхностный смыв определяли по методике В. Н. Дьякова (1984) [9]. Расчет эколого-экономической оценки производили по «Методическим указаниям по составлению проекта агроландшафтной организации территории и систем земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий» [10].

Результаты исследований и их обсуждение. На склоне крутизной 3,5–4,0° среднегодовой смыв почвы составил 18,5 т/га, максимальный был отмечен при интенсивном снеготаянии (42 т/га). Контурно-ландшафтная организация территории с полосным размещением культур на эрозионно опасных склонах позволяет сохранить влагу

атмосферных осадков при таянии снега и задержать ее во время летних ливней. В Донском НИИСХ был заложен стационарный опыт по изучению различных севооборотов на склоне с контурно-ландшафтной организацией территории, в котором показатели смыва почвы были значительно меньшими, чем на полях, не защищенных от эрозии (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость смыва почвы от основной обработки и конструкции севооборота, 1991–2016 гг.

Севооборот	Обработка почвы	Среднее m	Стандартное отклонение σ	В т/га	
				Max	Min
«А»: пар – 20 %, многолетние травы – 0 %	Чизельная	3,2	$\pm 2,31$	12,05	3,0
	Отвальная	4,6	$\pm 2,26$	13,8	3,7
«Б»: пар – 10 %, многолетние травы – 20 %	Чизельная	2,4	$\pm 0,81$	4,6	0,7
	Отвальная	3,1	$\pm 1,10$	5,25	0,8
«В»: пар – 0 %, многолетние травы – 40 %	Чизельная	1,8	$\pm 0,64$	2,5	0,0
	Отвальная	2,3	$\pm 0,91$	4,2	0,0

В течение 26 лет проводились наблюдения за смывом почвы на стационарном опыте. В 77 % случаев были отмечены эрозионные процессы различной интенсивности. Количество смытой почвы определяли после весеннего снеготаяния, а также после ливневых дождей, и оно составляло от 1,8 до 4,6 т/га. Максимальное количество смытой почвы при контурно-полосной организации территории составило 13,8 т/га в вариантах с отвальной обработкой в севообороте с 20 % чистого пара. Наибольшей устойчивостью к эрозионным процессам обладало поле многолетних трав, поэтому увеличение их до 40 % в структуре посевных площадей позволило сократить смыв почвы в два раза и более, а в некоторые годы вообще его предотвратить. Размещение в севообороте 20 % многолетних трав сокращает смыв почвы на 25–33 % по сравнению с севооборотом, в котором травы отсутствуют.

Способы обработки почвы в меньшей степени оказывали влияние на количество смытой почвы, которое при почвозащитной обработке было на 21–30 % меньше, чем при отвальной.

Одним из показателей, влияющих на величину смыва почвы, является ее впитывающая способность, или водопроницаемость. Определение этого показателя проходило в два срока наблюдения и на различных агрофонах. Измеряли водопроницаемость за 1-й час и в среднем за 3 ч наблюдений.

Определение водопроницаемости почвы в период возобновления весенней вегетации растений озимой пшеницы показало, что выпавшие осадки в эту фазу впитываются хуже на 17–29 %, чем в фазу полной спелости, как в чистом пару, так и в посевах. Водопроницаемость в поле чистого пара была меньшей по сравнению с посевами озимой пшеницы. Это объясняется тем, что поле чистого пара хорошо сохраняет влагу, а расходует только на испарение. В варианте с озимой пшеницей, посеянной по чистому пару, ко времени возобновления весенней вегетации влага атмосферных осадков впитывалась лучше на 9–12 %, чем в поле чистого пара, а по непаровым предшественникам этот показатель был больше на 17–19 %. К уборке, когда озимая пшеница достигает фазы полной спелости, водопроницаемость почвы увеличивалась в два раза и более (таблица 2).

Использование почвозащитных обработок с сохранением на поверхности почвы пожнивных и стерневых остатков позволяет незначительно увеличить водопроницаемость почвы ($F_{\text{факт}} < F_{05}$). Структурное состояние почвы складывается в результате разных технологий ее обработки. Оптимальное соотношение различных по размеру почвенных агрегатов обеспечивает лучшее накопление и сохранение влаги. Под воздействием механических обработок происходит значительное разрушение комковатости

почвы. В весенний период ко времени закрытия влаги в чистом пару комковатость верхнего слоя почвы снижается за счет неоднократного прохода культиваторов. В засушливых условиях выровненная почва лучше сохраняет влагу. Любой вид обработки почвы изменяет ее структурное состояние, в основном в направлении увеличения пылевидной фракции. Анализ структурного состава пахотного слоя показал, что при систематической обработке наблюдается слабая тенденция к увеличению количества пылевидных частиц размером $< 0,25$ мм в слое почвы 0–10 см. Выполнение уходных работ за паровым полем в летний период приводит к незначительному увеличению доли пылевидных частиц размером $< 0,25$ мм до 6–10 %. Однако и в этом случае агрегаты почвы размером более 0,25 мм составляли свыше 75 %, что свидетельствует о ее благоприятном структурном составе. При подготовке почвы под посев озимых культур в случае дефицита влаги в паровом поле отмечается повышенная глыбистость (11,1–15,4 %) при одновременном увеличении пылевидной фракции в 2–3 раза. Поэтому чрезмерные культивации почвы приводят к нарушению естественного ее структурного состояния и, как следствие, к деградации.

Таблица 2 – Водопроницаемость почвы в зависимости от предшественника и обработки почвы, среднее за 2012–2016 гг.

В мм/мин

Предшественник, агрофон	Обработка почвы	Возобновление весенней вегетации		Полная спелость	
		1-й час	Среднее за 3 ч	1-й час	Среднее за 3 ч
Пар чистый	Чизельная	1,29	0,95	1,55	1,10
	Отвальная	1,25	0,91	1,53	1,09
Озимая пшеница по пару	Чизельная	2,74	2,16	3,39	3,17
	Отвальная	2,62	2,13	3,14	3,08
Озимая пшеница по непаровым предшественникам	Чизельная	2,83	2,11	4,03	3,12
	Отвальная	2,72	2,02	3,87	3,07

Вместе с твердым и жидким стоком теряются органическое вещество почвы и элементы питания. Экологический эффект почвозащитных систем обработки почвы в севооборотах позволяет оценить эти потери. Его также называют полным прямым ущербом, или экологическим, то есть потери плодородия в результате смыва почвы и, как следствие, потери гумуса, общего азота, валового фосфора и калия (таблица 3).

Таблица 3 – Потери гумуса и элементов питания вследствие водной эрозии почв в зависимости от конструкции севооборота и обработки почвы, среднее за 1991–2016 гг.

В кг/га

Севооборот	Обработка почвы	Гумус	Азот	Фосфор	Калий
«А»	Чизельная	115,0	6,88	5,12	77,2
	Отвальная	165,2	9,89	7,36	111,0
«Б»	Чизельная	88,1	5,16	3,84	57,9
	Отвальная	114,0	6,67	4,96	74,8
«В»	Чизельная	66,7	3,87	2,88	43,5
	Отвальная	84,8	4,95	3,68	55,5

Наибольшее количество гумуса теряется со стоком и смывом в севообороте с чистым паром по отвальной обработке (до 165,2 кг/га). С уменьшением доли чистого пара или его полным исключением из структуры посевных площадей и введением многолетних трав в севообороты происходит повышение устойчивости пашни к процессам водной эрозии и, как результат, снижение потерь гумуса и элементов питания в 1,5–2,0 раза в сравнении с севооборотом, имеющим в своей структуре посевных пло-

щадей 20 % чистого пара. В севообороте с 10 % чистого пара и 20 % многолетних трав гумуса и элементов питания теряется на 23–32 % меньше, чем в севообороте с 20 % чистого пара. Увеличение доли многолетних трав до 40 % и отсутствие чистого пара позволило сократить потери органического вещества почвы и биогенных элементов на 42–48 % по сравнению с севооборотом, имеющим в структуре 20 % чистого пара.

Применение почвозащитной обработки на склоновых землях позволяет сократить со смывом почвы потери биогенных элементов на 21–30 %, что способствует получению дополнительной продукции.

Оценка севооборотов с короткой ротацией, размещенных на склонах крутизной 3,5–4,0°, с разным содержанием в структуре посевных площадей чистого пара и многолетних трав показала, что наиболее сбалансированной структурой посевов обладал севооборот с долей парового поля 10 % и 20 % многолетних трав.

Выводы. Таким образом, степень проявления эрозионных процессов в севооборотах в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной 3,5–4,0° зависит от соотношения устойчивых и неустойчивых к эрозии культур в структуре посевных площадей севооборотов с короткой ротацией. Наиболее сильный экологический эффект был получен при использовании почвозащитной (чизельной) обработки почвы в севооборотах с короткой ротацией и наименьшей долей чистого пара. Более высокой устойчивостью к эрозионным процессам обладают многолетние травы, поэтому введение в севооборот 40 % многолетних трав позволяет сократить смыв почвы в два раза и более, а в некоторые годы вообще его предотвратить. Увеличение доли многолетних трав до 40 % позволяет сократить потери гумуса и элементов питания на 42–48 %. Предотвращение эрозионных процессов повышает плодородие почвы в севооборотах с короткой ротацией, расположенных на эрозионно опасных землях, и способствует стабильному производству продукции сельскохозяйственного назначения в Ростовской области.

Список использованных источников

- 1 Мероприятия по охране почв от эрозии: науч. обзор ФГНУ «РосНИИПМ» / Г. Т. Балакай [и др.]. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 71 с.
- 2 Каштанов, А. Н. Почвоохранное земледелие / А. Н. Каштанов, М. Н. Заславский. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 462 с.
- 3 Гаевая, Э. А. Сохранение плодородия в севооборотах на эродированной пашне / Э. А. Гаевая // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 41–45.
- 4 Балакай, Н. И. Особенности стока талых вод с рыхлой и уплотненной пашни на черноземах обыкновенных в условиях Ростовской области / Н. И. Балакай, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2016. – № 3(23). – С. 66–82. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec429-field6.pdf.
- 5 Условия формирования поверхностного стока. Прогноз причиняемого ущерба. Компенсационные мелиоративные мероприятия: монография / В. Н. Щедрин [и др.]. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 450 с.
- 6 Каштанов, А. Н. Плодородие почв – основа продовольственной безопасности России / А. Н. Каштанов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием к 85-летию Почвенного института им. В. В. Докучаева. – М., 2012. – С. 82–85.
- 7 Селянинов, Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г. Т. Селянинов // Мировой агроклиматический справочник. – Л. – М., 1937. – С. 5–27.
- 8 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования): учеб. для вузов / Б. А. Доспехов. – 6-е изд. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.

9 Дьяков, В. Н. Совершенствование метода учета смыва почв по водороинам / В. Н. Дьяков // Почвоведение. – 1984. – № 3. – С. 146–148.

10 Методические указания по составлению проекта агроландшафтной организации территории и систем земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий. – Рассвет, 2001. – 290 с.

УДК 631.8:633.25:631.53.01

Н. Е. Василенко

Институт кормов и сельского хозяйства Подолья Национальной академии аграрных наук Украины, Винница, Украина

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ОВСЯНИЦЫ КРАСНОЙ

В статье приведены данные научного поиска, направленного на повышение семенной продуктивности овсяницы красной путем оптимизации условий ее питания в критические фазы роста и развития. Установлено, что проведение внекорневой подкормки в фазе выхода в трубку овсяницы красной сорта Айра регулятором роста «Амино Викс» (0,5 кг/га) в сочетании с карбамидом (5 кг/га) на фоне основного удобрения ($N_{60}P_{45}K_{45}$) весной в начале отрастания семенных посевов способствовало формированию максимального продуктивного стеблестоя (681 шт./м²), наибольшего количества зерновок на 10 побегах (945 шт.), массы 1000 зерновок (1,22 г). Это обусловило формирование семенной продуктивности 480 кг/га, что на 12 кг/га выше в сравнении с фоном N_{60} и на 164 кг/га выше в сравнении с неудобренными делянками.

Ключевые слова: овсяница красная, удобрения, водорастворимые удобрения, регуляторы роста, семенная продуктивность, посевные качества.

N. Ye. Vasilenko

Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Vinnitsa, Ukraine

SEED PRODUCTIVITY AND SOWING QUALITY OF RED FESCUE

The data of scientific research aimed at increasing the seed productivity of red fescue by optimizing the conditions of its feeding in critical phases of growth and development are presented in the article. It was found out that foliage application of red fescue by growth regulator “Amino Vicks” (0.5 kg per ha) in combination with carbamide (5 kg per ha) against the background of basic fertilizer ($N_{60}P_{45}K_{45}$) in stem-extension stage in spring at the beginning of seed sowing aftergrowing enabled the maximum productive stands (681 pcs per square m), the largest number of grains on 10 shoots (945 pcs.), the weight of 1000 grains (1.22 g). This led to seed productivity of 480 kg per ha, which is 12 kg per ha higher in comparison with the background of N_{60} and 164 kg per ha higher in comparison with unfertilized plots.

Key words: red fescue, fertilizers, water-soluble fertilizers, growth regulators, seed productivity, sowing qualities.

Введение. Основной компонент улучшения культурных пастбищ и сенокосов и расширения их площадей – это обеспечение достаточного производства семян злаковых трав, в т. ч. овсяницы красной.

Овсяница красная по своим биологическим особенностям относится к культурам с высокой потенциальной семенной продуктивностью. С одной стороны, современные ее сорта способны обеспечить урожайность семян на уровне 0,5–0,7 т/га, с другой – для овсяницы красной характерна значительная зависимость уровня семенной продуктивности от экологических факторов и агротехнических условий выращивания, в част-

ности плотности агроценоза, обеспеченности влагой, светом и питательными веществами в зависимости от этапов органогенеза [1–3]. При формировании семян около 15–25 % хоть и являются физиологически полноценными, однако по своим биометрическим параметрам (размеру семян, объему зародыша, массе 1000 семян) не являются кондиционными. Такие семена имеют низкую энергию и силу роста, поэтому более чувствительны к условиям произрастания. Потребность в проведении внекорневой подкормки в течение вегетации растений, в частности в фазу выхода в трубку, возникла из-за нехватки отдельных элементов питания при формировании в травостое генеративных побегов, особенно корневищных трав, в частности овсяницы красной. Подкормка способствует лучшему формированию плодоземелетов и не допускает загущения и полегания посевов, которые наблюдаются, как правило, при внесении высоких доз азотных удобрений, особенно в годы с избыточным влагообеспечением [4].

Материал и методы. Опыты проводили в Институте кормов и сельского хозяйства Подолья НААН в севообороте отдела семеноводства и трансфера инноваций в течение 2014–2015 гг. Почва серая лесная, характеризуется следующими показателями: pH – 5,2–5,5, гидролитическая кислотность (H_r) – 1,75–2,14 мг-экв/100 г почвы, емкость катионного обмена – 12–13 мг-экв/100 г почвы, в пахотном слое почвы (0–20 см) содержание гумуса составляет 1,91–2,14 %, легкогидролизуемого азота по Корнфилду – 6,3–6,8, подвижных форм фосфора (P_2O_5) по Чирикову и калия (K_2O) – соответственно 14,5–16,0 и 9,3–10,5 мг/100 г почвы. Посев весенний, сплошной, под покров ярового ячменя с нормой высева 3,0 млн всхожих семян. Повторность опыта трехкратная, площадь учетного участка – 30 м². Внесение минеральных удобрений проводили осенью под основную обработку почвы согласно схеме исследований. Регулятор роста «Амино Виск» (0,5 кг/га) вносили согласно схеме опыта в фазу выхода в трубку овсяницы красной. «Амино Виск» содержит более 30 % аминокислот, Cu – 1 %, Fe – 2,3 %, Mn – 3 %, Zn – 2 %. Применяли также в опыте водорастворимое удобрение «Плантафол», содержащее N 5,0 %, P_2O_5 – 15,0 %, K_2O – 45 %, B – 0,02 %, Fe – 0,01 %, Mn – 0,05 %, Zn – 0,05 %, Cu – 0,05 %, при этом Cu, Fe, Mn, Zn – хелаты в форме ЭДТА (этилендиаминтетрауксусной кислоты). За 1–2 дня до сбора урожая отбирали пробные снопы для исследования структуры семенного травостоя и биологического урожая семян. Учет урожая проводили со всех повторений опыта с последующей доочисткой семян и пересчетом на стандартную влажность 15 % [5, 6].

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что внесенные минеральные удобрения влияли на рост и развитие растений овсяницы красной сорта Айра. Так, средняя высота генеративных побегов в вариантах без основного удобрения колебалась от 82 до 96 см, а при внесении N_{60} увеличивалась на 4–6 см. При внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{45}K_{45}$) средняя высота побегов была больше на 9–11 см по сравнению с вариантами без основного удобрения. Проведение внекорневой подкормки в фазу выхода в трубку карбамидом (5 кг/га), «Плантафолом» (2 кг/га) и регулятором роста «Амино Виск» (0,5 кг/га) на фоне основного удобрения (N_{60}) способствовало увеличению высоты побегов соответственно на 4; 3; 4 см по сравнению с аналогичными вариантами без основного удобрения. При внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{45}K_{45}$) в сочетании с внекорневой подкормкой вышеуказанными препаратами средняя высота побегов дополнительно возрастала еще на 5–6 см по сравнению с внесением одних азотных удобрений N_{60} . Однако наибольшая высота растений (105 см) отмечена на участках, где на фоне минеральных удобрений ($N_{60}P_{45}K_{45}$) проводили внекорневые подкормки «Плантафолом» (2 кг/га) в соединении с «Амино Виск» (0,5 кг/га) в фазу выхода в трубку.

Вместе с тем факторы, которые изучались, повлияли на количество генеративных и вегетативных побегов. Наименьшим оно было в варианте без удобрений (соответственно 424 и 700 шт./м²) (таблица 1). Наиболее существенно количество побегов

росло на фоне основного удобрения. Так, внесение одних азотных удобрений N_{60} повышало количество генеративных побегов на 121 шт./м², вегетативных – на 111 шт./м². При внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{45}K_{45}$) эти показатели возрастали соответственно на 180 и 225 шт./м² по сравнению с вариантами без основного удобрения. Внекорневые подкормки карбамидом (5 кг/га), «Плантафолом» (2 кг/га) и регулятором роста «Амино Викс» (0,5 кг/га) способствовали максимальному росту числа генеративных побегов: при внесении их на фоне N_{60} и $N_{60}P_{45}K_{45}$ этот показатель составлял соответственно 568–626 и 620–662 шт./м². При этом количество вегетативных побегов повышалось соответственно на 22–67 и 23–132 шт./м². Наибольшее количество генеративных (681 шт./м²) и вегетативных побегов (1110 шт./м²) отмечено при применении композиции из карбамида (5 кг/га) и «Амино Вика» (0,5 кг/га) на фоне минеральных удобрений $N_{60}P_{45}K_{45}$. При подкормке этой же композицией на фоне N_{60} и на участках без удобрения количество генеративных побегов было меньше соответственно на 3,5 и 24 %, а вегетативных – на 6,4 и 23,3 %.

Таблица 1 – Биометрические показатели семенной продуктивности овсяницы красной сорта Айра в зависимости от системы удобрений (среднее за 2014–2015 гг.)

Основное удобрение	Внекорневая подкормка в фазу выхода в трубку, кг/га	Количество генеративных побегов, шт./м ²	Количество вегетативных побегов, шт./м ²	Количество семян на 10 побегах, шт.	Масса 1000 семян, г
Без удобрений	Без подкормок	424	700	628	0,97
	Карбамид (5)	468	737	664	0,99
	«Плантафол» (2)	493	786	709	1,02
	«Амино Викс» (0,5)	506	806	771	1,05
	Карбамид (5) + «Амино Викс» (0,5)	522	851	843	1,09
	«Плантафол» (2) + «Амино Викс» (0,5)	531	858	896	1,14
N_{60}	Без подкормок	545	811	762	1,03
	Карбамид (5)	568	833	805	1,09
	«Плантафол» (2)	594	875	849	1,10
	«Амино Викс» (0,5)	626	978	887	1,10
	Карбамид (5) + «Амино Викс» (0,5)	657	1039	908	1,13
	«Плантафол» (2) + «Амино Викс» (0,5)	651	1049	924	1,18
$N_{60}P_{45}K_{45}$	Без подкормок	604	925	797	1,10
	Карбамид (5)	620	948	820	1,13
	«Плантафол» (2)	640	991	858	1,13
	«Амино Викс» (0,5)	662	1057	896	1,14
	Карбамид (5) + «Амино Викс» (0,5)	681	1110	945	1,18
	«Плантафол» (2) + «Амино Викс» (0,5)	673	1103	945	1,22

Наибольшее влияние на такой показатель структуры урожая, как количество семян на 10 побегах, имело основное удобрение. Так, если в вариантах без удобрений этот показатель был в пределах 628–896 шт., то при внесении N_{60} он возрастал до 762–924 шт. Внесение полного минерального удобрения ($N_{60}P_{45}K_{45}$) способствовало увеличению количества семян на 10 побегах до 797–945 шт. (таблица 1). Внекорневые подкормки

карбамидом (5 кг/га), «Плантафолом» (2 кг/га), регулятором роста «Амино Виск» (0,5 кг/га) и их композициями без основного удобрения способствовали росту числа семян на 10 побегах на 36; 81; 143; 215 и 268 шт. по сравнению с контролем. Проведение внекорневых подкормок на фоне удобрения N_{60} увеличивало количество семян на 10 побегах в зависимости от варианта на 134; 141; 140; 116; 65 и 28 шт. по сравнению с соответствующими вариантами без основного удобрения. На фоне $N_{60}P_{45}K_{45}$ внекорневые подкормки увеличивали количество зерновок на 10 побегах на 169; 156; 149; 125; 98 и 49 шт. Однако наибольшее количество зерновок на 10 побегах (945 шт.) было получено при проведении внекорневой подкормки композицией из «Плантафола» (2 кг/га) и «Амино Виска» (0,5 кг/га) на фоне основного удобрения $N_{60}P_{45}K_{45}$.

В наших исследованиях было отмечено увеличение массы 1000 зерновок на 0,04–0,08 г от внесения N_{60} и на 0,08–0,16 г от удобрения $N_{60}P_{45}K_{45}$ при 0,97 г на контроле. Наибольшей масса 1000 зерновок (1,22 г) была при проведении внекорневой подкормки из «Плантафола» (2 кг/га) и «Амино Виска» (0,5 кг/га) на фоне основного удобрения $N_{60}P_{45}K_{45}$.

Семенная продуктивность овсяницы красной сорта Айра на участках без удобрений в среднем за 2014–2015 гг. составила 150 кг/га. Проведение внекорневой подкормки карбамидом (5 кг/га), «Плантафолом» (2 кг/га), регулятором роста «Амино Виск» (0,5 кг/га) и их композициями в сравнении с минеральными удобрениями увеличивало урожайность семян в зависимости от варианта на 30–147 кг. На фоне удобрения N_{60} прирост урожая составил 195–324 кг/га. При внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{45}K_{45}$) урожайность возрастала на 237–327 кг/га по сравнению с участками без удобрений (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние удобрений на семенную продуктивность и посевные качества овсяницы красной сорта Айра

Основное удобрение (фактор А)	Внекорневая подкормка в фазу выхода в трубку, кг/га (фактор В)	Урожайность семян, кг/га			Интенсивность роста, %			Всхожесть, %		
		2014 г.	2015 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Без удобрений (контроль)	Без подкормок	121	178	150	36	42	39	69	71	70
	Карбамид (5)	164	196	180	43	46	45	71	71	71
	«Плантафол» (2)	193	255	224	47	49	48	72	70	71
	«Амино Виск» (0,5)	241	263	252	51	54	53	72	71	72
	Карбамид (5) + «Амино Виск» (0,5)	245	387	316	56	58	57	75	73	74
	«Плантафол» (2) + «Амино Виск» (0,5)	253	341	297	62	63	63	75	74	75
N_{60}	Без подкормок	310	380	345	58	59	59	74	73	74
	Карбамид (5)	321	457	389	63	65	64	76	74	75
	«Плантафол» (2)	347	462	405	67	68	68	76	75	76
	«Амино Виск» (0,5)	384	501	443	69	71	70	78	76	77
	Карбамид (5) + «Амино Виск» (0,5)	395	541	468	72	73	73	78	77	78
	«Плантафол» (2) + «Амино Виск» (0,5)	410	538	474	74	75	75	78	77	77
$N_{60}P_{45}K_{45}$	Без подкормок	338	436	387	66	69	68	79	77	78
	Карбамид (5)	354	467	411	68	71	70	80	78	79
	«Плантафол» (2)	375	472	424	71	73	72	82	81	81

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	«Амино Виск» (0,5)	401	516	459	74	75	75	82	81	82
	Карбамид (5) + «Амино Виск» (0,5)	412	548	480	77	79	78	85	83	84
	«Плантафол» (2) + «Амино Виск» (0,5)	424	530	477	78	81	80	85	84	85
НСР ₀₅ , кг/га: 2014 г.: А – 12,6; В – 17,9; АВ – 12,7; 2015 г.: А – 12,9; В – 18,1; АВ – 14,2.										

При этом эффективность внекорневой подкормки уменьшалась с ростом фона основного удобрения. При применении на хелатной основе водорастворимых удобрений и регуляторов роста растения через листья получают питательные вещества, которые способны вызвать значительные изменения в росте и развитии, включаясь в обмен веществ, повышают уровень жизнедеятельности, экономят для растений воду. В результате благоприятно проходит процесс цветения и формирования завязи, сдерживается перерастание растений, улучшаются посевные качества семян.

Погодные условия 2014 г. были неблагоприятными для формирования урожая семян из-за высоких температур и отсутствия осадков в течение вегетации и формирования урожая семян овсяницы красной. Разница по сравнению с 2015 г. составила 57–146 кг/га (параметр был меньше на 37–47 %). При этом внекорневые подкормки регулятором роста, карбамидом или «Плантафолом» снижали негативное воздействие неблагоприятных условий на формирование плодоеlementов овсяницы красной.

Лабораторные исследования посевных качеств семян показали, что сила роста и всхожесть семян зависели от варианта удобрения. Больше всего эта зависимость проявляется в интенсивности роста, так как этот показатель более объективный и на него влияет в большей степени не количество проросших семян, а его качественные показатели, такие как величина развития проростка и корневой системы. Номинальной сила роста была в вариантах без внесения минеральных удобрений (39–63 %), наибольшей – при внесении полного минерального удобрения N₆₀P₄₅K₄₅ (68–80 %). Во всех вариантах опыта были получены кондиционные семена, однако показатель всхожести был разный – от 70 % на контроле до 84 % в вариантах, в которых на фоне основного удобрения N₆₀P₄₅K₄₅ проводилась внекорневая подкормка карбамидом (5 кг/га) или «Плантафолом» (2 кг/га) в сочетании с регулятором роста «Амино Виск» (0,5 кг/га).

Выводы. Проведение внекорневой подкормки в фазу выхода в трубку овсяницы красной сорта Айра регулятором роста «Амино Виск» (0,5 кг/га) в сочетании с карбамидом (5 кг/га) на фоне основного удобрения (N₆₀P₄₅K₄₅) весной в начале отрастания семенных посевов способствовало формированию максимального продуктивного стеблестоя (681 шт./м²), наибольшего количества зерновок на 10 побегах (945 шт.), массы 1000 зерновок (1,22 г), что обусловило формирование семенной продуктивности 480 кг/га, это на 12 кг/га выше в сравнении с фоном N₆₀ и на 164 кг/га выше в сравнении с неудобренными деланками.

Список использованных источников

- 1 Методика проведения опытов в кормопроизводстве / под ред. А. О. Бабица. – Винница, 1994. – 87 с.
- 2 Семеноводство и семенной контроль / Й. Берна [и др.]: [пер. с чеш.]. – М.: Колос, 1981. – 335 с. – (Семеноводство и семенной контроль).
- 3 Богородская, П. Б. Влияние сроков уборки на урожай семян злаковых трав / П. Б. Богородская, В. В. Павлинова // Сборник научных трудов БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. – 1985. – № 33. – С. 121–127.

4 Антонов, С. Ф. Семеноводство злаковых трав, особенности технологии выращивания семян новых и перспективных сортов / С. Ф. Антонов, С. И. Колесник // Семеноводство. – 2005. – № 11. – С. 7–10, 15–16.

5 Гаврилюк, Н. Н. Основы современного семеноводства / Н. Н. Гаврилюк: на укр. яз. – Киев: ННЦ «ИАЭ», 2004. – 256 с.

6 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 635.1

А. С. Шевченко, С. С. Авдеенко, Е. В. Устинов

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПОЛИВЕ РАЗЛИЧНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Целью исследования стало изучение действия лимитирующего фактора в виде различного уровня увлажнения почвы в период вегетации сортов картофеля, создаваемого современными поливными установками, на продуктивность и товарно-технологические качества клубней.

Ключевые слова: картофель, сорт, урожайность, полив, дождевальная установка.

A. S. Shevchenko, S. S. Avdeenko, Ye. V. Ustinov

Don State Agrarian University, Persianovsky, Russian Federation

PRODUCTIVITY AND QUALITY OF POTATO VARIETIES BY IRRIGATION WITH DIFFERENT SPRINKLERS

The aim of research was to study the effect of the limiting factor in the form of different levels of soil moistening during the growing season of potato varieties created by modern sprinklers, on productivity and trade-technological qualities of tubers.

Key words: potato, variety, crop yield, irrigation, sprinkler.

Почти половину всей сельскохозяйственной продукции собирают с орошаемых земель. Растения испытывают недостаток влаги в естественных условиях. С помощью ирригации (орошения) удастся снизить температуру приземного слоя, увеличить его влажность и улучшить снабжение корней растений влагой. В России площадь орошаемых земель составляет не более 10 %, в других странах эта цифра намного выше.

Для осуществления комплекса ирригационных мероприятий в сельском хозяйстве используют дождевальные машины, которые предназначены для полива зерновых, кормовых, технических и овощных культур. Также их применяют для орошения лугов и пастбищ, садов и виноградников [1].

Картофель – требовательное к влажности почвы растение. Потребность во влаге изменяется у него по фазам развития. В начале своего развития картофель может жить за счет запасов влаги, имеющихся в материнском клубне. При запасах продуктивной влаги в пахотном слое почвы не менее 15 мм всходы картофеля не задерживаются. В период всходов и роста ботвы идет максимальное потребление влаги.

Особенно важно своевременно обеспечить картофель влагой во время образования и роста клубней, т. е. от момента полной бутонизации до прекращения роста ботвы. Достаточное снабжение картофеля влагой в фазу формирования клубней – одно из основных условий получения высокого урожая. В эти периоды в засушливые годы картофель очень отзывчив на поливы. Лучший способ – дождевание [2].

Клубнеобразование может прекращаться не только из-за недостатка влаги, но и из-за переувлажнения почв, особенно тяжелых по механическому составу. Продолжи-

тельное переувлажнение приводит к нарушению газообмена и в результате к загниванию клубней от недостатка кислорода [3].

Наиболее требовательны растения к влаге в периоды бутонизации, цветения и клубнеобразования. В период клубнеобразования не должно быть длительных перерывов в поливах, так как это может привести к сильному израстанию и деформации клубней. Особенно израстают и снижают урожай в результате нерегулярных поливов среднеспелые и поздние сорта картофеля [4].

Любые сорта картофеля имеют как отрицательные, так и положительные свойства, которые в разные годы проявляются по-разному. В связи с этим целесообразно выращивать в хозяйстве несколько сортов. Важно знать и специальные требования данного сорта к агротехнике, чтобы полнее использовать его генетический потенциал. При выращивании любого сорта в хозяйстве следует получать по крайней мере 80 % той урожайности, которую сорт дает при сортоиспытании в условиях конкретного региона возделывания [5].

Правильный выбор сортов для данных почвенно-климатических условий и направлений использования – главная предпосылка получения высоких устойчивых урожаев хорошего качества. Целесообразно не только выращивать несколько сортов разного срока созревания, но и учитывать соответствие их генетических данных местным природным условиям. Внедрение в производство новых сортов картофеля с комплексом хозяйственно ценных качеств (устойчивостью к болезням, жаре и засухе, высокой продуктивностью и лежкостью, хорошими вкусовыми качествами) является мощным резервом повышения экономической эффективности картофелеводства [6].

Основная цель опыта – изучение поведения сортов картофеля, которые поливаются различными дождевальными установками. Для проведения наблюдения были выбраны следующие сорта картофеля: раннеспелые – Импала, Фелокс и Ред Скарлетт, среднеспелые – Невский и Романо. Изучение проводилось в условиях Багаевского района Ростовской области в 2014–2015 гг.

Для проведения исследования по сортам было организовано четыре повторности на трех участках полива. На первом участке полив производился дождевальной установкой «Валлей» кругового действия, на второй делянке – дождевальной машиной «Кубань» и на третьей делянке – ДДА-100МА. Изучение велось на фоне традиционной, принятой в зоне технологии выращивания по общепринятым в овощеводстве методикам. На посадках сортов картофеля было проведено четыре полива: 1 – по всходам из расчета 40 л/м², 2 – в фазу бутонизации из расчета 45 л/м², 3 – в фазу цветения из расчета 35 л/м², 4 – в фазу клубнеобразования из расчета 35 л/м². Средняя глубина промачивания при поливе была от 40 см при первом поливе до 60 см при последнем поливе. Средняя предполивная влажность в период вегетации картофеля была в пределах 75 % НВ. Учет воды, поданной на поля, проводился счетчиками-водомерами. Оросительная норма составила по годам 1550–1600 м³/га.

Почвы представлены черноземом обыкновенным теплым промерзающим, плотность сложения пахотного слоя – 1,10–1,15 г/см³, полевая влагоемкость – 32–33 %.

В среднем за два года в период вегетации картофеля наблюдались более высокие по сравнению со среднегодовыми значениями показатели температуры (превышение составило от 0,3 °С в апреле до 2,3 °С в июле), и при этом хотя в апреле – мае и было больше осадков (в среднем за два года на 5,3–6,9 мм), но это мало отразилось на фазах вегетации. А вот июнь характеризовался снижением количества осадков более чем на 15 мм в месяц.

Оценивая полученные нами данные, можно говорить о реакции сортов на погодные условия места выращивания. Так, жаркие условия юга России, в которых располагается Багаевский район Ростовской области, отражаются на сроках прохождения фенологических фаз сортами. Полученные данные свидетельствуют о том, что высокие

температуры, приходящиеся на май-июнь, ускоряют наступление бутонизации (таблица 1) и далее цветения и приводят к более быстрому по сравнению с имеющимися характеристиками сортов усыханию ботвы.

Таблица 1 – Продолжительность межфазных периодов у изученных сортов картофеля (среднее за 2014–2015 гг.)

В сут									
Сорт	Продолжительность периода до								
	бутонизации			цветения			усыхания ботвы		
	Тип поливной установки								
	«Валлей»	ДДА-100МА	«Кубань-Л»	«Валлей»	ДДА-100МА	«Кубань-Л»	«Валлей»	ДДА-100МА	«Кубань-Л»
Импала	22	23	23	33	35	35	67	70	70
Ред Скарлетт	22	25	25	33	35	36	69	72	71
Фелокс	28	29	29	36	38	38	70	70	70
Невский (стандарт)	30	30	30	38	40	41	78	82	81
Романо	32	32	32	40	42	42	82	85	84

На процесс бутонизации в нашем опыте повлиял, помимо сортовых особенностей и погодных условий, еще и тип поливной установки, с помощью которой проводился полив, однако не на всех сортах это проявилось к фазе бутонизации, а только на растениях сортов Фелокс и Импала. Из данных таблицы 1 видно, что все изученные сорта имели очень короткий период всходы – цветение, который колебался от 35 до 42 дней. Наиболее продолжительным этот период оказался у сорта Романо (42 дня при поливе установками ДДА-100МА и «Кубань»), и на 2 дня раньше эта фаза наступила при подливе новой установкой «Валлей». По всей видимости, образующаяся капля дождя при мелкодисперсном поливе не способствует быстрому испарению с поверхности растений и почвы и в большей степени влага сохраняется в приземных слоях почвы, что и повышает здесь влажность воздуха.

Период от массового цветения до массового усыхания ботвы также был очень коротким и изменялся от 34 до 42 дней. Несколько раньше (на 1–3 дня) все характеризующие фазы наступали при поливе картофеля в опыте новой установкой «Валлей». По нашему мнению, использование такой установки для полива картофеля обеспечивает более благоприятный режим увлажнения почвы на всех этапах роста и, что самое главное, мелкодисперсное распыление воды позволяет снизить температуру и почвы, и воздуха, а следовательно, повысить влажность, в т. ч. и воздуха, что и отражается на скорости наступления основных фаз.

На продолжительность этого периода (цветение – усыхание ботвы) существенное влияние оказывали погодные условия. При более высоких температурах в 2015 г. период сокращался в сравнении с 2014 г. Самым позднеспелым из изученных был сорт Романо, до усыхания ботвы у которого прошло 85 дней. Изученные сорта по полученным нами данным можно разбить на три группы – ультраранние Фелокс, Импала, ранний Ред Скарлетт и среднеранние Романо и Невский (стандарт).

Оценивая литературные данные, мы пришли к выводу, что любой показатель, характеризующий сорт и его реакцию на изменение условий выращивания, в сильной степени зависит именно от биологических особенностей сорта и степени его приспособленности к конкретным условиям. В частности, изменениям подвержены такие характеристики, как высота куста, количество листьев, их размеры, сроки наступления фаз вегетации и др. А ряд показателей, например окраска цветков, их количество на ку-

сте, степень облиственности, степень пробудимости почек глазков, их глубина, окраска, характер расположения, окраска мякоти и поверхности клубней, – это чисто сортовые особенности, и они ни в какой степени не зависят от условий и тем более места выращивания сорта (таблица 2).

Таблица 2 – Особенности строения куста изученных сортов картофеля (среднее за 2014–2015 гг.)

Сорт	Форма, высота куста, см			Окраска цветка			Облиственность		
	Тип поливной установки								
	«Вал-лей»	ДДА-100МА	«Ку-бань-Л»	«Вал-лей»	ДДА-100МА	«Ку-бань-Л»	«Вал-лей»	ДДА-100МА	«Ку-бань-Л»
Импала	прямостоячая, 58			желтая			высокая		
Ред Скарлетт	полураскидистая, 61			светло-сиреневая			высокая		
Фелокс	прямостоячая, 55			красно-фиолетовая			высокая		
Невский (стандарт)	прямостоячая, 51			белая			высокая		
Романо	прямостоячая, 70			красно-фиолетовая			высокая		

Из данных таблицы 2 видно, что сорта картофеля различались по форме куста, по высоте куста они также различались довольно заметно. Самыми низкорослыми были стебли сортов Фелокс (55 см), а самым высоким был куст у сорта Романо (70 см). У Ред Скарлетт кусты были полураскидистыми, а у сортов Романо и Фелокс – прямостоячими. Различалось и количество продуктивных стеблей, которое характеризует степень пробудимости почек глазков. Больше всего продуктивных стеблей было у сорта Романо. Все сорта имели среднюю и высокую степень облиственности. Наиболее крупные доли листа были у сорта Романо.

Спрос на клубни как у населения, так и у фирм-переработчиков различается в связи с их окраской, формой, характером поверхности, глубиной и характером расположения глазков. В последние годы учитывается и окраска мякоти, которая стала значительно разнообразнее. Клубни сортов Ред Скарлетт и Фелокс были овальными и удлиненно-овальными. Среди ранних сортов более популярными являются сорта с красной кожурой. Красную окраску кожуры имеют сорта Романо и Ред Скарлетт. Довольно привлекательно выглядят клубни сорта Фелокс, глянцевого, желтого цвета.

Все старые сорта картофеля имели глубокие и крупные глазки. Новые же сорта, как правило, имеют глазки желтые и поверхностные. Именно такие были у сортов Фелокс и Ред Скарлетт. Более крупные глазки и более глубоко расположенные были у сорта Романо.

Изучение динамики накопления урожая сортами имеет очень большое значение. Необходимо исследовать возможность использования урожая в самые ранние сроки, т. е. в качестве молодого картофеля, возможность закладки картофеля на хранение (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика накопления урожая изученными сортами картофеля (по данным 2015 г.) (в среднем по поливным установкам)

Сорт	В г/куст					
	Продуктивность растения					
	5.06	15.06	25.06	5.07	15.07	25.07
Импала	220	365	705	930	1105	1250
Ред Скарлетт	250	380	720	950	1100	1350
Фелокс	270	415	800	1000	1180	1300
Невский (стандарт)	265	325	780	970	1080	1150
Романо	136	205	432	730	975	1420

Как видно из данных таблицы 3, в конце июля практически у всех изученных сортов картофеля наблюдается резкий скачок в накоплении биомассы. Продуктивность растений со 2-й по 3-ю декаду июня возросла в 2 раза и более. Следовательно, именно в это время местные посадки можно использовать в качестве молодого картофеля. Далее темпы несколько снизились, но тоже были существенными. При этом, что очень важно, и у сорта Романо наблюдалось аналогичное явление. Видимо, и это в том числе способствовало распространению сорта на территории Ростовской области и юга России в целом.

Урожайность – основной критерий, определяющий пригодность тех или иных сортов для выращивания в конкретных условиях. На урожайности сказываются такие сортовые особенности, как устойчивость к болезням, отзывчивость на удобрения и орошение, экологическая приспособленность и т. д. (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность сортов картофеля

В т/га

Сорт	2014 г.			2015 г.			В среднем за 2 года		
	Тип поливной установки								
	«Вал-лей»	ДДА-100МА	«Ку-бань-Л»	«Вал-лей»	ДДА-100МА	«Ку-бань-Л»	«Вал-лей»	ДДА-100МА	«Ку-бань-Л»
Импала	39,5	38,4	38,3	40,3	39,5	39,7	39,9	39,0	39,0
Ред Скарлетт	40,1	39,6	39,5	41,0	40,2	40,0	40,6	39,9	39,8
Фелокс	43,2	42,9	42,7	45,2	44,1	43,5	44,2	43,5	43,1
Невский (стандарт)	41,0	39,5	39,4	41,0	40,3	40,0	41,0	39,9	39,7
Романо	45,6	44,4	44,2	47,1	46,2	45,9	46,4	45,3	40,0

Анализ данных таблицы 4 показывает, что в 2015 г. сложились более благоприятные условия для культуры картофеля в регионе и урожайность его была выше, чем в 2014 г. Однако общая тенденция оказалась одинаковой, и в среднем за два года самыми урожайными оказались сорта Романо и Фелокс.

Среднее количество стеблей в кусте за 2014–2015 гг. изменялось от 7,6 (Ред Скарлетт) до 8,0 (Романо). Средний показатель – у сорта Фелокс (7,9), и у него же самый высокий показатель по вкусовым качествам (5 баллов против 4 у всех остальных изученных сортов картофеля) (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели товарности и качества урожая сортов картофеля (среднее за 2014–2015 гг.)

В %

Сорт	Товарность урожая			В т. ч. стандарт			Выход крупных (более 100 г) клубней		
	Тип поливной установки								
	«Вал- лей»	ДДА- 100МА	«Ку- бань- Л»	«Вал- лей»	ДДА- 100МА	«Ку- бань- Л»	«Вал- лей»	ДДА- 100МА	«Ку- бань- Л»
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2014 г.									
Импала	96,0	95,5	95,4	89,5	89,9	90,1	59,0	57,0	57,7
Ред Скарлетт	97,0	96,8	96,6	88,5	88,0	88,6	66,8	65,1	65,8
Фелокс	95,1	94,6	94,3	87,6	87,9	88,5	78,5	76,7	77,3
Невский (стандарт)	96,1	95,6	95,3	90,1	90,5	91,0	62,5	59,5	60,5
Романо	98,3	98,2	98,0	91,2	91,3	92,0	85,1	82,1	82,6

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2015 г.									
Импала	79,1	78,4	78,0	76,0	75,2	75,4	11,8	11,6	11,6
Ред Скарлетт	81,0	80,1	80,5	82,5	82,1	82,0	12,5	12,4	12,3
Фелокс	95,0	93,0	91,0	86,0	85,2	85,0	14,6	14,6	14,6
Невский (стандарт)	82,0	80,0	80,0	88,5	88,1	88,2	11,4	11,2	11,0
Романо	81,2	80,7	80,4	85,8	85,2	85,0	11,5	11,4	11,4

Анализ урожая показал, что больше всего мелких клубней было в урожае сорта Фелокс. Более крупноклубневыми оказались сорта Романо и Ред Скарлетт, количество крупных клубней у которых достигало 57,5–72,5 %. Надо отметить, что особенности климата нашей зоны не способствуют уменьшению доли средней и мелкой фракций и увеличению доли крупной фракции. Первые формирующиеся клубни оказываются в более комфортных условиях роста и развития и составляют значительную долю урожая. За счет этого явления уменьшается доля средней фракции, по которой считается выравненность урожая.

Тип поливной установки не слишком сильно влияет на оцениваемые показатели. Средняя разница по типу поливной установки составляет по показателям (в среднем по сортам): товарность – 0,36–0,58 %, в т. ч. стандарт – 0,14–0,66 %, выход клубней размером более 100 г – 1,60–2,28 %.

По этим показателям разница между сортами была более существенной, чем по типу поливной установки. По всей видимости, реакция растений на размер капель подающегося на них дождя, который зависит от типа поливной установки, менее существенна, чем сортовая реакция на дополнительный полив в принципе.

Все изученные сорта картофеля имели высокую товарность, и она превышала 90 %, что очень важно при формировании товарных партий продукции. Самое высокое содержание крахмала оказалось в сорте Фелокс (14,6), а низкое – в сорте Романо (11,4).

Изученные сорта в условиях региона и орошения обеспечили довольно высокую урожайность (до 40 т/га и более). При этом сорта реализовывались по разным ценам. Наиболее востребованными за счет раннеспелости и привлекательного внешнего вида клубней были сорта Ред Скарлетт и Фелокс. Сорт Романо за счет более позднего поступления продукции продавался по средней цене. Наиболее высокий чистый доход обеспечило производство сортов Фелокс и Ред Скарлетт. Уровень рентабельности изученных сортов картофеля составил 60,3–115,7 %. Наиболее высоким он был у сортов Фелокс и Ред Скарлетт.

Список использованных источников

1 БСГ. Системы орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bsgmelio.ru/?yclid=288384259189899655>, 2017.

2 Трубилина, И. Т. Овощеводство / И. Т. Трубилина. – Краснодар: Совет. Кубань, 2004.

3 Столяров, А. И. Овощеводство / А. И. Столяров. – Краснодар: Совет. Кубань, 2000. – 400 с.

4 Тыктин, Н. В. Ранний картофель на Дону / Н. В. Тыктин. – Ростов н/Д.: Кн. изд-во, 1984. – 111 с.

5 Картофель / Д. Шпаар [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 272 с.

6 Особенности выращивания раннего картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studbooks.net/1195936/agropromyshlennost/osobennosti_vyraschivaniya_ran-nego_kartofelya, 2017.