

ISSN 2313-2248

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Научно-практический журнал

Выпуск № 4(64)/2016

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 № 4(64)/2016

Октябрь – декабрь 2016 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Заместитель главного редактора – доктор сельскохозяйственных наук, профессор Г. Т. Балакай

Ответственный секретарь – Е. А. Бабичева

Редакторы: доктор технических наук, доцент С. М. Васильев; кандидат технических наук Г. А. Сенчуков; кандидат технических наук А. А. Чураев; чл.-кор. РАН, доктор технических наук, профессор В. И. Ольгаренко; кандидат сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичев; кандидат технических наук Д. В. Бакланова; кандидат сельскохозяйственных наук Н. И. Балакай; кандидат сельскохозяйственных наук С. Г. Балакай; кандидат сельскохозяйственных наук О. В. Воеводин; кандидат сельскохозяйственных наук Л. А. Воеводина; кандидат сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаева; кандидат технических наук Ю. Е. Домашенко; кандидат технических наук А. С. Капустян; кандидат технических наук, доцент Г. Л. Лобанов; кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Н. М. Макарова; кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Монастырский; кандидат сельскохозяйственных наук С. А. Селицкий; кандидат технических наук В. В. Слабунов; кандидат технических наук, доцент А. И. Тищенко; кандидат технических наук А. С. Штанько; кандидат сельскохозяйственных наук Р. Е. Юркова

Технический редактор – Е. А. Бабичева

Литературный редактор – Л. В. Мельникова

Выпускающий – Л. И. Юрина

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 18.11.2016. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 24,31. Тираж 500 экз. Заказ № 97.

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 07.12.2016
Свободная цена

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии управления водными ресурсами в мелиоративном секторе АПК»

Кулик А. К., Власенко М. В. Стационарные исследования на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН.....	6
Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н., Бреева А. В., Мартынов Д. В. Современное состояние и пути решения проблем водохозяйственного использования Пролетарской оросительной системы.....	12
Тищенко А. П. Назначение очередного срока полива с помощью инструментального метода управления режимами орошения в Крыму	16
Насырова Н. Р., Гловацкий О. Я., Печейкина Е. А. Новые методы управления водно-энергетическими ресурсами в региональных условиях Республики Узбекистан.....	22
Сенчуков Г. А., Пономаренко Т. С. Применение компьютерного моделирования режимов водопотребления и водораспределения для повышения эффективности организации водопользования на оросительных системах	27
Сейтумеров Э. Э. Рациональное использование водных ресурсов Крыма как фактор совершенствования экономического развития в условиях дефицита воды.....	31
Клишин И. В., Сенчуков Г. А. Недорогой прибор для измерений и записи динамики изменения уровня воды в необорудованных створах каналов и рек	36
Турко С. Ю. Мелиорация кормовых угодий, сконструированных по аэротопическому признаку, на светло-каштановых почвах Ергенинской возвышенности.....	41
Капустян А. С. Порядок представления и анализ сведений для внесения в государственный водный реестр и мониторинг водных объектов.....	47
Махмудов И. Э., Мурадов Н., Эрнazarов А. Гидравлическая зависимость определения границ зоны опреснения вдоль ирригационных каналов в условиях неустановившегося движения.....	51
Алиферов А. В. Обоснование зон влияния водохозяйственных объектов на экологическое состояние природной среды.....	56
Жуйков А. Г. Урожайность кондиционных семян видов горчицы и их качественные показатели в зависимости от орошения в условиях Южной Степи Украины.....	62
Кременской В. И., Иванютин Н. М. Комплект оборудования системы капельного орошения для выращивания овощных культур.....	66
Школьная В. М., Завалюев В. Э. Законы автоматического регулирования уровня воды верхнего бьефа на водохозяйственных объектах	73
Рамазанов А., Файзуллаева М. Н. Процессы осолонцевания орошаемых почв пустынной зоны Узбекистана	78
Гостищев В. Д., Сенчуков Г. А., Пономаренко Т. С. Анализ и перспективы развития инновационных технологий использования водно-энергетических ресурсов на примере мелиоративного комплекса Большого Ставропольского канала.....	81
Чембарисов Э. И., Лесник Т. Ю., Хожамуратова Р. Т., Шодиев С. Р., Вахидов Ю. С. Гидрологический и гидрохимический режим реки Амударья в пределах Узбекистана	87

**Международная научно-практическая конференция
«Развитие оросительных мелиораций в условиях
дефицита водных и энергетических ресурсов»**

Иванютин Н. М., Подовалова С. В. Влияние антропогенной деятельности на качественные характеристики вод реки Салгир и их оценка по степени пригодности для целей орошения.....	95
Джапарова А. М. О возможности использования опресненной морской воды в системах водоснабжения и орошения в Республике Крым.....	103
Матвиенко А. О., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Исследования реагентного фракционирования животноводческих стоков оксихлоридным коагулянт-ом для целей орошения.....	109
Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д., Пономаренко Т. С. Анализ возможностей существующего водохозяйственного комплекса Крыма для нужд орошения сельскохозяйственных культур.....	113
Кулыгин В. А. Влияние уровней минерального питания на продуктивность корнеплодных культур в условиях орошения.....	115
Ляшевский В. И., Тищенко А. П., Волкова Н. Е., Иванютин Н. М. Водообеспечение сельскохозяйственной отрасли Крыма: Текущая ситуация и перспективы	120
Лапшова А. Г. Орошение сои в условиях сухостепной зоны Поволжья.....	125
Власов М. В. Расчет нормативных затрат на эксплуатацию оросительных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.....	129
Дугин Е. А., Новиков А. Е., Пындак В. И. Модернизация сооружений по утилизации бытовых сточных вод от частных домовладений с использованием локальной системы очистки.....	134
Пешкова В. О., Тимофеева Н. А., Лапшова А. Г., Лукашунас Ю. А. Орошение районированных и перспективных сортов сои в условиях дефицита водных ресурсов сухостепной зоны Поволжья.....	138
Чембарисов Э. И., Хожамуратова Р. Т., Шодиев С. Р., Лесник А. П. Особенности распределения минерализации и химического состава грунтовых вод орошаемой зоны Сурхан-Шерабадского оазиса.....	144
Капустян А. С. Обоснование объема и технические приемы использования дренажных вод на локальных оросительных системах	150
Сенчуков Г. А., Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н., Бреева А. В. Анализ некоторых показателей развития орошаемого земледелия в зоне ответственности Пролетарского магистрального канала в Ростовской области.....	155
Антонова Н. А., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. Исследования качественного состава композитного фильтрующего элемента для капельного орошения.....	160
Клишин И. В. Использование акустических доплеровских профилографов для решения задачи измерения расходов на магистральных мелиоративных каналах.....	164
Гловацкий О. Я., Печейкина Е. А., Драпун Д. О. Реализация гидропотенциала машинных оросительных систем деривационного типа.....	169

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Мных С. В., Поляков Г. Г. Проблемы ухудшения мелиоративного состояния рисовых севооборотов.....	174
Докучаева Л. М., Юркова Р. Е., Шалашова О. Ю. О правилах проведения мероприятий по химической мелиорации почв	177

Балакай Н. И. Роль защитных лесных насаждений в формировании микроклимата и водно-физических свойств почвы	182
Жук С. Л. К вопросу оценки качества искусственного дождя.....	187
Макарова Н. М. Лесные мелиорации прифермских территорий и санитарные показатели атмосферного воздуха.....	191

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Нишонов Ф. Х. Моделирование гидравлического удара при внезапной остановке насоса в гидротехнических сооружениях	196
Нишонов Ф. Х. Способы понижения возникновений кавитации и гидравлического удара в гидротехнических сооружениях	200

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Вагунин Д. А., Иванова Н. Н., Амбросимова Н. Н. Козлятник восточный в смеси со злаковыми травами на мелиорированных землях в условиях Нечерноземной зоны РФ	206
--	-----

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии управления водными ресурсами в мелиоративном секторе АПК»

УДК 631.214

А. К. Кулик, М. В. Власенко

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

СТАЦИОНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН

Представлены материалы исторической справки по различным направлениям исследований на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН, нацеленных на выбор хозяйственного использования песчаных земель, пространственного размещения пастбищ и способов оценки их биологической продуктивности, агротехнических приемов выращивания лесов. Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что при облесении сосной лишенных растительности, неперевеваемых автоморфных рыхлопесчаных отложений в период жизни молодняков и средневозрастных насаждений снижается их влагоаккумулирующая эффективность в среднегодовом выражении в 12–15 раз, а грунтовый сток осадков холодного периода – в 5 раз. Пополнение верхнего водоносного горизонта атмосферными осадками под ними происходит в основном в благоприятные для формирования вертикального стока влаги годы. При норме за холодный период 190–220 мм в такие годы сток может превышать 70 мм, но в среднем составляет 20–30 мм/год. В целом результатами многолетних стационарных исследований на комплексе явились решения ряда задач по сельскохозяйственному освоению песчаных земель и улучшению кормовой базы региона. Выполненные задачи по сбору информации о песчаных территориях позволили разработать методы и технологические приемы адаптивного лесоаграрного освоения песчаных земель, предотвращающие деграционные процессы, в условиях временной и пространственной динамичности климата и стихийных явлений.

Ключевые слова: гидрологический комплекс, формирование и динамики пресных вод, метод ландшафтных биоэкологических моделей, эдафический фактор, засухоустойчивость сосняков, кормовая база, аридные пастбища.

Введение. На территории Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (бывший ФГБНУ «ВНИАЛМИ») существует уникальное сооружение для проведения стационарных опытов и научно-исследовательских работ – гидрологический комплекс, который включает в себя вегетационные площадки и систему лизиметров. С момента основания (1982 г.) на территории комплекса силами научных сотрудников института ведутся работы по нескольким направлениям, в том числе: изучение гравитационного стока через зону аэрации, выявление закономерностей влияния эдафического фактора на засухоустойчивость сосняков, усовершенствование технологий фитомелиорации в аридных условиях Нижнего Поволжья и др.

В создание гидрологического комплекса и формирование основ научно-исследовательских работ большой вклад внесли сотрудники ВНИАЛМИ: В. И. Петров, Н. Ф. Кулик, Н. С. Зюзь, А. С. Манаенков, В. Н. Рогачев, А. Г. Терюков, В. П. Воронина, А. Ф. Гусиков, О. М. Баранова.

Материалы и методы. Методика работ на гидрологическом комплексе предусматривает применение общепринятых почвенно-гидрологических и агролесомелиоративных методик [1–4].

Результаты и обсуждение. Первое направление исследований на гидрологическом комплексе – вопросы формирования и динамики пресных природных вод, оно занимает одно из первоочередных мест среди задач, связанных с исследованием и практическим использованием естественных водных ресурсов. С учетом важности гравитационного стока в песчаных пустынях, в которых он формирует пресные линзы, обеспечивающие водоснабжением скот и население, в лизиметрах гидрологического комплекса изучается гравитационный сток через зону аэрации. Опыты закладывались под руководством Н. Ф. Кулика. Лизиметрическая измерительная система позволяет осуществлять мониторинг гидрологической ситуации в динамике. Уникальность данного комплекса заключается в надежном и устойчивом получении данных гидрологических наблюдений с требуемой точностью. Возможности лизиметров гидрологического комплекса включают: определение выпадающих осадков при помощи дождемеров-накопителей, влажности зоны аэрации термостатно-весовым методом, количества воды, вытекающей из лизиметра, расчет физического испарения, составление водного баланса по статьям: осадки, сток, испарение, изменение влажности зоны аэрации.

Лизиметрическая система состоит из восьми лизиметров, каждый из которых представляют собой металлическую емкость объемом 20 м^3 . Их длина – 3,60 м, ширина – 1,75 м. Дно лизиметров имеет уклон на глубине 3,0–3,5 м и водовыпуск для слива воды, нижняя часть – выпуск для слива воды. Имеется галерея, в которой проводится слив и измерение фильтрующейся воды. Другие источники поступления влаги, в том числе конденсация влаги из атмосферного воздуха как элемент влагонакопления, отсутствуют.

Два лизиметра (№ 2 и 7) загружены песком с Ергенинской возвышенности. Полевая влагемкость песков (ПВ) – 6 %, максимальная гигроскопичность (МГ) – 0,6–0,8 %, плотность – $1,5 \text{ г/см}^3$. Поверхность одного из этих лизиметров (№ 2) содержится в чистом состоянии, растительность регулярно уничтожается. Лизиметр (№ 7) покрыт слоем гальки 20 см размером 3–5 см для определения величины инфильтрации атмосферных осадков и величины испарения. Растительность на нем не появляется. Лизиметр № 4 загружен суглинком, его ПВ – 17 %, МГ – 4,5 % и плотность – $1,3 \text{ г/см}^3$. Лизиметр № 3 с суглинистой почвой в 2008 г. по аналогии с лизиметром № 7 был покрыт слоем гальки в 20 см. Все лизиметры имеют водовыпуск в подземную галерею, куда еженедельно или ежедневно сливается вода, и в ней замеряется ее количество (рисунок 1).



а

б

а – верхняя галерея; б – нижняя галерея

Рисунок 1 – Изучение гравитационного стока на гидрологическом комплексе

Для получения данных по влажности почвогрунтов в лизиметрах установлены датчики АМ-11 с кабельным выводом в лабораторный корпус. Электропроводность датчиков и влажность почв измеряются до глубины 2,5 м.

Наблюдения за выпадением осадков проводятся сотрудниками при помощи наземных дождемеров-накопителей. Весной, летом и осенью определяется влажность зоны аэрации послойно через каждые 10 см. Образцы отбираются при помощи бура конструкции Н. Ф. Кулика. Через каждые две недели определяется температура по глубинам 10, 50, 70, 100, 150 и 200 см при помощи электротермометра. Температура дублируется ртутным термометром при сливе воды и на глубине 50 см. Испарение измеряется балансовым методом и по формулам Н. Ф. Кулика. Появляющаяся растительность на лизиметрах № 2 и 7 уничтожается.

В начале и конце каждого периода исследуется влажность почвогрунта термостатно-весовым методом, определяется гравитационный сток и выпадающие осадки по формуле:

$$O_c = I_{\phi} + G_p C + \Delta B_{\text{л}},$$

где O_c – осадки, мм. Определяются при помощи наземных дождемеров-накопителей;

I_{ϕ} – физическое испарение. В летний период вычислялось по формулам Н. Ф. Кулика и водно-балансовым расчетам, мм;

$G_p C$ – грунтовый сток, мм. Определяется по еженедельным замерам и параллельно по водно-балансовым расчетам;

$\Delta B_{\text{л}}$ – изменение запасов воды в почвогрунтах на глубину 200 см (до верхней границы капиллярной каймы) через каждые 10 см, мм.

Изучение механизмов и динамики водного баланса песчаных массивов в условиях изменения климата и усиления антропогенных нагрузок сотрудниками института послужило основой создания базы данных многолетних режимных исследований, с помощью которой была разработана технология хозяйственного использования песчаных земель, пространственного размещения пастбищ, способов оценки их биологической продуктивности, выбора агротехнических приемов выращивания лесов и сельскохозяйственного освоения [2, 3, 5, 6].

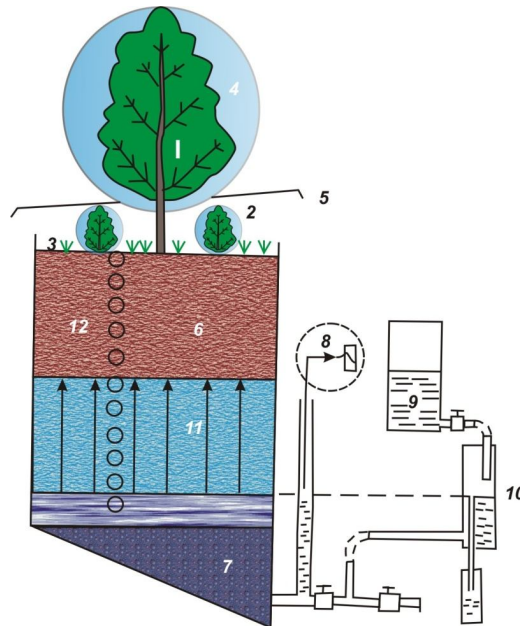
Другое направление исследований на гидрологическом комплексе, проводившихся методом ландшафтных биоэкологических моделей (рисунок 2), было реализовано под руководством В. И. Петрова. В 1986 г. была создана лизиметрическая модель лесопастбища на песках с управляемым водно-солевым режимом и разработана программа для изучения устойчивости трехъярусных пастбищных фитоценозов (травы + кустарники + деревья) в различных условиях увлажнения и засоления.

Растительный покров включал однолетние травы, кустарники или полукустарники и деревья. Состав покрова можно менять после получения необходимых данных. Возможно задавать соответствующие параметры водно-солевого режима модели, вызывать ее быстрое «старение» – выпадение из фитоценоза наименее солеустойчивых компонентов. При изменении ритмики и суммы выпадающих осадков было достигнуто опустынивание модели. После чего была проведена фитомелиорация опустынившего ландшафта ксерогалофитными видами растений.

На модели лесопастбища регистрировались физико-химические параметры ризосферы, определялись пороговые значения засоления и влажности для каждого яруса растительной формации. Управление солевым режимом осуществлялось путем подачи в лизиметр грунтовых вод разной минерализации. Водный режим варьировался посредством изоляции модели от атмосферных осадков и изменения уровня грунтовых вод.

Модель позволяет определять общий расход грунтовых вод на десукцию и отдельно по жизненным формам. Временная остановка водопотребления осуществлялась

путем покрытия того или иного яруса светопроницаемыми экранами. Влажность и температура ризосферы определялись дистанционно с помощью электротермометров, влагометров. Сумма выпадающих осадков регистрировалась pluвиографом, температура воздуха – термографом, продолжительность солнечного сияния – гелиографом.



1, 2, 3 – древесный, кустарниковый и травянистый ярус; 4, 5 – теневой и плювиальный экраны; 6 – почвенно-грунтовый субстрат ризосферы; 7 – гравийный дренаж; 8 – блочный самописец уровня грунтовых вод; 9 – емкость с раствором, питающим грунтовые воды; 10 – устройство формирования и стабилизации уровня грунтовых вод; 11 – капиллярная кайма грунтовых вод; 12 – датчики температуры, влажности и удельной электропроводности почвогрунта

Рисунок 2 – Изучение модели лесопастбища

Еще одна линия исследований в гидрологическом комплексе была направлена на получение данных и выявление закономерностей влияния эдафического фактора на засухоустойчивость сосняков. Опыт был заложен под руководством А. С. Манаенкова в 1993 г.: на пяти металлических лизиметрах было высажено по 30 двухлетних сеянцев сосны. Сотрудниками проводились наблюдения за влажностью субстратов, грунтовым стоком влаги, ростом и сохранностью деревьев, динамикой запаса и влажностью хвои в течение 7–13 лет.

Полученные исследования свидетельствуют о том, что при облесении сосной лишенных растительности, непереваемых автоморфных рыхлопесчаных отложений в период жизни молодняков и средневозрастных насаждений их влагоаккумулирующая эффективность снижается в среднегодовом выражении в 12–15 раз, а грунтовый сток осадков холодного периода – в 5 раз. Пополнение верхнего водоносного горизонта атмосферными осадками под ними происходит в основном в благоприятные для формирования вертикального стока влаги годы. При норме за холодный период 190–220 мм в такие годы сток может превышать 70 мм, но в среднем составляет 20–30 мм/год [4].

Учет сохранности деревьев на лизиметрах выявил, что на бедных песках продолжительность периода большого роста сосны зависит от их густоты и времени наступления первой острой почвенной засухи. Угнетение роста культур на песках не сопровождается самоизреживанием древостоя [4].

Другое направление исследований в гидрологическом комплексе нацелено на улучшение кормовой базы региона. На 16-ти вегетационных площадках проводятся опыты по адаптации кормовых растений к условиям произрастания и совершенствованию методов агротехники их возделывания (рисунок 3) [1, 7, 8].



Рисунок 3 – Vegetационные площадки гидрологического комплекса

В период с 1993 по 2008 г. под руководством О. М. Барановой проводились опыты по размножению однолетних и многолетних лекарственных трав, эфирномасличных, пищевых, технических культур. Они включали в себя изучение их продуктивного долголетия (иссоп, душица, шалфей мускатный, кровохлебка, девясил, рута, тархун, канупер бальзамический) и долголетия пребывания в одном поле (сильфия пронзеннолистная) (рисунок 4) [9, 10].



* – кровохлебка лекарственная посадки 2001 г.; ** – душица обыкновенная посадки 2001 г.;
 *** – тархун посадки 2000 г.

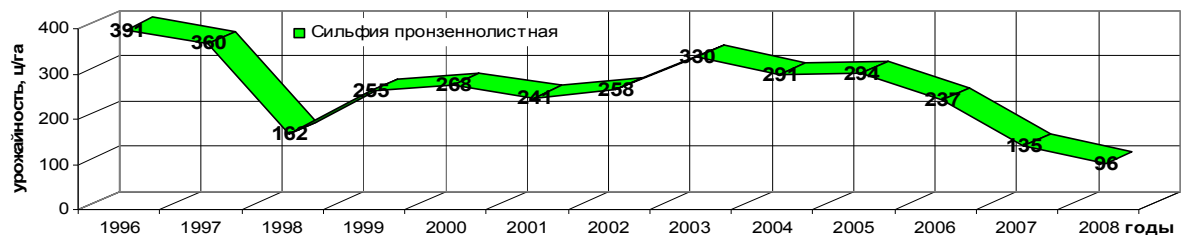
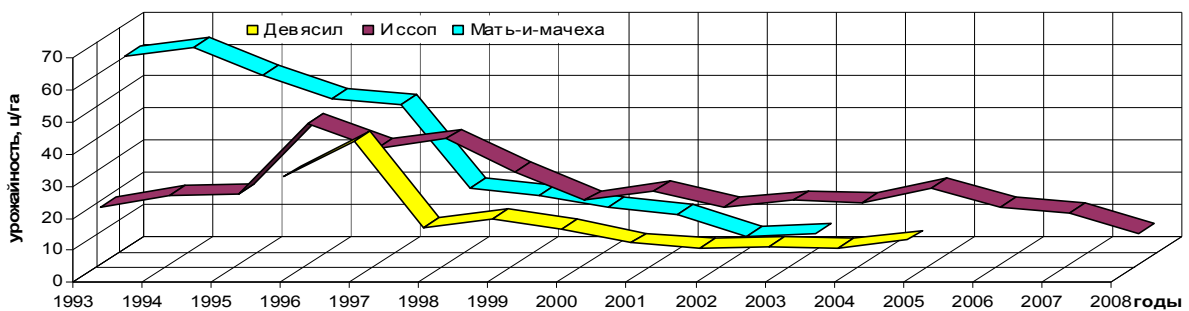


Рисунок 4 – Урожайность многолетних лекарственных трав, 1993–2008 гг.

В этот же период проводились испытания лекарственно-кормовых и лекарственно-травных севооборотов по схемам:

Схема 1: поля 1–4 – многолетние кормовые травы; поле 5 – однолетние лекарственные травы;

Схема 2: поля 1–3 – многолетние кормовые или лекарственные травы; поле 4 – двулетние лекарственные травы; поле 5 – второй год вегетации двулетних лекарственных трав;

Схема 3: поля 1–3 – многолетние лекарственные травы; поле 4 – однолетние лекарственные травы; поле 5 – однолетние кормовые травы.

С многолетних лекарственных трав ежегодно получали посевной материал для продолжения испытаний и закладки новых опытов. Проводился анализ закономерностей динамики фитомассы отдельных культур в севообороте, для чего осуществлялся учет фитомассы, данные за предыдущие годы наблюдений обобщались и анализировались. Кормовые и лекарственные растения, испытываемые в севооборотах с разработкой элементов агротехники, рекомендовались для дальнейшего введения в культуру и возделывания в производственных условиях [11].

На вегетационных площадках изучаются перспективные для проведения поверхностного и коренного улучшения пастбищных угодий многолетние кормовые травы и травосмеси, обладающие хорошей зимостойкостью, устойчивостью к засухе, высокой продуктивностью и другими ценными признаками (житняк гребневидный, кострец безостый сорта Вегур, кострец безостый сорта Ставропольский-35, пырей сорта Солончаковский, пырей удлиненный и др.). Выявлены их долголетие, уровень адаптации к условиям среды, урожайность и семенная продуктивность. Опыты по данной тематике были заложены под руководством В. П. Ворониной в 2008 г.

Наряду с этим сотрудниками института создавались модели пастбищных агроценозов с учетом сезонного использования, изучались эдафические факторы и их роль в формировании пастбищных фитоценозов, а также другие факторы, влияющие на рост и развитие кормовых трав. Это позволяет прогнозировать продуктивность и кормоемкость аридных пастбищ в разные сезоны использования, а также рекомендовать травосмеси для полноценного высокопродуктивного травостоя [7, 8].

Испытание многолетних кормовых трав в экстремальных агроклиматических условиях показало стабильное получение высокопитательного пастбищного корма и полноценных семян даже при неблагоприятных метеорологических условиях. Все исследуемые кормовые виды отмечены как перспективные, это позволит обеспечить в будущем надежное кормопроизводство в регионе.

Выводы. На основе проведенных испытаний и полученных данных на территории гидрологического комплекса научные сотрудники ежегодно формируют отчеты, публикуют научно-исследовательские работы, в том числе статьи, монографии, рекомендации и технологии, выступают с докладами на региональных и международных конференциях, симпозиумах и форумах. Выполненные задачи по сбору информации о песчаных территориях позволили разработать методы и технологические приемы адаптивного лесоаграрного освоения песчаных земель, предотвращающие деграционные процессы, в условиях временной и пространственной динамичности климата и стихийных явлений. Разработки предусматривают научные изыскания в части определения критериев лесопригодности песков, оптимальных параметров лесистости песчаных территорий, способов развития пастбищного животноводства на песках, повышения лесохозяйственной эффективности, а также охраны от пожаров лесных насаждений.

Список использованных источников

1 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. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 104–110.

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

3 Кулик, А. К. Водный режим и баланс влаги песчаных земель Нижнего Дона: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Кулик Алексей Константинович. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2005. – 143 с.

4 Манаенков, А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны / А. С. Манаенков. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 420 с.

5 Кулик, А. К. Опреснение и водность р. Кумылги под влиянием песков / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 56. – Ч. 2. – С. 14–19.

6 Кулик, А. К. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона / А. К. Кулик, М. В. Власенко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 89–94.

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 Турко, С. Ю. Математическое описание процессов роста и урожайности кормовых культур в аридных условиях / С. Ю. Турко, М. В. Власенко, А. К. Кулик // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2(38). – С. 18–22.

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. Продуктивность и флористическое разнообразие пастбищ Сарпинской низменности под влиянием фитомелиорации: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Власенко Марина Владимировна. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2014. – 208 с.

11 Власенко, М. В. Эколого-ботанический анализ лекарственной флоры Арчедино-Донского песчаного массива на основных типах местообитания / М. В. Власенко, А. К. Кулик // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 78–84.

УДК 626.80; 626.81/.84

Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков, А. В. Бреева, Д. В. Мартынов

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

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОЛЕТАРСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Целью исследования являлся анализ современного состояния водохозяйственного комплекса Пролетарской оросительной системы и основных факторов, влияющих на его стабильное развитие. Представлены количественные показатели работы канала, объемы водопотребления, основные статьи расхода, объем потерь при транспортировке и пр. Обозначены основные проблемы и предложены пути их решения.

Ключевые слова: оросительная система, водораспределение, водоучет, водохозяйственное использование, гидродинамическое цифровое моделирование.

Основными направлениями государственной политики в области использования водных ресурсов, согласно «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года», являются гарантированное обеспечение водными ресурсами населения и отраслей экономики и повышение рациональности использования водных ресурсов.

В настоящее время основными проблемами большинства существующих оросительных систем 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 повышение уровня и темпов развития водного хозяйства приводят к значительным трудностям в плане связей водоисточников с водопользователями. По мере роста дефицита водных ресурсов возрастают требования к качеству, динамике управления водораспределением на оросительной системе и обеспечению оптимальности решений в планировании использования водных ресурсов с учетом экологической безопасности.

Материал получен на основе анализа сведений, представленных эксплуатационной организацией Пролетарской оросительной системы (Пролетарский филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Ростовской области»), а также данных визуального осмотра объекта исследований, инженерно-геодезических изысканий и информации из открытых источников [1]. В состав эксплуатационных данных входили следующие материалы: схема водохозяйственного использования оросительной системы, ведомости объема водозабора и водопотребления на нужды орошения из Донского магистрального канала, технические характеристики средств водоучета, а также водный баланс системы.

Анализ полученных данных показал, что на Пролетарской оросительной системе произошло увеличение суммарного объема расхода воды, при этом орошаемые площади сократились с 30,2 тыс. га (1997 г.) до 22,8 тыс. га (2014 г.). Более того, по данным эксплуатационной организации прогнозируемый суммарный объем расхода воды на Пролетарской оросительной системе к 2018 г. увеличится до 720,633 млн м³. На рисунке 1 представлены основные статьи расхода воды из Пролетарского магистрального канала по данным 2015 г.

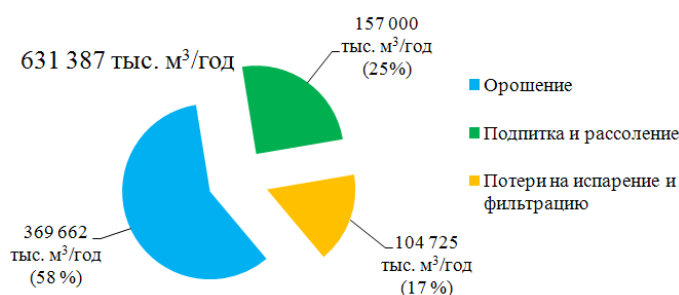


Рисунок 1 – Основные статьи расхода воды из Пролетарского магистрального канала

Пролетарский филиал подает воду одиннадцати хозяйствам-водопользователям Мартыновского (ОАО «Цимлянский») и Пролетарского районов по основной ветви магистрального канала и пойменного распределителя ПР-1 (рисунок 2).

Половина всех орошаемых земель, обслуживаемых Пролетарской оросительной системой, сосредоточены в хозяйствах ООО «Аргмак» и ООО «Энергия» (рисунок 3).

На эти хозяйства также приходится половина объема водопотребления (рисунок 4). Анализ производственных данных показал, что с 2014 г. фактическая орошаемая площадь не изменилась, но при этом в ООО «Аргмак» Пролетарского района 300 га площадей, отведенных под зерновые культуры, использовалось для возделывания риса.

Вследствие чего водопотребление этого хозяйства увеличилось на 6588 тыс. м³. В настоящее время и в ряде других хозяйств площади для зерновых используются под рис, таким образом, происходит увеличение водопотребления. По сравнению с 2014 г. водопотребление хозяйств возросло на 13176 тыс. м³, это, в свою очередь, привело к повышению значений нормативного расчета водопотребления на нужды орошения по Пролетарскому филиалу.



Рисунок 2 – Схема расположения хозяйств-водопользователей

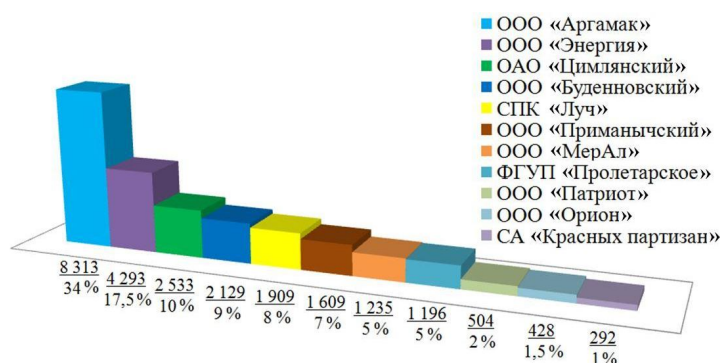


Рисунок 3 – Физическая площадь хозяйств (га), обслуживаемых Пролетарской оросительной системой в 2014 г.

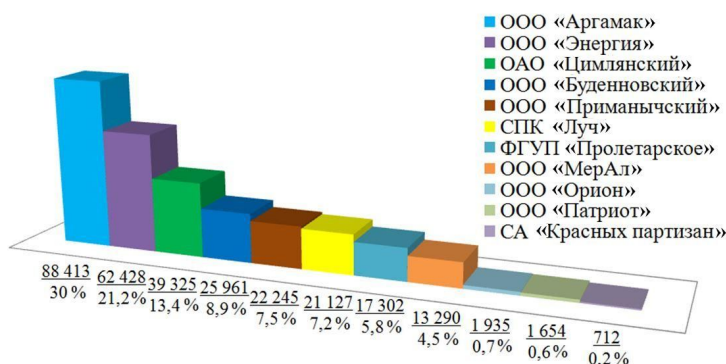


Рисунок 4 – Объем водопотребления хозяйствами из Пролетарского магистрального канала в 2014 г. (нетто, тыс. м³)

Что касается общего технического состояния магистрального канала, то в настоящее время оно оценивается как неудовлетворительное. В процессе многолетней эксплуатации бетонная облицовка на сооружениях подверглась разрушению, а вследствие форсированных расходов ложе канала было размыто и утратило свои проектные характеристики. По оценочной ведомости за 2014 г. износ объектов Пролетарской оросительной системы (ложе канала и ГТС) составил 85–100 %, при этом КПД внутрихозяйственной сети в Пролетарском массиве составляет 0,69, это приводит к большим потерям воды при транспортировке (порядка 30 %) (рисунок 5).



Рисунок 5 – Общий объем водопотребления на нужды орошения из Пролетарского магистрального канала в 2014 г.

Расчет объемов забора воды на орошение производится, исходя из состава сельскохозяйственных культур под полив (зерновые, гречиха, кукуруза, овощи, картофель, бахчевые, кормовые культуры), в соответствии с принятой структурой сельскохозяйственных культур, представленных в ведомственных нормах [2, 3]. Из 24,4 тыс. га общей площади орошаемых земель около 70 % отведено под возделывание зерновых культур, из них 43 % занято рисом, на орошение которого уходит 84 % от всего объема водоподдачи, таким образом, рис является наиболее водоемкой культурой на Пролетарской оросительной системе. Во всех хозяйствах области сейчас существует и действует ирригационная система инженерного типа. Рис на засоленных землях выращивается при постоянном затоплении. Полив и сброс воды с рисовых чеков осуществляется автономно, что необходимо для засоленных земель. При этом утвержденные (фактические) при возделывании риса нормы водопотребления отсутствуют, поэтому при расчетах подачи воды используются данные, представленные в методике возделывания риса [4]. Следует также отметить, что по данным эксплуатации объем, необходимый на подпитку и рассоление водохранилищ, используется для нужд орошения, так как хозяйства, находящиеся в концевой части канала, не получают требуемый объем воды.

Таким образом, данные анализа состояния Пролетарской оросительной системы свидетельствуют о наличии в производственной практике случаев нерационального использования фермерскими хозяйствами выделенной по лимиту воды вследствие завышенных в нормативных документах норм водопотребления, официально утвержденных для обоснования водозабора, что совершенно противоречит применяемому в настоящее время принципу лимитированного водопользования. Кроме того, в настоящее время вся мелиоративная сеть приходит в негодность из-за отсутствия достаточных материальных ресурсов на ее содержание: производство капитальных и текущих ремонтов, оснащение техническими средствами автоматизации и телемеханизации водозабора и водораспределения и т. д. Это приводит к грубому нарушению системных планов водораспределения, внутрихозяйственных планов водопользования, а также снижению эффективности использования орошаемых земель.

Несмотря на работоспособное техническое состояние каналов Пролетарской оросительной сети, для обеспечения их надежности необходимо выполнение комплексных капитальных ремонтов, что требует больших затрат. Проблему повышения эффективности работы оросительной системы в условиях возрастания затрат на ее эксплуатацию можно решить и на основе организационных и технических мер: применение более эффективных, модернизированных механизмов водозаборных сооружений, современного оборудования, средств механизации и автоматики. Необходимо оснащать водозаборные узлы надежными системами датчиков, которые позволяют контролировать уровни, открытие затворов, пропускаемые расходы воды, отметки дна в опасных местах размывов или завалов наносами перед порогами головных сооружений и т. п.

Решить задачу рационального и эффективного использования водных ресурсов можно также при помощи проведения производственных исследований с применением современных средств измерения и инновационных программных компьютерных средств гидродинамического цифрового моделирования, которые в настоящее время практически не используются в мелиоративном комплексе России.

Список использованных источников

1 Официальный портал Администрации Пролетарского района Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proletarsk.donland.ru>, 2015.

2 Нормы расходов воды потребителей систем сельскохозяйственного водоснабжения: ВНТП-Н-97: утв. Минсельхозпродом РФ 14.02.95: введ. в действие с 01.04.97. – М.: Союзводпроект, 1997. – 34 с.

3 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84: утв. Госстроем СССР 27.07.84: введ. в действие 01.01.85. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1984. – 164 с.

4 Тулякова, З. Ф. Рис на Северном Кавказе / З. Ф. Тулякова. – Ростов н/Д.: Ростовское книжное издательство, 1973. – 116 с.

УДК 631.67:633.11

А. П. Тищенко

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

НАЗНАЧЕНИЕ ОЧЕРЕДНОГО СРОКА ПОЛИВА С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ОРОШЕНИЯ В КРЫМУ

Целью исследований являлось определение очередного срока полива с помощью инструментального метода управления режимами орошения в Крыму. При назначении очередного срока полива необходимо знать суточные величины осадков, поливов и суммарного испарения. Для эффективного управления режимами орошения измерялись суточные величины суммарного испарения с помощью крупногабаритных модельных установок – гидравлических почвенных балансомеров. Исследованиями установлено, что при оптимальном увлажнении почвы после смыкания травостоя в активный период роста суммарное испарение не зависит от культуры, то есть со всех культур будет одинаковым по величине. Это дает возможность группировать культуры по вегетационным периодам. Так, кукурузу, сою, свеклу, подсолнечник высевают примерно в одни сроки. У пропашных смыкание травостоя происходит одновременно, следовательно, их можно объединить в группу и, измеряя суммарное испарение с одной из культур, например, кукурузы, можно управлять режимами орошения всей группы, так как величины суммарного испарения с этих культур будут одинаковые. Вторую группу составляют зерновые колосовые (озимая и яровая пшеница, озимый и яровой ячмень, овес). В третью группу входят многолетние травы.

Ключевые слова: суммарное испарение, гидравлический почвенный балансомер, режим орошения, срок полива, водный баланс.

Назначение очередного срока полива является основным звеном в управлении режимами орошения. Для этого необходимо знать суточные величины осадков, поливов и суммарного испарения. Так как осадки измеряются осадкомерами, поливы – водомерами различных конструкций, то основной трудностью в вопросе оперативного назначения очередных сроков поливов является точность измерения величин суммарного испарения за интервал, не превышающий одних суток. Также большое значение имеет оперативность доставки информации о величинах суммарного испарения до водопользователей, что на современном уровне развития связи не является большой проблемой.

В последнее время появилось много аналитических методов управления режимами орошения, оснащенных большим арсеналом современной счетно-вычислительной техники. Все эти методы при расчетах режимов орошения основываются не на измерении, а на расчете величин суммарного испарения, которые за короткие интервалы времени (5–10 сут) имеют низкую точность.

Существующие аналитические методы расчета суммарного испарения, используемые при управлении режимами орошения, можно разделить на две группы.

К первой (более точной) группе относятся метод, позволяющий вычислять величины суммарного испарения за интервалы до 10 сут с погрешностью 25 %. При этом требуется большой объем вводимой в расчет гидрометеорологической информации, необходимо привлечение специалистов высокой квалификации и громоздкого вычислительного аппарата.

Ко второй группе относятся методы, в расчет которых вводится одна (или две) косвенная характеристика. Этими методами можно вычислить суммарное испарение за интервал не менее одного месяца.

И в первом, и во втором случае результаты расчетов можно применять для проектирования оросительных систем и составления планов водопользования, а для расчетов и управления режимами орошения необходимы суточные величины как осадков и поливов, так и суммарного испарения, а их можно получать только путем прямых измерений.

Расчет величин суммарного испарения методом водного баланса для управления режимами орошения также малоприменим вследствие его низкой точности (погрешность 22 %), большой трудоемкости и неоперативности. Поэтому величины суммарного испарения, рассчитанные методом водного баланса, можно использовать как контрольные за интервалы, равные вегетационному периоду данной сельскохозяйственной культуры.

В связи с этим для эффективного управления режимами орошения мы пошли по пути прямых инструментальных измерений суточных величин суммарного испарения с помощью крупногабаритных модельных установок – гидравлических почвенных балансомеров.

Принципиальная схема балансомера аналогична схеме гидравлического почвенного испарителя ГР-17, разработанного в Государственном гидрологическом институте (ГТИ) В. А. Урываевым и П. Н. Бурцевым [1, 2].

Гидравлический почвенный балансомер представляет собой замкнутую систему, позволяющую исследовать каждый элемент в отдельности и водный баланс в целом. Конструкцией прибора предусмотрена регистрация на ленте самописца внутрисуточного хода измеряемых элементов водного баланса с заданной точностью.

Принцип действия балансомера основан на переводе величины суммарного испарения в простое механическое линейное перемещение плавающей системы с записью его на ленте самописца и последующим переводом в линейную величину суммарного испарения [3–5].

Изменение влагозапаса почвенного монолита определяется по степени погружения плавающей системы при изменении веса монолита относительно уровня воды в ба-

ке, в который помещается плавающая система. При этом используется равенство, лежащее в основе принципа гидростатического взвешивания:

$$\Delta P = \Delta i \cdot F \cdot \rho_{ж}, \quad (1)$$

где ΔP – изменение массы плавающего тела;

Δi – величина изменения степени погружения под влиянием изменения его массы;

F – площадь поперечного сечения плавающего тела;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, в которой плавает тело.

Гидравлический почвенный балансомер (рисунок 1) состоит из плавающей системы, бака с водой, настила и регистрирующего устройства (самописца).

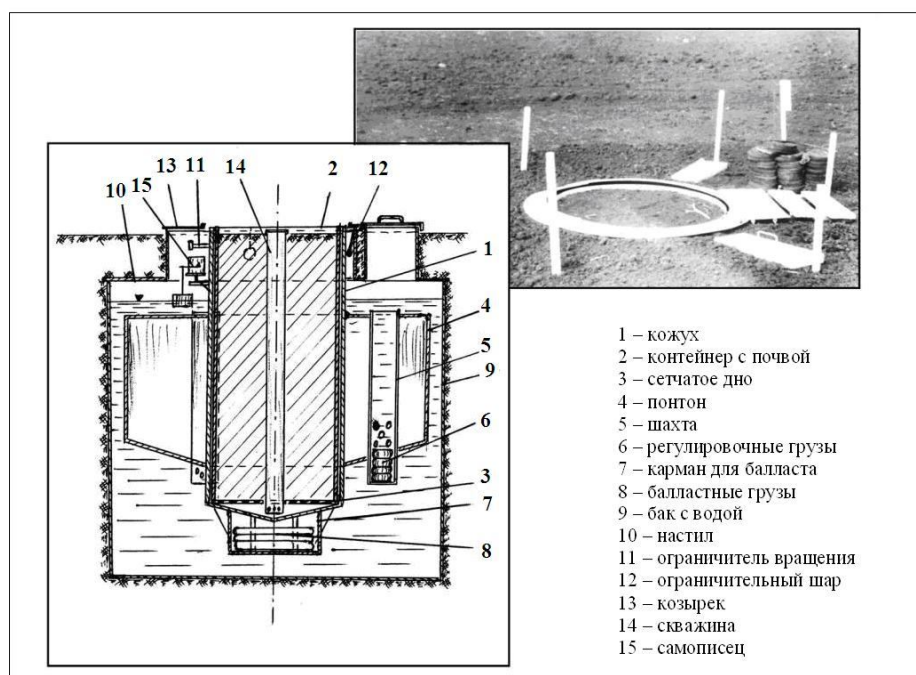


Рисунок 1 – Беспавильонный гидравлический почвенный балансомер

Плавающая система представляет собой цельносварную конструкцию, состоящую из кожуха 1, в который помещается контейнер 2, заполненный почвенным монолитом, удерживаемым в контейнере посредством сетчатого дна 3, понтона 4, приваренного к кожуху, трех шахт 5, в которых расположены регулировочные грузы 6, кармана 7 с балластными грузами 8. Бак 9 предназначен для помещения в него плавающей системы. Настил 10 укладывается на бак после заполнения его водой и помещения в него плавающей системы. Для того чтобы плавающая система не вращалась вокруг своей оси, к стенке кожуха возле самописца приварены два ограничителя 11. Для того чтобы контейнер не прислонялся к горловине настила, между горловиной и верхней частью контейнера размещены на гибких подвесках три деревянных шара 12. Таким образом, плавающая система свободно плавает в баке и ничем не крепится к горловине настила, обеспечивая высокую точность и качественную запись величин суммарного испарения и других элементов водного баланса, измеряемых балансомером.

Зазор между горловиной настила и контейнером закрывается козырьком 13, а для вычерпывания просочившейся на дно контейнера воды (от дождя и поливов) служит скважина 14. Кроме того, если в скважину вмонтировать водорегулирующее устройство, балансомер будет работать как лизиметр. Самописец 15 регистрирует на ленте величины вертикального перемещения плавающей системы относительно уровня воды в баке.

Испаряющая площадь поверхности почвенного монолита принята $0,75 \text{ м}^2$, высота монолита – 2,0 м, чувствительность плавающей системы 75 г, наименьшие измеряемые величины водного баланса, приведенные к слою воды 0,1 мм.

Экспериментальными исследованиями установлено, что при таких размерах измеренные прибором величины суммарного испарения не требуют приведения к полю, что важно при оперативном управлении режимами орошения, то есть измеренные с помощью балансомера величины суммарного испарения являются репрезентативными полю. В контейнере балансомера может произрастать любая сельскохозяйственная культура, а также дикорастущая травянистая растительность. Балансомер размещается на производственном поле не ближе 100–150 м от близлежащего его края.

Назначение очередного срока полива осуществляется для каждого поля в отдельности. При этом измерение элементов водного баланса, входящих в расчет режима орошения (осадки, поливы, суммарное испарение) расчетного (корнеобитаемого) слоя почвы, проводится ежедневно, что позволяет вычислить на конец текущего дня остаток активных влагозапасов на каждом поле. Изменение влагозапасов при рациональном режиме орошения находится в пределах поливной нормы, имея в расчетном слое почвы нижним пределом увлажнения влажность разрыва капилляров (ВРК). После снижения влагозапасов до этой величины необходимо провести полив. В количественном выражении ВРК соответствует 71 % НВ (или 2350 м³/га) общих влагозапасов в метровом слое почвы. При этом, как указывалось выше, поливная норма не должна превышать 500 м³/га. После полива указанной нормой общие влагозапасы в метровом слое почвы составят: 2350 + 500 = 2850 м³/га. При этом до НВ увлажнится не вся метровая толща, а только верхний (0,55 м) слой почвы, ниже лежащий же слой останется увлажненным до уровня ВРК, то есть увлажнение останется на том же уровне, что и до полива. Речь идет о слое почвы 0,55–1,00 м. В этом слое образуется почвенная емкость, в которой может аккумулироваться 430 м³/га. В случае наложения на полив значительных по величине осадков, они будут аккумулироваться в этом слое почвы, предотвращая, таким образом, потери влаги за пределы метрового слоя почвы, что в конечном счете позволит избежать потерь поливной воды, а с ней – и питательных веществ на фильтрацию за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

В основе назначения очередного срока полива орошаемого поля лежит уравнение водного баланса расчетного слоя почвы:

$$AB_{исх} + M + X = E + AB, \quad (2)$$

где $AB_{исх}$ – исходные активные влагозапасы, определенные термостатно-весовым методом, м³/га;

M – поливная норма нетто, м³/га;

X – осадки, м³/га;

E – суммарное испарение, м³/га;

AB – остаток активных влагозапасов на конец текущего дня, м³/га.

После расходования активных влагозапасов (AB) на суммарное испарение (E) наступит дата очередного полива. Расчет выполняется в расчетной ведомости (таблица 1).

Таблица 1 – Учетная ведомость элементов водного баланса орошаемого поля

Дата	Приход, м ³ /га		Расход, м ³ /га	Остаток активных влагозапасов на конец текущего дня $AB = AB_{исх} + M + X - E$, м ³ /га	Примечание
	Поливы (M)	Осадки (X)	Суммарное испарение (E)		
1	2	3	4	5	6
10.06				125	
11.06			35	90	
12.06		180	35	235	
13.06			45	190	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
14.06		10	10	190	«Полив» (отме- нен)
15.06			25	165	
16.06		30	35	160	
17.06		10	35	135	
18.06			25	110	
19.06		10	20	100	
20.06		5	30	75	
21.06			30	45	
22.06			25	20	
23.06	575		25	570	«Полив»

Для того чтобы ввести данное поле в управляемый режим орошения, необходимо термостатно-весовым методом определить исходные общие влагозапасы $V_{исх}$ до глубины 1,0 м, из которых затем вычесть влагозапасы ВРК. Полученная разность представляет собой исходные $AB_{исх}$, которые будут являться начальной величиной для оперативных расчетов. Например (таблица 1), поле решили ввести в управляемый режим орошения с 10 июня. $V_{исх}$, определенные 10 июня в метровом слое термостатно-весовым методом, составили 2475 м³/га. Значение ВРК для метрового слоя почвы равняется 2350 м³/га. Следовательно, $AB_{исх}$ будут равняться 2475 – 2350 = 125 м³/га. Эти 125 м³/га заносятся в учетную ведомость данного поля как исходная величина в графу 5 в таблице 1. После расходования этих 125 м³/га на суммарное испарение при отсутствии осадков наступит срок полива. Дальнейшие расчеты режима орошения представлены в таблице 1.

Прогноз даты очередного полива выдается за три дня по тенденции хода суммарного испарения за три прошедших дня. Например, на поле, занятом кукурузой на зерно, остаток AB на конец дня 3 июля составил 170 м³/га. Интенсивность суммарного испарения с 1 по 3 июля составила в среднем за одни сутки 50 м³/га. Разделив 170 на 50, получаем, что через три дня, то есть 6 июля, необходимо начинать полив. Таким образом, 6 июля будет датой прогноза полива поля № 2. Дата прогноза отмечается в учетной ведомости в графе 6 словом «полив».

Выпавшие осадки отодвигают очередной полив на более позднюю дату. Например, 11 июня был дан прогноз полива на 14 июня, но осадки, выпавшие 12 июня и в последующие дни, отодвинули полив с 14 на 23 июня. Если в поливной период выпали осадки, по величине близкие к поливной норме, то дата очередного полива назначается после того, как на испарение израсходуется 250–300 м³/га. Начальная поливная норма в этом случае должна быть также 250–300 м³/га. Норму полива с каждым днем следует увеличивать на величину суммарного испарения за предыдущие сутки, доводя ее до оптимальной. Если же ждать полного расходования AB , то произойдет пересушка поля, так как дата полива наступит на всех полях практически одновременно, при этом не хватит дождевальными машин, чтобы одновременно полить все поля, к тому же оросительная сеть не пропустит необходимого количества воды.

Исследованиями установлено, что при оптимальном увлажнении почвы после смыкания травостоя в активный период роста суммарное испарение не зависит от культуры, то есть со всех культур будет одинаковым по величине. Это дает возможность группировать культуры по вегетационным периодам. Так, кукуруза, соя, свекла, подсолнечник сеются примерно в одни сроки. Смыкание травостоя у пропашных происходит одновременно, следовательно, их можно объединить в группу и, измеряя суммар-

ное испарение с одной из культур, например, кукурузы, можно управлять режимами орошения всей группы, так как величины суммарного испарения с этих культур будут одинаковые. Вторую группу составляют зерновые колосовые (озимая и яровая пшеница, озимый и яровой ячмень, овес). В третью группу входят многолетние травы.

Управление режимом орошения осуществляется следующим образом: ежедневно специалист, отвечающий за управление режимами орошения в целом по хозяйству, получает данные с балансомерных кустов о величинах суммарного испарения с различных сельскохозяйственных культур за прошедшие сутки, после чего вычисляет оставшиеся на конец прошедшего дня АВ для каждого орошаемого поля своего хозяйства. Расчет производится в учетных ведомостях, которые составляются на каждое орошаемое поле и ведутся постоянно, причем с 1 марта по 31 октября расчет выполняется ежедневно, а с 1 ноября по 28 февраля – суммарно за осенне-зимний межполивной период.

На основании заполненных учетных ведомостей составляется оперативная ведомость запасов активной влаги (таблица 2). АВ переносятся в оперативную ведомость (таблица 2, графы 5–8) из учетных ведомостей (таблица 1, графа 5).

Таблица 2 – Оперативная ведомость запасов активной влаги на севообороте № 1, водовыпуск – НС97а

№ поля и его площадь			1–88	2–74	3–78	4–69	5–80
Сельскохозяйственная культура			Озимая пшеница	Кукуруза на зерно	Люцерна	Кукуруза на силос	Кукуруза на силос
Поливная норма, м ³ /га			500	500	500	500	500
Дата	Заявка на воду, л/с	Фактическое использование воды, л/с	Активные влагозапасы на полях, м ³ /га				
26.06	200	200	480	445:	310	620: *	200
27.06	200	200	380	410:	210	585:	165
28.06	200	200	270	380:	105	555:	135
29.06	200	200	190	345:	20	530:	110
30.06	200	200	120	300	650: *	485:	65
01.07	200	200	70	280	595:	465:	56
02.07	300	200	5	220	530:	405:	-15: *
03.07	200	200	-50	170	475:	355	535:
04.07	200				:		:
05.07	200				:		:
06.07	300			: *	:		:
07.07	300			:	:		:

Примечание – условные обозначения: * – прогноз даты полива; : – прогноз продолжительности полива; | – фактический полив.

Оперативная ведомость составляется по севооборотам, которые, как правило, привязаны к определенному водовыпуску. В оперативной ведомости, кроме АВ, оставшихся на соответствующих полях данного севооборота, отмечаются также даты очередных поливов (прогнозируемые), продолжительность полива этого поля (прогнозируемая и фактическая), а также заявка на воду службе управления оросительных систем заблаговременно (за 3–4 дня) и фактическое ее использование.

Прогноз продолжительности полива устанавливается в зависимости от площади поля, типа дождевальной машины и величины поливной нормы. Например, поле (таблица 1, графа 5) имеет площадь 74 га и поливается дождевальной машиной ДДА-100МА, производительностью 10 га в 1 сут. Поэтому данное поле будет поливаться 7 дней, то есть с 6 по 12 июля.

Располагая датами поливов, нетрудно предусмотреть распределение дождеваль-

ных машин, их перегруппировку, запланировать проведение агротехнических и других мероприятий на поле (подкормка, междурядная обработка, опрыскивание и др.).

Так как все элементы водного баланса измеряются ежедневно и с высокой точностью, то в отборе проб почвы на определение влагозапасов (кроме исходных) и сборе метеоданных (кроме осадков) нет необходимости.

Контроль соблюдения режимов орошения и использования оросительной воды возлагается на специалистов хозяйств и работников управлений водного хозяйства.

Список использованных источников

1 Урываев, В. А. Экспериментальные гидрологические исследования на Валдае: монография / В. А. Урываев. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 231 с.

2 Федоров, С. Ф. Опыт эксплуатации гидравлического почвенного испарителя малой модели (ГПИ-51) / С. Ф. Федоров // Труды ГПИ. – 1954. – Вып. 45.

3 Оперативный гидравлический почвенный балансомер: а. с. по классу А01 05Д9/00 СССР, ДСП SU 1826782 А1 G 05 D 9/00 / А. П. Тищенко, П. В. Тищенко (СССР). – № 1626762.

4 Тищенко, П. В. «Служба урожая» в системе орошения / П. В. Тищенко. – Симферополь: Таврия, 1988. – 128 с.

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

УДК 627.881:626.83

Н. Р. Насырова, О. Я. Гловацкий

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Е. А. Печейкина

Акционерное общество «Гидропроект», Ташкент, Республика Узбекистан

НОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

В статье рассматриваются методы управления водными ресурсами в региональных условиях Республики Узбекистан. Реконструкция систем машинного водоподъема может обеспечить наибольший экономический и экологический эффект. Использование новых методов режимов эксплуатации предусматривает совершенствование технического состояния основных элементов гидротехнического узла и насосов. Результаты натурных испытаний использованы при управлении водными ресурсами Аму-Бухарского, Аму-Зангского, Каришинского машинных каналов.

Ключевые слова: насосные станции, эксплуатация, реабилитация, модернизация, водно-энергетические ресурсы.

Эксплуатация насосных станций (НС) на мелиоративных системах предполагает усовершенствование конструкции их отдельных элементов с учетом требований управления водными ресурсами в региональных условиях Республики Узбекистан (высокое содержание абразивных частиц и плавника в перекачиваемой воде, тяжелые климатические условия). На системах машинного водоподъема эксплуатируются практически все виды насосно-энергетического оборудования.

Масштабы обновления инвестиционной политики предполагают формирование нового экологического мышления и ужесточения требований к ресурсоемким проектам. Реконструкция систем машинного водоподъема (СМВ) может обеспечить наибольший экономический и экологический эффект [1, 2]. Целесообразно сконцентриро-

вать разработку новых технологий по внедрению методов управления балансом энергетических и водных ресурсов на НС для следующих элементов:

- водозаборов и водоподводящих сооружений;
- сороудерживающих сооружений (СУС) и решеткоочистных механизмов на водоприемниках;
- устройств и сооружений, защищающих основное оборудование;
- водовыпускных сооружений.

Наиболее сложными и динамичными в управлении режимами водоподдачи являются системы с каскадной схемой крупных ирригационных НС. Такие системы допускают определенное целенаправленное регулирование режимом водоподдачи, превалирующим критерием которого до последнего времени являлось максимальное удовлетворение заявок водопотребителей.

В технической литературе практически отсутствуют данные по влиянию определенных узлов насосных агрегатов (НА) и элементов гидротехнического комплекса НС на эксплуатационные характеристики. Отсутствие приоритетных НИР по указанной проблеме делает невозможным оптимизацию режимов НС на современном уровне эксплуатации и использовании диагностических систем.

Необходимо учитывать тот факт, что первые НС Амукаракульского канала эксплуатируются с 1961–1965 гг., а срок эксплуатации других НС превышает 25–30 лет. Старение оборудования и сооружений неизбежно приведет к необходимости рассматривать вопросы эксплуатации и реконструкции систем с позиций теории надежности и водосберегающих технологий. Имеющийся негативный опыт резкого увеличения кавитационно-абразивного износа, вибрации и аварийных отключений агрегатов, сопровождающихся периодическими возмущениями потока, до сих пор не может быть всесторонне оценен [3]. В этих условиях приобретает особую важность устойчивость эксплуатации НА. Необходимо определить на основе математико-экономических методов целесообразность эксплуатации НА при снижении (ниже расчетных) его рабочих параметров (в первую очередь КПД). Устойчивость работы определяет характеристику водо- и энергосберегающих технологий эксплуатации НС.

Резкое уменьшение затрат на функционирование СМВ может быть достигнуто за счет новых энерго- и ресурсосберегающих технологий сопрягающих сооружений НС.

После обретения Республикой независимости научным и эксплуатационным организациям удалось решить ряд вопросов, связанных с повышением устойчивости работы насосных установок. Однако на крупных СМВ, являющихся основными потребителями материально-технических и энергетических ресурсов, проблема их уменьшения не может быть решена без внедрения новых технологий эксплуатации СМВ, учитывающих конкретные дифференцированные энерго- и ресурсозатраты на всех сопрягающих сооружениях НС. Кроме экономии энергоресурсов, управление режимами сопрягающих сооружений НС дает значительную экономию водных ресурсов, связанную с ликвидацией потерь воды на границах лимитирующих элементов.

Авторы предлагают для реализации указанных целей и задач ресурсосбережения использовать созданные ими оригинальные (на уровне изобретений) конструкции сопрягающих сооружений и установок по всей длине гидротехнического узла НС. После анализа натуральных испытаний созданы комбинированные конструкции с комплексными функциями (одновременной защитой от заиливания и занесения плавником, управления распределением потоков) и принципиально новые технологии их эксплуатации.

Обеспечение технического состояния основных элементов гидротехнического узла НС (аванкамер, напорных бассейнов, трубопроводов) при реконструкции на перспективу: КПД насосов приводятся до значений, регламентируемых рекомендациями по улучшению эксплуатации на мелиоративных системах и обновленными правилами и инструкциями по технической эксплуатации НС Республики Узбекистан.

Реабилитация системы Аму-Бухарского, Аму-Зангского, Каршинского машинных каналов – один из крупных инвестиционных проектов, реализуемых в Узбекистане.

Внедрение указанных технологий на водоподводящем комплексе НС с осевыми насосами типа ОП-5-110Э (Каракульская и другие НС) дает экономию до 0,98 млн кВт·ч, на одну НС типа ОП-10-185Э (НС Кую-Мазар, Шерабад, Жайхун) – до 1,20 млн кВт·ч. Ликвидация зафиксированных перепадов воды на решетках $\Delta h = 10\text{--}36$ см дает экономию на головных НС КМК 1,70–6,20 млн кВт·ч, АБМК – 0,40–1,60 млн кВт·ч.

При работе с незаряженными сифонными водовыпусками типа ОП-10-185Э перерасход электроэнергии за один месяц составляет 125,1 тыс. кВт·ч. Ликвидация максимальных перепадов дает экономию 7,8 млн кВт·ч, водовыпусков на этих НС – соответственно 3,0 млн кВт·ч.

Результаты, полученные при работе на новых элементах НС, окажут поддержку в разработке стратегии управления водными ресурсами, которая продемонстрирует, каким образом инвестиции, направленные на реабилитацию НС и их модернизацию могут повысить эксплуатационные и технико-экономические показатели, обеспечить значительную экономию электроэнергии. При реконструкции следует предусматривать максимальное использование существующих сооружений.

Водозаборные сооружения должны обеспечивать бесперебойную подачу воды в НС. Для защиты водоводов от наносов, попадания в них плавающих предметов и мусора следует предусматривать сороудерживающие решетки, запани, пороги, проведение мероприятий по удалению мусора из воды. Необходимо предусматривать сброс избыточной воды напорного бассейна, устройства для впуска воздуха в водоводы при их опорожнении и выпуска воздуха при их наполнении водой.

Проведенный анализ существующих эксплуатационных технологий НС, характеристик функционирования основного оборудования показал возможности повышения энергоэффективности. В результате натурной оценки состояния двадцати двух наиболее крупных НС Зерафшанского бассейнового УНС ЭИС уточнены данные по техническому состоянию, реконструкции основных сооружений и оборудованию каждой НС с упорядочением по районам и ирригационным системам (таблица 1).

Таблица 1 – Мероприятия по улучшению машинного водоподъема в бассейне р. Зерафшан, способствующие повышению энергоэффективности

Показатель насосных станций	Зерафшанский БУИС УНС	Мероприятие	
		2013–2017 гг.	до 2027 г.
1 Количество НС, шт.	90	90	90
2 Количество НА, шт.	372	360	320
3 Установленная мощность, млн кВт·ч	146,3	140,0	120,0
4 Расход воды, м ³ /с	192,6	180,0	170,0
5 Расход электроэнергии НС, млн кВт·ч	225,9	203,3	190,0
6 Экономия электроэнергии НС по плану ежегодных мероприятий, млн кВт·ч (млн сумов)		22,6 (2056,6)	35,9 (3266,9)

В таблице 2 приведены технические параметры насосно-силового оборудования НС, предлагаемых для реконструкции в бассейне.

Все работы будут запроектированы с использованием существующих наиболее прогрессивных международных методов с тем, чтобы сократить заиливание сооружений, уменьшить износ насосного оборудования, достигнуть максимального КПД НС и обеспечить допустимые скорости воды в каналах и сооружениях.

Актуальность и новизна исследований определяются их ориентацией на мобилизацию резервов ресурсо- и энергосбережения, не нашедших применения в силу ограниченных возможностей традиционных принципов управления технологическими режи-

мами СМВ. Необходимо определить целесообразность эксплуатации НС при снижении рабочих параметров (в первую очередь КПД) ниже расчетных.

Таблица 2 – Технические параметры НС, предлагаемых для реконструкции

Наименование НС	Количество агрегатов, шт.	Тип насоса	Подача насоса, м ³ /с	
			1 ед.	всего
«Жалоер»	6	QVD300 – 4 шт., Д1600×90 – 2 шт.	0,30 0,35	1,90
«Октош-1»	7	18НДС – 3шт., 20НДС – 4 шт.	0,55 0,80	4,85
«Октош-2»	6	QVD300 – 2 шт., Д1600×90 – 4 шт.	0,30 0,35	2,05
«Пахтакор-1,2»	8	400Д190 – 4 шт., 300Д90 – 4 шт.	0,45 0,30	3,00
«Навали»	4	300Д90 – 4 шт.	0,30	1,20
«Галаба»	3	12НДС – 2 шт., Д1600×90 – 1 шт.	0,30 0,35	0,95
«Даргом»	6	22НДС – 6 шт.	1,00	6,00
«Пай»	4	24НДС – 3 шт., 20НДС – 1 шт.	1,50 0,80	5,30
«Каттасой-1»	4	300Д90 – 4 шт.	0,30	1,20
«Каттасой-2»	8	300Д90 – 7 шт., 18НДС – 1 шт.	0,30 0,55	2,65
«Кургонча»	4	300Д90 – 4 шт.	0,30	1,20
«Янги-Хает»	5	300Д90 – 5 шт.	0,30	1,50
«Чархин»	6	24НДС – 3 шт., 20НДС – 3 шт.	1,50 0,80	6,90
«Зирабулок»	6	300Д90 – 6 шт.	0,30	1,80
Итого	77			40,50

Основные мероприятия по ресурсосбережению и сокращению себестоимости подаваемой воды на СМВ:

- информационно-советующие системы управления режимами сопрягающих сооружений НС по основному критерию – их КПД. Уточненный расчет КПД основных элементов гидротехнического узла НС в различных региональных условиях;

- ликвидация переподдачи воды при отсутствии регулирования подачи на НС головной части СМВ и максимальное использование потенциальной энергии поверхностных источников воды;

- ликвидация непроизводительных потерь электроэнергии, напора и перепадов уровней воды, заиливания аванкамер, уменьшение высоты подъема воды за счет исключения подачи воды выше уровня в сифонных водовыпусках НС;

- внедрение энерго- и водосберегающих технологий эксплуатации НС, комбинированных устройств для изменения структуры потока. Адаптация метода дифференцированных затрат к управлению режимами каскадов НС.

Методикой управления водными ресурсами является увеличение устойчивости и эффективности эксплуатации всех элементов гидротехнического узла НС, экономия энергетических и других ресурсов на основе оценки технического состояния сооружений и насосно-энергетического оборудования НС.

Восстановление НС будет наиболее масштабным на крупных НС, оно потребует структурного изменения водоподводящих сооружений и устройств, обеспечивающих контроль энергоэффективности насосов. На других НС (меньшего размера) восстановительные работы будут ограничиваться заменой насосов и небольшой структурной

работой по устройству новых энергоэффективных насосов и двигателей. Все НС планируется переоснастить новым электротехническим оборудованием и создать на них усовершенствованные условия для персонала.

Узбекская энергосистема все больше нуждается в резервировании генерирующей мощности; ее необходимо пополнить высокоманевренными ГАЭС, способными работать в остропиковом режиме суточной нагрузки. Поэтому все больший интерес вызывает развитие еще одного направления гидроэнергетики в Республике Узбекистан – сооружения ГАЭС.

Широкое строительство ГАЭС началось во второй половине XX века, когда стали вводиться в эксплуатацию тепловые и атомные электростанции с крупными агрегатами. Уже в 1970 г. мощность ГАЭС составила 16 млн кВт·ч, 1985 г. – более 40 млн кВт·ч, а в 2000 г. в мире эксплуатировалось более 350 ГАЭС суммарной мощностью порядка 125 млн кВт·ч [4].

Процесс пуска обратимого гидроагрегата как в насосном, так и турбинном режимах состоит из двух стадий. Первая – вывод агрегата из состояния покоя, увеличение частоты вращения до подсинхронной, синхронизация гидроагрегата. Вторая стадия (при постоянной частоте вращения) – увеличение расхода (мощности) до расчетного значения, что обеспечивается открытием регулирующих органов.

Гидравлический способ пуска обратимого агрегата в насосном режиме осуществляется при помощи специальных дополнительных устройств или обычными регулирующими органами (направляющий аппарат, лопасти рабочего колеса). После этого двигатель-генератор включается в сеть и путем операций открытия и закрытия затворов на трубопроводах и регулирующих органах обратной гидромашины направление движения воды изменяется на соответствующее насосному режиму, т. е. из нижнего бьефа – в верхний.

Двухмашинная схема состоит из одного агрегата, который включает две обратимые машины: двигатель-генератор и насос-турбину. Преимуществами двухмашинной схемы являются сокращение общей длины агрегата более чем на 30 %, соответственно, уменьшение габаритов здания ГАЭС и общее снижение капиталовложений в гидросиловое оборудование и строительную часть. Недостатком объединения насоса и турбины в одной обратной гидромашине является снижение КПД в связи с несовпадением зон оптимальных КПД в турбинном и насосном режимах. Кроме того, в двухмашинной схеме направление вращения в турбинном и насосном режимах противоположное, из-за чего осложняется перевод из одного режима в другой, и несколько снижается маневренность [4].

Гидравлические способы пуска обратимых гидроагрегатов включают:

- дополнительные турбинные приборы на валу обратимого гидроагрегата;
- поворот направляющих лопаток на угол, обеспечивающий требуемое направление и частоту вращения;
- соответствие взаимной установки лопаток направляющего аппарата и лопастей рабочего колеса поворотных лопаточных обратимых гидромашин;
- специальную систему трубопроводов и затворов, позволяющую подавать воду на рабочее колесо в насосном направлении из отсасывающей трубы в спиральную камеру.

Технические возможности осуществления указанных предложений реальны, несмотря на то, что имеются трудности в создании системы автоматического регулирования, позволяющей значительно «переоткрывать» направляющий аппарат.

Результаты натурных испытаний пуска агрегата в турбинный режим по технологической схеме, аналогичной схеме асинхронного пуска в насосном режиме при закрытом дисковом затворе на верховом трубопроводе, без отжатия воды из спирали и камеры рабочего колеса будут использованы при управлении водными ресурсами в водно-энергетических системах.

Список использованных источников

1 Гловацкий, О. Я. Особенности расчетов реконструкции и модернизации объектов систем машинного водоподъема / О. Я. Гловацкий, Р. Р. Эргашев // Экономический вестник Узбекистана. 2009. – № 6. – С. 110–111.

2 Некоторые экологические аспекты безопасности энергосберегающих режимов ирригационных насосных станций / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, Р. Р. Эргашев, А. Б. Сапаров // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. докладов II Междунар. науч.-практ. конф. – Казахстан, 2016. – С. 246–249.

3 Гловацкий, О. Я. Исследование кавитационно-абразивного износа ирригационных насосов / О. Я. Гловацкий, Н. Р. Насырова, А. Э. Бердияров // Современные проблемы в сельском и водном хозяйстве: сб. науч. ст. XV науч.-практ. конф., г. Ташкент. – Ташкент, 2016. – С. 433–436.

4 Печейкина, Е. А. Исследование возможностей использования ГАЭС в Узбекистане / Е. А. Печейкина // Современные проблемы в сельском и водном хозяйстве: сб. науч. ст. XV науч.-практ. конф., г. Ташкент. – Ташкент, 2016. – С. 480–484.

УДК 626.82:681.3

Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко

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

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

В статье рассмотрены водохозяйственные задачи, решение которых выполняют современные цифровые системы компьютерного моделирования путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов. В кратком виде представлен перечень исходных данных и входных параметров для разработки водохозяйственной модели. Приведен пример использования таких моделей на участке оросительной системы, и представлен анализ данных, полученных в результате моделирования.

Ключевые слова: водохозяйственное моделирование, водопользователь, орошение, цифровые системы компьютерного моделирования, дефицит.

В настоящее время дефицит водных ресурсов вызван рядом причин, одной из которых является их нерациональное использование.

Отсутствие современных средств водоучета, равно как и несоблюдение утвержденных поливных норм, приводит к перерасходу воды, переполнению водоотводной сети и в некоторых случаях к ухудшению мелиоративного состояния оросительной системы и прилегающих неорошаемых земель и, как следствие, дефициту воды в водных источниках.

Одним из современных и инновационных методов, повышающих рациональность водопользования, является водохозяйственное моделирование, которое позволяет решать весь спектр водохозяйственных задач путем создания имитационной модели на основе применения водобалансовых методов, в том числе:

- комплексно анализировать водообеспечение как в рамках всего водного бассейна, так и его отдельных частей;
- производить учет отраслевого промышленного и сельскохозяйственного водопотребления, режимов эксплуатации водохранилищ многоцелевого назначения;
- проводить водохозяйственное обоснование схем водоотведения, переброски стока и т. д.

Водохозяйственные модели помогают в принятии обоснованных управленческих решений в условиях сезонного или кратковременного дефицита водных ресурсов. При этом учитывается приоритетность водохозяйственных нужд, отличия городских и сельских водопотребителей, а также социально-экономические ограничения.

Задание параметров и изменение характеристик водопотребления осуществляется с помощью специально разработанного программного инструментария. Модельная система функционирует на основе цифровой схемы оросительной сети, создаваемой в режиме экранного редактирования в оболочке географической базы данных [1].

Для водохозяйственной модели основными исходными данными является описание параметров и свойств различных элементов, которые относятся к водохозяйственному расчету – это речная сеть, водосбор, водопользователи, водохранилища (рисунок 1) [2].

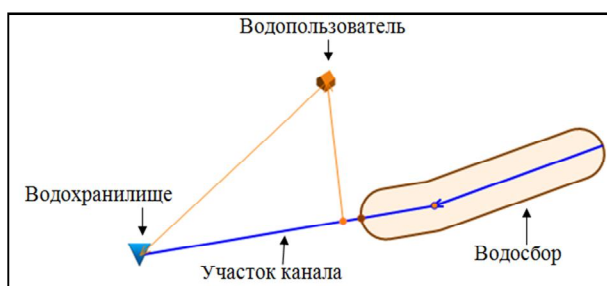


Рисунок 1 – Схематичное изображение исходных данных для водохозяйственной модели (MIKE HYDRO Basin)

В параметрах речной сети указывается длина канала (реки), его морфометрическая характеристика и обязательным условием является задание направления течения.

Водосбор описывается площадью, моделью грунтовых вод и временным рядом осадков.

Для водохранилищ необходимо указать общие и эксплуатационные параметры, такие как батиграфические характеристики и диспетчерские графики водохранилища.

Для водопользователей необходимо определить тип, водосбор источника водоснабжения, приоритетность.

Водопользователи в модели бывают следующих типов:

- регулярные водопотребители: их водопотребление задается графиком водопотребления (то есть файлом с временным рядом);

- ирригационные системы: их водопотребление рассчитывается на основе характеристик сельскохозяйственных культур и соответствующей климатической модели [3].

Основными входными данными для водохозяйственной модели являются различные временные ряды (например, многолетние гидрологические ряды). Дополнительные данные описывают характеристики водохранилищ и правила управления, метеорологические данные, параметры потребности в воде или параметры систем орошения. Также задаются данные по гидравлическим условиям в реках и каналах, параметры грунтовых вод и др.

Результаты расчета в водохозяйственной модели представляются в виде графиков (временных рядов) для различных элементов речной сети.

Одним из примеров использования таких моделей в мелиоративном комплексе является созданная в 2016 г. в программном комплексе MIKE HYDRO Basin водохозяйственная модель для хозяйств водопользователей, расположенных в границах командования межхозяйственного распределителя ПР-1 на Пролетарской оросительной системе (рисунок 2). Канал ПР-1 имеет максимальную пропускную способность $24 \text{ м}^3/\text{с}$ с перепадом высот порядка 5 м и подвешенную площадь орошения 10250 га.

На данном участке имеется три хозяйства: СПК «Луч», ОАО «Цимлянский» и

ООО «Аргамак», основным направлением их деятельности является рисоводство. Объем водоподачи данным хозяйствам для нужд орошения риса за весь поливной период представлен в таблице 1.

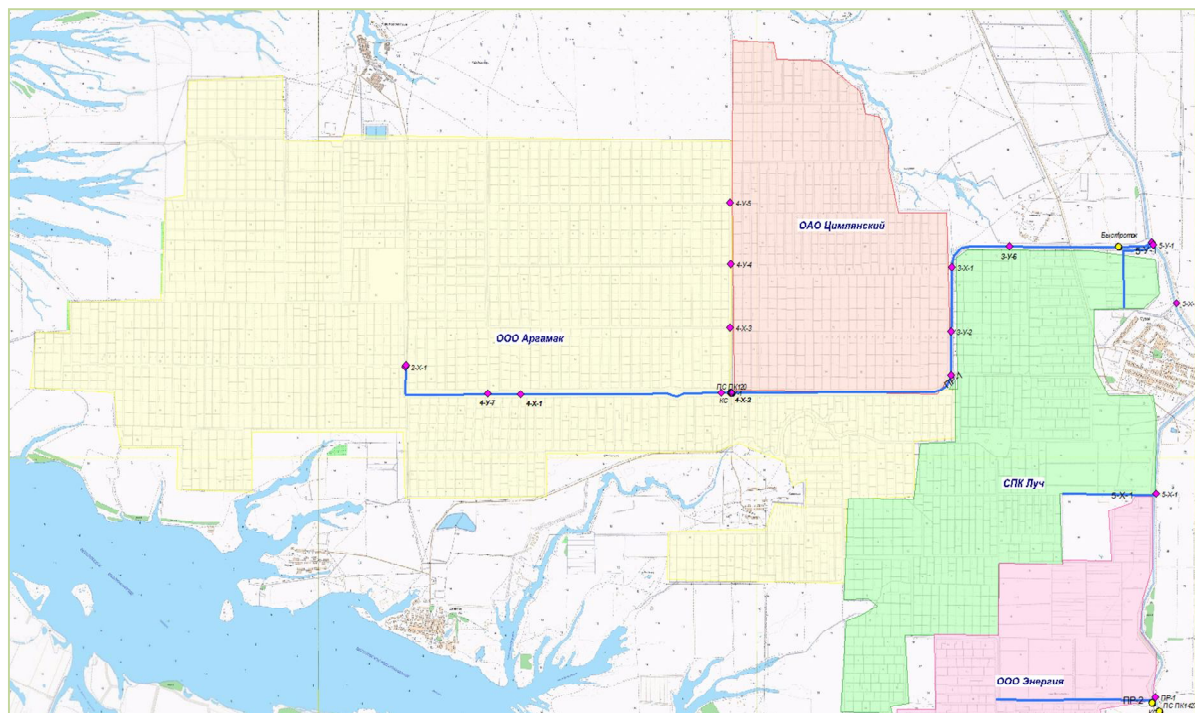


Рисунок 2 – Схема расположения хозяйств на моделируемом участке

Таблица 1 – Характеристика водопотребления хозяйств при выращивании риса

Хозяйство	Показатель		
	Физическая площадь, га	Оросительная норма, тыс. м ³ /га	Водоподача нетто, тыс. м ³
ОАО «Цимлянский»	1470	24,4	35868
ООО «Аргамак»	2910	24,4	71004
СПК «Луч»	700	24,4	17080

На основе этих данных созданы временные ряды суточного водопотребления на период моделирования, который определен на основе водного баланса рисового поля (согласно данным эксплуатационной организации) и составляет 106 дней с 04.05.15 по 15.08.15 г.

В качестве исходных данных для водосбора определен временной ряд с постоянной расходной характеристикой канала в 2073600 м³/сут (исходя из данных эксплуатационной организации).

На рисунке 3 представлен графический вид водохозяйственной модели в программном комплексе MIKE HYDRO Basin.

Как видно на рисунке 3, в модели помимо трех водопользователей имеется три расчетных узла, для которых также определены необходимые параметры.

После внесения всех вышеперечисленных параметров в модель выполнен расчет, в результате которого установлены следующие параметры:

- для узлов: чистый приток к узлу, нераспределенная вода, приточность от водосбора, приточность от узла, расход стока к узлу, расход стока к водопотребителю в узле (рисунок 4), водный баланс. На рисунке 4 представлен график расхода, который формируется в узловых точках для каждого водопотребителя. Наибольший расход наблюдается в первый месяц, так как происходит заполнение рисовых чеков, далее расход заметно снижается, и небольшое увеличение наблюдается в третий месяц орошения;

- для водопользователей: относительный дефицит (рисунок 5), дефицит водопотребления, использованная вода, отбор подземных вод, чистая приточность к узлу, нераспределенная вода, водозабор из узла (водосбор), возвратный сток к узлу (участок, пикет), водный баланс, урожайность.



Рисунок 3 – Графический вид водохозяйственной модели

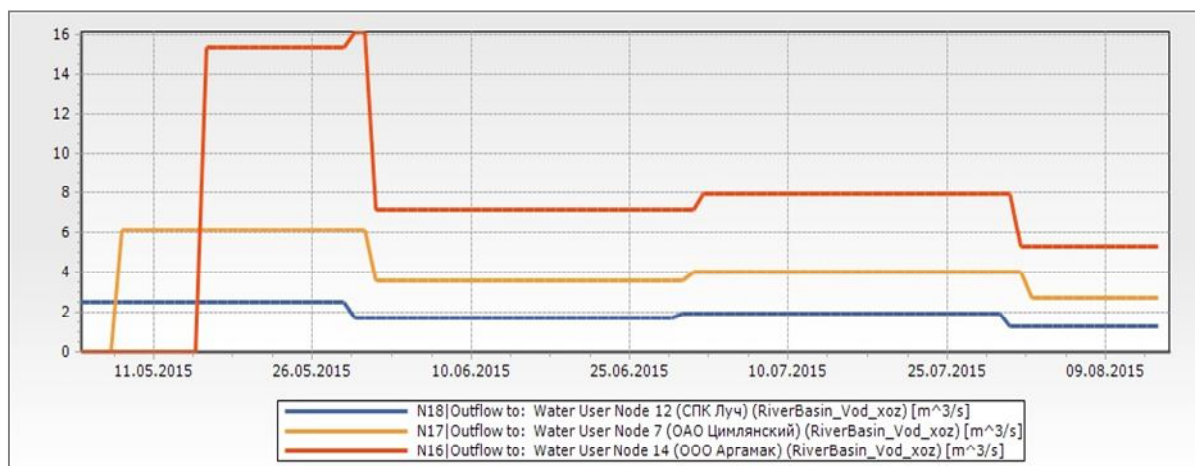


Рисунок 4 – Расход стока к водопотребителю в узлах за оросительный период (m^3/c)

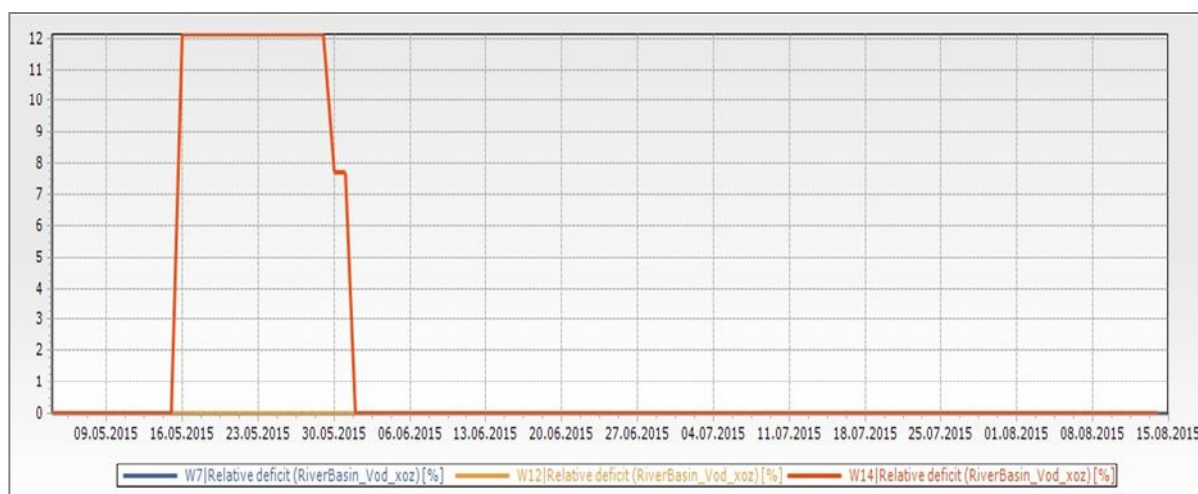


Рисунок 5 – Относительный дефицит водопотребления (%)

Анализ графика относительных дефицитов для каждого водопользователя показывает, что для хозяйств СПК «Луч» и ОАО «Цимлянский» дефициты отсутствуют, тогда как для водопользователя ООО «Аргмак» в момент заполнения чеков наблюдается дефицит, составляющий 12 %. Одной из причин такого результата может быть некорректное составление плана водопользования, поэтому чтобы избежать дефицита, необходимо изменить сроки начала водоподачи. Еще одним из факторов возникновения дефицита может являться неправильное определение расходной характеристики канала, так как вследствие неудовлетворительного состояния русла и сооружений пропускная способность может отличаться от проектных данных. Для решения этой проблемы необходимо разработать гидродинамическую модель, которая позволит определить параметры водотока и различные переменные на всем протяжении моделируемого участка.

Таким образом, разработанная водохозяйственная модель дает возможность в оперативном режиме получать все вышеперечисленные параметры и представлять их в виде графиков, которые наглядно отражают все расчеты и путем наложения разных переменных позволяют выполнять детальный анализ. Модель является действующей, и при необходимости можно добавлять новых водопользователей, корректировать сроки водоподачи, расходную характеристику канала и т. д.

В результате выполненных работ можно сделать вывод, что применение цифровых водохозяйственных моделей позволяет комплексно анализировать водообеспечение как в рамках всей оросительной системы, так и ее отдельных частей. Такой анализ способствует снижению количества холостых сбросов и повышению эффективности водопользования.

Список использованных источников

1 The river management model MIKE BASIN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dhigroup.com/upload/publications/mikebasin>, 2015.

2 MIKE HYDRO Basin Моделирование отбора воды для водопотребителей. Пошаговое руководство к началу работы / ГК НКФ «Волга». – 2014.

3 MIKE HYDRO BASIN – River basin planning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mikebydhi.com>, 2015.

УДК 631.67

Э. Э. Сейтумеров

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

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КРЫМА КАК ФАКТОР СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

Использование водных ресурсов Крыма характеризуется несоответствием режима водопотребления и режима возобновления поверхностных и подземных водных источников. Для приведения их в соответствие необходимо тесно увязать все виды доступных вод, включая поверхностные, грунтовые, возвратные и другие, сформировать их с целью максимального увеличения располагаемых водных ресурсов в нужном режиме для удовлетворения потребностей народного хозяйства и в конечном итоге управлять этими водными ресурсами.

Ключевые слова: водные ресурсы, водохозяйственный комплекс, подземные источники воды, климат, геологическое строение Крымских гор, факторы, формирующие водные ресурсы полуострова, качество питьевой воды, загрязнители воды.

Введение. В настоящее время главной задачей дальнейшего экономического развития и повышения производства сельскохозяйственной продукции в Крыму явля-

ется усовершенствование процессов рационального водопользования и эффективного управления водохозяйственным комплексом. До перекрытия Северо-Крымского канала большое внимание в процессе ведения рационального водопользования уделялось улучшению мелиоративного состояния земель, гипсованию, внедрению водосберегающих технологий, предотвращению подтопления сельскохозяйственных земель, населенных пунктов и т. д. В последние два года основная задача заключается в поиске дополнительных альтернативных источников воды. Одним из вопросов ее решения является усовершенствование процесса рационального водопользования.

Результаты и обсуждения. На формирование и динамику поверхностного и подземного стока, как отмечает в своих трудах В. С. Тарасенко [1], оказывают влияние особенности геологического строения Крымского полуострова. Общий уклон горного и равнинного Крыма к северу, образуя единое гидрологическое пространство, обуславливает характер и направленность преобладающей части поверхностного и подземного стоков. Другим важным фактором, влияющим на водный режим полуострова, является его климат.

Республика Крым делится на следующие климатические зоны:

- климат северной равнинной части с суммой активных температур 3338–3428 °С и осадков 308–403 мм;

- климат горного Крыма, он является переходным от степного континентального к средиземноморскому с мягкой (умеренно холодной) зимой и умеренно жарким летом, сумма активных температур – от 1745 °С на Главной гряде до 3090 °С в предгорье. Осадков за год выпадает от 500 мм в предгорье до 1000 мм и более на Главной гряде;

- климат Южного берега Крыма (ЮБК) – средиземноморский, близкий к субтропическому с очень мягкой зимой и умеренно жарким засушливым летом. Сумма активных температур составляет 3714–3873 °С, годовая сумма осадков – 500–700 мм.

По формуле Г. Т. Селянинова для разных регионов рассчитаны показатели их гидротермических коэффициентов (влагообеспеченности) (ГТК). Экспериментальным путем разработана шкала значений ГТК: 0,4–0,5 – сухо; 0,6–0,7 – засушливо; 0,8–1,0 – недостаток влаги; 1,0 – равенство прихода и расхода влаги; 1,0–1,5 – достаточное количество влаги; более 1,5 – избыток влаги.

Из всех ландшафтных областей полуострова только для Главной Крымской гряды ГТК превышает единицу (около 1,5). Этот регион самый влагообеспеченный. Именно здесь расположена большая часть из 2600 водных источников и рождаются почти все реки Крыма [2]. Наименее водообеспеченными являются Присивашье (ГТК = 0,4–0,5), Керченское холмогорье (ГТК = 0,6–0,7), равнинный Крым (ГТК = 0,5–0,7).

Климатические отличия обуславливают специализацию сельского хозяйства. В степной части климат позволяет выращивать зерновые, эфиромасличные, плодовые культуры. Сухость климата требует выведения засухоустойчивых сортов, а также внедрения орошаемого земледелия. В районах предгорья имеются благоприятные условия для виноградарства, выращивания абрикосов, персиков, миндаля, инжира и многих других плодовых растений. Для гарантированного получения высоких урожаев сельскохозяйственной продукции необходима водная мелиорация земель.

Поверхностный сток территорий Крымского полуострова, по многолетним наблюдениям специалистов, оценивается в 400–700 млн м³/год, подземный сток – 300–400 млн м³/год, то есть среднегодовой потенциал водных ресурсов – на уровне 700–1100 млн м³/год.

Поверхностный сток основных водотоков аккумулируется в 15-ти водохранилищах с полным проектным объемом 250 млн м³ и фактическим наполнением 100–120 млн м³, а также многочисленных прудах (их около 1900) с проектным объемом порядка 200 млн м³ и реальным наполнением 80–100 млн м³ (то есть 40–50 %) [3, 4].

Ресурсы разведанных запасов пресных подземных вод оцениваются

в 1,2 млн м³/сут с прогнозируемой возможной добычей около 360–400 млн м³/год. 41 водозабор осуществляет реальный забор пресных подземных вод, составляющий 460 тыс. м³/сут или около 165 млн м³/год, в 2015 г. водозабор составил около 95 млн м³/год.

В настоящее время благодаря аккумуляции поверхностного стока и добыче подземных вод на территории Крыма для водопотребления реально используется около 400 млн м³ в год, этого явно недостаточно, прежде всего, с учетом нужд сельского хозяйства Крыма. В разные годы потребности в воде для развития экономики Крыма изменялись от 3,4 до 1,2 млрд м³ [5].

Для условий Крымского полуострова предел аккумуляции и использования поверхностного стока может составить около 350 млн м³, а забор подземных пресных вод – около 250 млн м³, то есть всего около 600 млн м³ (в водообильные годы – максимум 700 млн м³) пресных вод суммарного естественного поверхностного и подземного стока. По разным расчетам специалистов для удовлетворения существующих потребностей Крыма объем водопотребления может составить около 800 млн м³/год.

В настоящее время существующий дефицит пресных вод для развития экономики Республики Крым и города федерального значения Севастополя составляет около 400 млн м³/год.

Наиболее надежным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения из всех существующих в мировой практике являются подземные воды. В любые неблагоприятные периоды, обусловленные природными и техногенными факторами, в большинстве стран хозяйственно-питьевое водоснабжение на 80 % осуществляется за счет подземных вод, которые преимущественно являются напорными или межпластовыми, то есть они перекрыты слабопроницаемыми слоями горных пород, и распространены на больших территориях. Водоносные горизонты содержат значительные объемы вод. В Республике Крым такие водоносные горизонты расположены в Предгорье, на равнинном Крыму, Альминской впадине и др. [6]. Согласно результатам оценки защищенности подземных вод в Крыму, выполненной во второй половине прошлого столетия, все воды, пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения, являются «защищенными», частично «защищенными» от загрязнения. Это упрощает процесс подготовки их для использования.

Запасы подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения с минерализацией до 1,5 г/дм³ (допустимой для засушливых районов), превышают их потребляемое количество примерно в 1,5 раза, то есть используется около 70 %. Следует отметить, что эти воды потребляются не только для хозяйственно-питьевых нужд.

Об использовании подземных вод Крыма говорится в научных трудах В. И. Касина, В. Данилова-Данильяна, Б. М. Князева, С. Д. Исаевой («Стратегия водоснабжения Республики Крым и города федерального значения Севастополя», 2015 г.). В данной литературе приводятся два показателя среднего водопотребления населением Крыма: в настоящее время потребляется 90 л/сут. на 1 чел., возможное увеличение – до 200 л/сут на 1 чел. Аналогичные показатели численности населения в Крыму – 1,96 и 2,50 млн чел.

Из анализа этих данных следует, что при увеличении населения в 2,6 раза и потреблении воды 90 л/сут на 1 чел. водоотбор не превысит 26 % от утвержденных запасов, а при потреблении 200 л/сут на 1 чел. – 58 %. Таким образом, объем утвержденных запасов удовлетворяет потребностям населения Крыма в питьевой воде, и остаются еще значительные ресурсы подземных вод, которые можно использовать в других отраслях экономики.

Эксплуатационные запасы подземных вод утверждались во второй половине прошлого столетия. Если их количество вполне может покрыть потребность в воде в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения для существующего количества насе-

ления и даже на перспективу, то качественный состав требует специальной оценки. За почти 45-летний период вследствие влияния хозяйственной деятельности отмечались ухудшения качества подземных вод на отдельных водозаборах. Появились новые загрязнители (например, фенолы и др.). Степной Крым и, особенно Джанкойский район, являются наиболее проблемными по качеству питьевой воды, поскольку водоснабжение во многих селах осуществляется из местных скважин. Характерной проблемой является высокая засоленность. Это связано, в первую очередь, с высокой, часто превышающей ПДК концентрацией хлоридов, сульфатов и нитратов, а также значительным содержанием кальция и магния в воде. Особенно высоки концентрации хлоридов, сульфатов, кальция и магния, они превышают ПДК или физиологические нормативы, установленные ГОСТ 2874-82 и СанПиН в 1,5–2,0 раза. В связи с этим очень существенными являются также показатели сухого остатка и общей жесткости в воде из многих скважин Джанкойского района и других районов Степного Крыма. Они часто превышают гигиенические нормативы в 1,5–4,0 раза.

Для природных вод, поступающих на ВОС г. Феодосии, а также пригородных поселков характерны очень высокая цветность, мутность и окисляемость, что говорит о значительном содержании в воде органического вещества. В очищенной питьевой воде показатели цветности и окисляемости остаются на высоком уровне.

На территории г. Керчи для скважин, родников и колодцев характерно высокое содержание нитратов, часто превышающее ПДК, а в некоторых случаях хлоридов (вода засолена). Такой характер загрязнения воды из этих источников свидетельствует о его антропогенном происхождении. Питьевая вода из системы централизованного водоснабжения г. Керчи имеет высокие показатели цветности и мутности, то есть содержит значительные количества органического вещества, что связано не только с качеством воды, подающейся на очистку, но и аварийным состоянием водопроводной сети и ВОС.

Вода из водохранилищ, снабжающих г. Симферополь, имеет высокий показатель цветности и мутности, а также значительную бактериальную обсемененность. Вода из артезианских скважин, расположенных на территории г. Симферополя и используемых для хозяйственно-питьевых целей, имеет высокую общую жесткость и сухой остаток. Эти показатели, как суммирующие, связаны со значительным содержанием сульфатов и, особенно нитратов, а также кальция и магния в воде скважин. Концентрация нитратов нередко превышает ПДК в 1,2–2,0 раза.

Родники в пределах Симферополя чрезвычайно загрязнены – концентрация нитратов колеблется в пределах 60–180 мг/дм³ при ПДК 45 мг/дм³, коли-индекс – от 189 до 612 (при норме 3).

Основной проблемой Симферопольского района, который снабжается водой хозяйственно-питьевого назначения из скважин и колодцев, является высокое содержание в ней нитратов. Превышение ПДК по этому показателю зафиксировано в 50–60 % проб воды.

В целом ряде сельских населенных пунктов Крыма из-за отсутствия источников воды хорошего качества используют загрязненные минерализованные подземные воды или потребляют привозную воду, количество которой значительно меньше установленных санитарно-гигиенической норм.

Повышенная минерализация подземных вод отмечается на 186 водозаборах. Особенно высокая степень минерализации наблюдается в Краснопереконском, Джанкойском, Раздольненском, Сакском, Первомайском и Красногвардейском районах, это водоносные горизонты сарматского яруса (в Первомайском, Сакском, Черноморском и Красногвардейском районах) и тарханкутского яруса нижнего миоцена (в Евпатории). Определенное влияние на минерализацию оказало подтопление горизонтов подземных вод солеными водами Черного моря вследствие интенсивной откачки подземных вод для хозяйственных нужд равнинного Крыма. В этой связи особое внимание необходи-

мо обращать на недопустимость подсасывания соленых вод морей в горизонтах подземных вод.

В 70-е гг. прошлого века в Крыму проводились экспериментальные и опытные работы по искусственному пополнению подземных вод в целях прекращения поступления в них соленых. Однако в настоящее время в связи с прекращением подачи воды по Северо-крымскому каналу эти работы прекращены.

Неблагоприятная обстановка сложилась с загрязнением подземных вод нитратами. Так, содержание NO_3 в подземных водах четвертичных аллювиальных отложений реки Салгир в Симферопольском районе колеблется от 76 до 132 мг/дм^3 при норме 45 мг/дм^3 .

В Красногвардейском районе в долине реки Мокрый Индол содержание NO_3 составляет 62 мг/дм^3 , в Белогорском районе в долине реки Кара-Су (КСП «Предгорье») – 74 мг/дм^3 , а в воде аллювиальных отложений реки Зуя – 937 мг/дм^3 . В водоносных горизонтах понтического яруса верхнего миоцена (пос. Штормовое Сакского района) содержание NO_3 равно 93 мг/дм^3 , отложениях сармата на территории Симферополя оно превышает ПДК в 1,2–2,1 раза, а в Сакском районе (пос. Фрунзе) – в 2,4 раза.

В некоторых местах отмечается чрезвычайно высокое бактериальное загрязнение подземных вод. Так, коли-индекс в водах четвертичных отложений в районе ОАО «Крымская роза» и птицефабрики «Южная» колеблется от 460 до 1110, а в водах бахчисарайского яруса нижнего миоцена он равен 1100 при норме 3.

Загрязнение подземных вод токсичными тяжелыми металлами установлено в водоносных горизонтах четвертичных отложений и отложений плиоцена и миоцена в Красногвардейском районе и на территории Севастопольского городского Совета.

Приведенные данные указывают на неблагоприятную обстановку, сложившуюся в некоторых районах в связи с подпитыванием подземными горизонтами морских соляных вод, загрязнением подземных вод нитратами, токсичными тяжелыми металлами и болезнетворными микробами, требующую принятия неотложных мер с целью выявления загрязняющих факторов и их устранения.

Выводы. Одним из факторов улучшения водности Крыма может быть лесомелиорация яйлы, предгорных склонов и степных районов Крыма. Снег на яйле сдувается под южную кромку, а оттуда весной при снеготаянии бурными потоками сбрасывается в море. Еще в прошлом веке появилась идея задержать снег на яйле с помощью лесных насаждений. На залесенных площадях яйлы снег лежит дольше, и быстрый поверхностный сток превращается в медленный подземный, увеличивая дебит южнобережных источников. В Степном Крыму лесные полосы способствуют защите почв от смыва и выдувания, улучшают их тепловой режим и влагообеспеченность. В 60–70-е гг. прошлого столетия в Крыму была создана эффективная система полезачитных лесополос площадью более 27 тыс. га. В настоящее время полезачитные лесные полосы сохранились менее чем на 35 % территории полуострова и пребывают в неудовлетворительном состоянии.

Воссоздание полезачитных (и влагозащитных) лесополос должно стать одной из важных республиканских программ возрождения Крыма.

В аграрном секторе в новых социально-экономических условиях и при остром дефиците водных ресурсов следует перейти к рациональным режимам орошения, обеспечивающим снабжение растений водой в критические фазы его развития. Несмотря на некоторое снижение урожайности при этом, конечные экономические показатели выращивания культур в орошаемых условиях получаются высокими.

В первую очередь необходимо ввести на орошаемых землях севообороты с короткой ротацией (3–4-польные) с увеличенной долей в них многолетних трав – не менее 40–50 % площади. Эта мера позволит снизить потребность в минеральных удобрениях, гербицидах, уменьшить общую энергоемкость орошаемого земледелия.

Необходимо пересмотреть структуру сельскохозяйственных культур на орошае-

мых землях, снизить в ней долю влаголюбивых растений (кукуруза на зерно, соя, свекла и т. д.), увеличить площади посевов озимых зерновых и кормовых культур (просо, гречиха, кормовые смеси). С целью экономии оросительной воды следует более широко практиковать поливы в ночное время и небольшими нормами. Необходима новая поливная техника, обеспечивающая рациональное использование оросительной воды, более высокую производительность труда и меньший ущерб окружающей среде.

В структуре посевных площадей доминирующими должны быть озимые культуры, которые развиваются за счет зимне-весенних запасов влаги и успевают сформировать урожай до наступления жаркой и сухой погоды.

Первоочередные мероприятия:

- оценка существующего ресурсного потенциала пресных поверхностных и подземных вод и необходимой потребности для всех отраслей экономики Крыма;
- постоянное проведение мониторинга поверхностных и подземных вод;
- восстановление орошаемого земледелия Крыма на новой современной основе.

Список использованных источников

1 Экология Крыма. Угрозы устойчивому развитию. План действий. Симферополь: ИТ «Ариал», 2014. – 176 с.

2 Устойчивый Крым. Водные ресурсы. – Симферополь: Таврида, 2003. – 413 с.

3 Водные ресурсы и основы водного хозяйства: учеб. пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – СПб.: Лань, 2012. – 320 с.

4 Водное хозяйство Крыма / под ред. П. Ф. Дудкова. – Симферополь: Доля, 2008. – 264 с.

5 Сейтумеров, Э. Э. Устойчивое развитие орошаемого земледелия в условиях резкого дефицита водных ресурсов в Республике Крым / Э. Э. Сейтумеров, В. Н. Строчоус // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – Симферополь: ИП Гальцева Н. А., 2016. – №1(164) – С.40–49.

6 Иванютин Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – № 2. – Симферополь, 2015. – С. 95–101.

УДК 681.2-79

И. В. Клишин, Г. А. Сенчуков

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

НЕДОРОГОЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ЗАПИСИ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В НЕОБОРУДОВАННЫХ СТВОРАХ КАНАЛОВ И РЕК

Целью работы являлось решение задачи синхронного измерения уровней воды в нескольких створах рек или крупных мелиоративных каналах в течение длительного времени с заданной периодичностью. При этом измерения зачастую производятся в необорудованных и не защищенных от хищения местах. Предполагалось, что эту задачу можно решить, используя уровнемеры с автоматической записью. В ходе анализа имеющихся на рынке предложений было принято решение о разработке собственного недорогого подобного прибора. В данной статье описывается разработанный авторами прибор, позволяющий решать поставленную задачу.

Ключевые слова: измерение уровня, датчик давления, уровнемер, створ реки, мелиоративный канал, гидростатический метод измерений.

Одним из подходов к анализу гидрологических режимов рек и каналов является создание математической компьютерной модели исследуемых объектов. При выполне-

нии работ по сбору данных, необходимых для построения и проверки адекватности модели, может потребоваться проведение синхронных измерений динамики изменений уровней воды в различных створах водотоков. При этом длительность наблюдений может быть довольно продолжительной (недели и месяцы).

Оборудовать места установки стационарных приборов для решения задачи временных измерений нецелесообразно и слишком затратно. Если оборудование устанавливается на длительное время и не предусмотрена его надежная защита, то существует опасность того, что оно будет просто похищено. В такой ситуации желательно использовать приборы, которые могут легко быть установлены и надежно спрятаны в произвольном месте на реке или канале. Такие приборы должны быть недорогими и работать автономно достаточно продолжительное время.

Наиболее простой и надежный способ скрыть прибор в реке – это установить его на дно, полностью спрятав под воду. Для решения поставленной задачи могут подойти гидростатические уровнемеры, основанные на получении глубины при помощи измерения давления столба жидкости. При этом необходимо компенсировать влияние атмосферного давления. Для этого применяются гидростатические датчики дифференциального давления, основанные на получении разницы между давлением водного столба и давлением атмосферы. Такие датчики имеют две мембраны, на одну из которых воздействует вода, на другую – воздух атмосферы.

Рынок предоставляет большой выбор как гидростатических датчиков давления, так и готовых уровнемеров, использующих данный принцип измерения. По типу присоединения выделяют погружные, врезные и фланцевые уровнемеры. Уровнемеры, как правило, оснащаются интерфейсом связи, поддерживающим протокол HART. С помощью HART-модема или HART-коммуникатора осуществляются прием сигнала о параметре и настройка датчика. К одной паре проводов может быть подключено несколько датчиков. По этим же проводам может передаваться аналоговый сигнал 4-20 мА.

Для подачи компенсационного атмосферного давления в корпус погружного датчика уровня применяется специальный кабель с тонкой поллой трубкой. Иногда трубка защищается на обратном конце воздухопроницаемым, но водонепроницаемым фильтром. Одновременно кабель несет и сигнальные линии интерфейса.

Однако предлагаемые рынком готовые изделия, на наш взгляд, имеют несколько недостатков для решения поставленной нами задачи измерения.

Во-первых, это их стоимость. В целом один уровнемер с возможностью накопления и считывания измеренных данных обойдется не менее 50000 руб. Это дорого для устройства, которое придется оставлять на месяц и более на реке или открытом канале в незащищенном месте.

Во-вторых, питание прибора, специализированный контроллер и средства визуализации и управления в предлагаемых рынком уровнемерах вынесены в отдельный блок управления, который приходится устанавливать и прятать на берегу. При этом этот блок должен соединяться с датчиком через интерфейсный кабель. Трубка, размещенная в кабеле, должна не допускать проникновения в нее воды и быть открыта для воздуха. Часто в реальных условиях на реке или канале спрятать такой кабель и блок довольно проблематично.

В-третьих, представленные на рынке погружные гидростатические уровнемеры имеют достаточно высокое потребление электроэнергии. Конечно, за счет этого они обладают большими возможностями управления и коммуникации, но требуются и значительные емкости аккумуляторов для обеспечения более продолжительной работы.

В качестве альтернативы нами был разработан собственный недорогой уровнемер, позволяющий измерять и записывать в память уровни воды, который легко целиком устанавливается на дно водотока. Стоимость электронных компонентов, необходимых для изготовления уровнемера (за исключением аккумуляторов) не превышает 2000 руб.

Функциональная схема разработанного уровнемера приведена на рисунке 1.

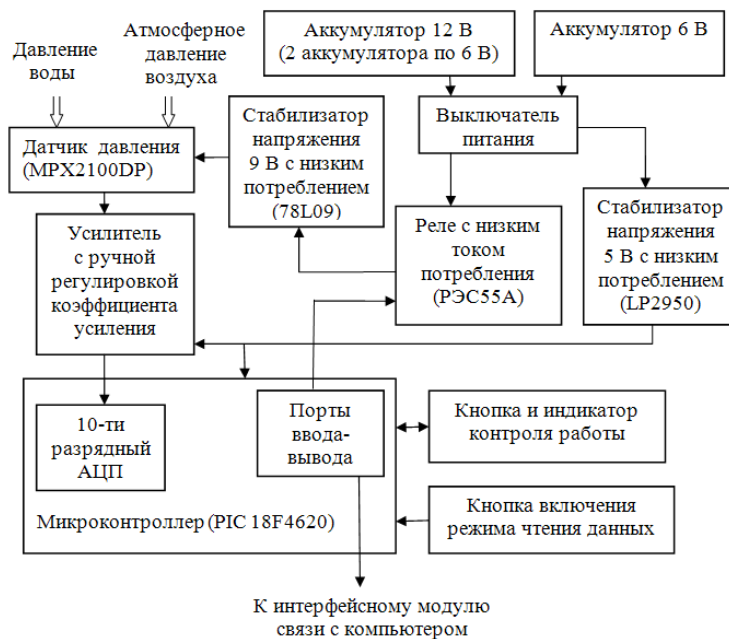


Рисунок 1 – Функциональная схема разработанного уровнемера

Для получения электрического сигнала разницы давления мы использовали датчик давления MPX2100DP (рисунок 2). Выбранный датчик давления имеет термокомпенсацию, рассчитан на измерение глубины до 10 м, обеспечивает линейность измерений в 0,25 %, время реакции – 1 с, имеет низкое потребление и достаточно маленькие размеры (30 × 40 мм).



Рисунок 2 – Датчик давления MPX2100DP

Сигнал о полученной разнице давлений воды и воздуха усиливается и передается на вход аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), входящего в состав микроконтроллера PIC18F4620-I/P. Данный микроконтроллер имеет 3968 Б памяти для хранимых данных, 10-разрядный встроенный АЦП, возможность переключения в спящий режим для снижения потребления.

Коэффициент усиления может меняться с помощью прецизионных подстроечных резисторов, что обеспечивает возможность точной калибровки прибора.

Программа микроконтроллера работает по простому алгоритму. После первоначальной проверки и индикации (при нажатой специальной кнопке загорается и гаснет светодиод) нормального запуска начинается цикл опроса датчика и записи результата измерения (цифрового значения, соответствующего напряжению на выходе датчика). Для повышения точности в каждом цикле производится восемь измерений. Затем вычисляется среднеарифметическое значение, которое и сохраняется в памяти данных

микроконтроллера как результат измерения. Длительность цикла задается при программировании и определяет периодичность измерений, которая может устанавливаться от одной минуты до нескольких суток. С учетом объема имеющейся памяти микроконтроллера может быть сделано 1790 записей.

Считывание данных с уровнемера в компьютер производится через вход USB при помощи дополнительного модуля согласования Ke-USB24A. Переключение уровнемера из режима измерений в режим считывания данных происходит по нажатию отдельной кнопки.

Питание уровнемера осуществляется от блока аккумуляторов состоящего из трех батарей по 6 В. Из двух последовательно соединенных батарей и стабилизатора напряжения формируется питание для датчика (напряжение 9 В). От одной батареи с помощью стабилизатора формируется питание остальных элементов схемы (напряжение 5 В). Для стабилизации напряжений используются стабилизаторы с пониженным потреблением, для стабилизации напряжения в 5 В – стабилизатор с маленькой разницей напряжений между входом и выходом. Питание на стабилизатор напряжения для датчика подается через реле с низким потреблением, включение которого происходит лишь на пару секунд в момент процесса измерения.

Датчик давления, элементы питания и электронная схема, обеспечивающая измерение уровня, запись и хранение накапливаемых данных располагаются в водонепроницаемом контейнере уровнемера, состоящего из контейнера и крышки контейнера уровнемера. Контейнер уровнемера, в свою очередь, размещается в успокоительный контейнер, который имеет небольшие отверстия для проникновения воды внутрь (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Контейнер уровнемера в успокоительном контейнере
(автор фото Т. С. Пономаренко)**

Успокоительный контейнер требуется для того, чтобы максимально уменьшить влияние течения воды.

Вода к датчику давления поступает через специальный штуцер, расположенный в крышке контейнера уровнемера.

Успокоительный контейнер с прибором устанавливается на дно водотока с таким расчетом, чтобы предполагаемая минимальная глубина маскировала размещенный прибор, а возможная максимальная глубина не превышала максимальный уровень измерений. Максимальная глубина измерений задается во время калибровки прибора с помощью подбора коэффициента усиления. Прибор может настраиваться на максимальную измеряемую глубину, равную 10 м. Дискретность измерений определяется делением максимального значения на 1023.

В основании контейнера имеется якорная конструкция для его надежной фиксации на дне. При необходимости можно использовать дополнительный груз.

К успокоительному контейнеру крепится шнур (рисунок 4), который протягивается по дну к берегу и соединяется с основанием замаскированного под камыш или ветку штыря. Штырь втыкается в дно с таким расчетом, чтобы по окончании периода измерений его можно было найти и за привязанный к нему шнур вытащить прибор. Для улучшения маскировки успокоительный контейнер окрашивается в «грязный» тон.



**Рисунок 4 – Прибор в успокоительном контейнере со шнуром
(автор фото Т. С. Пономаренко)**

Используемый датчик предусматривает компенсацию изменений атмосферного давления. Для этого на вторую мембрану датчика через штуцер необходимо обеспечить доступ воздуха из атмосферы. В этом случае вдоль шнура крепится тонкая гибкая трубка, конец которой присоединяется к верху штоля. При этом необходимо обеспечить ее целостность и невозможность попадания в нее воды. Можно использовать и специальный шнур с капиллярной трубкой, но его стоимость высока.

Стоит отметить, что вывести трубку со шнуром к берегу, обеспечив ее незаметность, часто бывает очень неудобно. В этом случае можно отказаться от компенсации атмосферного давления с ее помощью. При этом компенсацию изменений давления осуществить последующим перерасчетом результатов измерений. Для этого в районе измерений устанавливается дополнительный компенсационный прибор, который синхронно с уровнемером будет записывать изменения разницы давления неизменного уровня воды и атмосферного давления воздуха.

К датчику компенсационного прибора через штуцера подсоединяются две трубки: одна – закрытая трубка с водой (с высотой водного столба 1 м), другая – открытая для атмосферного воздуха. Датчик и трубки компенсационного прибора устанавливаются в пробуренную в укромном месте на берегу скважину глубиной 1 м, а сам прибор, расположенный над ними, прикапывается и маскируется. Такой способ компенсации усложняет окончательный расчет реальных уровней, но значительно упрощает процесс маскировки основного прибора, исключая необходимость прятать компенсационную трубку.

Включение прибора осуществляется до закрытия крышки контейнера. Время включения прибора фиксируется в журнале. После установки прибора на дне водотока измеряется начальный уровень воды, и данные вносятся в журнал.

Следует отметить, что в память прибора записываются значения в условных единицах, которые отражают изменения некоторого начального уровня. Для считывания данных в компьютер и получения реальных значений уровней воды в миллиметрах была разработана отдельная компьютерная программа. На основании данных журнала при помощи этой программы можно получить окончательную таблицу значений всех уровней с привязкой ко времени.

Продолжительность работы прибора зависит от емкости устанавливаемых аккумуляторов и заданной периодичности замеров. Используемые нами аккумуляторы при почасовом измерении обеспечивают надежную работу прибора в течение более одного месяца.

Низкая стоимость комплектующих позволяет нам изготовить своими силами достаточное количество подобных приборов и использовать их синхронно для замеров изменений уровней в необходимом нам количестве створов на обследуемой области водотоков.

УДК 633.2

С. Ю. Турко

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

МЕЛИОРАЦИЯ КОРМОВЫХ УГОДИЙ, СКОНСТРУИРОВАННЫХ ПО АЭРОТОПИЧЕСКОМУ ПРИЗНАКУ, НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ЕРГЕНИНСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Цель исследований заключалась в изучении биоэкологии и урожайности многолетних трав Ставропольской селекции, которые прошли первичную интродукцию в поликомпонентных посевах, являются устойчивыми в новых экологических условиях. Проведен мониторинг продуктивности опытных посевов кормовых растений для улучшения пастбищ аридной зоны. Результат исследований – проведение отбора и испытание кормовых растений и способов их культивирования на песках сухой степи и полупустыни. Получены новые данные по биоэкологии и урожайности кормовых растений с учетом почвенно-климатической неоднородности территории, а также выявлены их наиболее перспективные виды и сорта для мелиорации пастбищ.

Ключевые слова: мелиорация пастбищ, кормовые растения, поликомпонентные посева, деградация пастбищ, фитомелиорация, фитомасса, рост и развитие, аридная зона.

Введение. В настоящее время природные пастбищные экосистемы, в том числе аридных регионов России, характеризуются бедным видовым составом, низкой продуктивностью и ее резкими колебаниями по годам и сезонам. Бессистемное использование пастбищ с ранней весны до поздней осени приводит к изреживанию растительности, выпадению из травостоя ценных кормовых трав, а также интенсивной деградации угодий с понижением валовой и годичной продуктивности до 2–3 ц/га сухой поедаемой массы [1–3]. Нерациональное использование пастбищных угодий может способствовать их полной деградации, создавая угрозу для кормопроизводства, основу которого составляют пастбища и луга, дающие дешевые корма.

Биоклиматический потенциал перспективных видов и сортов кормовых злаковых трав Ставропольской селекции, обладающих высокой кормовой ценностью и питательностью, дает возможность использовать их при фитомелиорации деградированных угодий в регионах с засушливым климатом. Внедрение устойчивых и продуктивных растений позволит повысить урожайность и сконструировать долговечные агроценозы [3–5].

Для эффективного и рационального использования деградированных пастбищ необходимо широкое применение фитомелиорации территорий с созданием посевов высокопродуктивных кормовых трав, в том числе и селекционно улучшенных [6].

Материалы и методы. Объектами исследований являлись наиболее продуктивные фитомелиоранты – многолетние травы Ставропольской селекции, испытания проводились на Калмыцкой опытной станции (опыты – мелкоделяночные, 4-летние поликомпонентные посева на светло-каштановых почвах Ергенинской возвышенности). Закладка опытов и наблюдения за развитием и продуктивностью осуществлялись согласно общепринятым методикам [7].

Результаты и обсуждение. Фитомелиорация способствует целесообразному и эффективному использованию пастбищных угодий, она предполагает посев перспективных, высокопродуктивных, селекционно улучшенных кормовых трав. С этой целью можно применять злаковые травы Ставропольской селекции ввиду их высокой питательности и кормовой ценности [2].

Весной 2012 г. на светло-каштановых легкосуглинистых (с вкраплениями сред-

несуглинистых) почвах опытного участка Калмыцкого филиала ВНИАЛМИ (г. Элиста) были заложены мелкоделяночные широкорядные опыты по изучению многолетних трав Ставропольской селекции, которые прошли интродукцию на Ачикулакской НИЛОС и зарекомендовали себя как устойчивые и наиболее продуктивные фитомелиоранты в чистых и монокомпонентных посевах. Были высеяны: пырей сизый сорта Ставропольский 1, пырей удлиненный Солончаковый, пырей удлиненный сорта Ставропольский 10, кострец безостый сорта Ставропольский 31, житняк гребенчатый [8].

Подготовка почвы – зяблевая вспашка на глубину 25–27 см с предпосевной культивацией и прикатыванием. Способ посева – широкорядный (через 45 см), глубина заделки семян – 1,5–2,0 см. Повторность – 2-кратная (с учетом полученных семян), размер делянок 2 × 2 м, расстояние между ними – 0,5 м. Норма высева из расчета 10 кг/га (0,5 г на 1 пог. м).

В 2015 г. были продолжены наблюдения за изучаемыми кормовыми травами, которые к четвертому году вегетации показали хорошие темпы роста и развития, особенно в весенний период (рисунок 1).



а – пырей сизый сорта Ставропольский 1; *б* – кострец безостый сорта Ставропольский 31

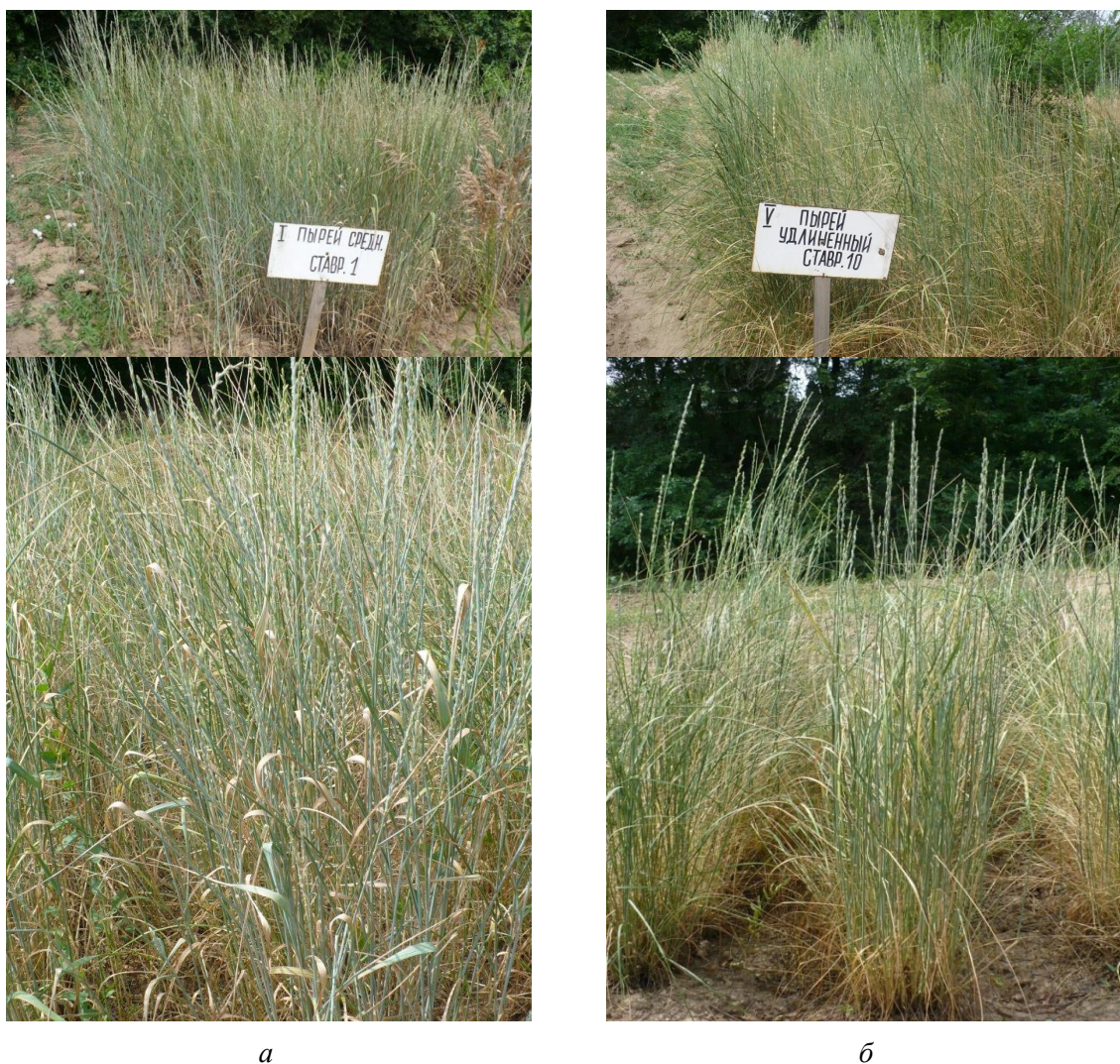
**Рисунок 1 – Весеннее развитие трав Ставропольской селекции
(вверху – 05.05.2015, внизу – 22.05.2015)**

Средняя высота пырея сизого сорта Ставропольский 1 и костреца безостого сорта Ставропольский 31 достигала 100 и 95 см соответственно при максимальной высоте 115 и 120 см.

Пырей удлиненный Солончаковый также прибавил в росте 30–40 см по сравнению со вторым и третьим годом вегетации, и его средняя высота весной составила 90 см, максимальная – 110 см. Немного прибавил в росте житняк гребенчатый (20–25 см), а пырей удлиненный сорта Ставропольский 10 весной показал практически одинаковый рост.

Лучшие показатели роста летом зафиксированы у пырея удлиненного сортов Солончаковый и Ставропольский 10. Такой высокий рост обеспечило хорошее массовое колошение. Отличный рост и колошение отмечены у пырея сизого сорта Ставро-

польский 1 и костреца безостого сорта Ставропольский 31, они активно отрастали в междурядьях и за границами опытных делянок (на расстояние до 40 см), что привело к видимости сплошного посева (рисунок 2).



а – сизый сорта Ставропольский 1; *б* – удлиненный сорта Ставропольский 10
(вверху – общий вид, внизу – вид междурядий, 24.06.2015)

Рисунок 2 – Пырей

Лето 2015 г. было жарким, в июле и августе практически не выпадали осадки (за исключением двух ливневых дождей к концу второй декады августа), испытываемые культуры многолетних кормовых трав интенсивно высухали, и к сентябрю вся надземная часть фитомассы житняка, костреца и пырея сизого сорта Ставропольский 1 высохла полностью. К концу первой декады сентября жаркий период завершился, выпали осадки, наблюдался интенсивный рост всех культур. В начале третьей декады средняя высота растений достигала 25–45 см. При этом максимальный рост отмечен у селекционных сортов пырея: удлиненного сорта Ставропольский 10 (60–80 см) и сизого сорта Ставропольский 1; максимальная высота (50 см) последнего оказалась немного меньше, чем у Солончакового, но средняя высота всех растений была больше (40 см). За счет интенсивного отрастания в междурядьях и, особенно за границей делянки, пырей сизый сорта Ставропольский 1 выглядит более зеленым и привлекательным, чем остальные испытываемые культуры, а кострец безостый сорта Ставропольский 31 немного ниже, заполнение пространства делянки у него более рыхлое.

Цветение всех испытываемых пыреев началось одновременно – 10 июня, в прошлом

сезоне только пырей сизый сорта Ставропольский 1 зацвел раньше – 6 июня. Начало массового цветения у пырея удлиненного Солончакового (20 июня) совпало с прошлогодним показателем, а у всех остальных культур задержалось на 3 дня. В 2015 г. завершение цветения и созревание семян у пырея сизого сорта Ставропольский 1 произошло на 2–3 дня раньше, чем годом ранее, а у удлиненных пыреев – почти в те же сроки, что и в 2014 г. У костреца безостого сорта Ставропольский 31 завершение цветения и созревание семян отмечено на 7–8 дней позже, чем в прошлом году, а у житняка гребенчатого – на 4 дня раньше. Таким образом, жара и засуха повлияли в большей степени на фазы развития житняка гребенчатого, чем испытываемых многолетних кормовых трав Ставропольской селекции.

В конце июня был проведен учет фитопродуктивности испытываемых трав, определена их урожайность и ярусное распределение накопленной воздушно-сухой фитомассы (таблица 1).

Таблица 1 – Ярусное распределение фитомассы 4-летних трав Ставропольской селекции в монокомпонентных широкоярусных (45 см) посевах, 2015 г.

Высота среза, см	Фитомасса по ярусам									
	Пырей сизый		Пырей удлиненный				Кострец безостый сорта Ставропольский 31		Житняк гребенчатый	
	Ставропольский 1		Солончаковый		Ставропольский 10					
	г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%	г/м ²	%
0–15	193,3	22,3	183,0	26,6	143,7	23,7	120,4	19,2	203,1	25,7
15–30	171,5	19,7	146,6	21,3	123,9	20,4	112,0	17,9	171,6	21,7
30–45	157,2	18,1	107,9	15,7	105,9	17,5	94,4	15,0	145,9	18,4
45–60	93,1	10,7	77,7	11,3	77,9	12,9	80,4	12,8	102,6	13,0
60–75	114,9	13,2	56,1	8,1	54,5	9,0	56,7	9,0	80,3	10,1
75–90	82,9	9,5	46,7	6,8	42,3	7,0	40,0	6,4	54,4	6,9
90–105	39,9	4,6	34,2	5,0	27,9	4,6	53,7	8,6	23,7	3,0
105–120	13,8	1,6	24,3	3,5	18,0	3,0	46,0	7,3	9,7	1,2
120–135	2,5	0,3	9,8	1,4	8,1	1,3	23,8	3,8	–	–
135–150	–	–	2,1	0,3	1,9	0,3	–	–	–	–
150–165	–	–	–	–	1,9	0,3	–	–	–	–
Итого	869,1	100,0	688,4	100,0	606,0	100,0	627,4	100,0	791,3	100,0
Урожайность, ц/га										
4-й год	86,9		68,8		60,6		62,7		79,1	
3-й год	49,7		62,3		60,3		40,9		27,3	
2-й год	50,8		23,0		42,4		31,9		31,7	

Самая высокая урожайность отмечена у пырея сизого сорта Ставропольский 1 (86,9 ц/га), что в 1,7 раза больше, чем в два прошлых сезонах. Пырей удлиненный Солончаковый (68,8 ц/га) превысил результат второго года вегетации в 3,0 раза, третьего года – всего в 1,1 раза; урожайность пырея удлиненного сорта Ставропольский 10 третьего и четвертого года вегетации оказалась практически одинаковой и составила немногим более 60 ц/га, что в 1,4 раза больше, чем второго года. Значительно повысилась продуктивность костреца безостого сорта Ставропольский 31 (до 62,7 ц/га), превысив в 2,0 и 1,5 раза урожайность второго и третьего сезонов вегетации соответственно. Урожайность житняка гребенчатого увеличилась по сравнению с предыдущими двумя годами, когда она была почти одинаковой, в 2,5 и 2,9 раза соответственно, составив 79,1 ц/га. Такой резкий скачок урожайности произошел за счет увеличения высоты растений, отличного кущения, что, в свою очередь, способствовало значительному увеличению (более чем в 2 раза) количества генеративных побегов на 1 м² и семенной продуктивности (также более, чем в 2 раза).

Значительная прибавка общей урожайности на четвертом году вегетации отмечена у пырея сизого сорта Ставропольский 1, у него также увеличилось количество генеративных побегов за счет усиления кушения, зарастания и уплотнения междурядий. У костреца безостого сорта Ставропольский 31 прирост фитомассы произошел в основном за счет большей высоты, зарастания междурядий и увеличения размеров метелок на генеративных побегах, что повысило семенную продуктивность.

Анализ распределения фитомассы по ярусам испытуемых многолетних трав показывает, что в течение первых трех сезонов вегетации для всех был характерен приземный тип заполнения аэрозопа. В 2014 г. в слое 0–30 см накапливалось фитомассы от 48 % (у пырея сизого сорта Ставропольский 1) до 63,4 % (у житняка гребенчатого), а в слое 0–45 см – уже от 66,5 до 80,3 %. У житняка гребенчатого на ярус 0–30 см приходился наибольший процент накопленной фитомассы (63,4 %), приземный слой аэрозопа заполнялся плотно, тем не менее за счет крупных особей и генеративных побегов, расположенных в небольшом диапазоне высот, заполнение аэрозопа происходило более равномерно, что было характерно и для костреца безостого сорта Ставропольский 31, и для пырея сизого сорта Ставропольский 1, хотя эти селекционные травы намного выше, что определяется сортовой принадлежностью. У пыреев удлинённых за счет их высокорослости и очень длинных генеративных побегов фитомасса распределялась в самом широком высотном диапазоне.

В таблице 2 приводятся данные по суммарному накоплению фитомассы в приземных слоях аэрозопов многолетних кормовых трав Ставропольской селекции на третьем и четвертом году вегетации.

Таблица 2 – Распределение суммарного накопления фитомассы 3–4-летних трав Ставропольской селекции в монокомпонентных широкорядных (45 см) посевах, 2014–2015 гг.

Высота среза, см	Воздушно-сухая фитомасса, %									
	Пырей сизый		Пырей удлинённый				Кострец безостый сорта Ставропольский 31		Житняк гребенчатый	
	Ставропольский 1	Солончаковый	Ставропольский 10		Ставропольский 31					
	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.	2014 г.	2015 г.
0–30	48,0	42,0	52,9	47,9	58,6	44,1	54,9	37,1	63,4	47,4
0–45	66,5	60,1	68,5	63,6	76,7	61,6	74,0	52,1	80,3	65,8
0–60	81,6	70,8	79,1	74,9	85,6	74,5	87,7	64,1	88,3	78,8

В 2015 г. (на четвертом году), по сравнению с прошлым годом, в структуре суммарного накопления фитомассы в аэрозопах испытуемых трав отмечено значительное снижение процента накопления в нижних слоях за счет смещения его в верхние слои. Таким образом, в аэрозопах многолетних селекционных трав при их развитии наблюдается равномерное увеличение уплотнения по всей высоте растений.

Самую высокую семенную продуктивность показали, как и в прошлом году, кострец безостый сорта Ставропольский 31 (13,24 ц/га) и житняк гребенчатый (13,48 ц/га), превысив прежний результат на 45 и 164 % соответственно. Среди пыреев у пырея сизого сорта Ставропольский 1 увеличение семенной продуктивности оказалось самым высоким (на 174 %) и составило 10,32 ц/га, у удлинённого Солончакового – всего на 17 % (4,73 ц/га) (таблица 3).

У пырея удлинённого сорта Ставропольский 10 практически не изменилась общая накопленная фитомасса, а семенная продуктивность снизилась на четвертом году вегетации на 36 % и составила всего 2,92 ц/га. При увеличении на треть у него количества генеративных побегов на 1 м², средняя длина побегов и, в частности самих колосков, заметно снизилась, что сказалось на продуктивности.

Таблица 3 – Средние биометрические характеристики многолетних кормовых трав Ставропольской селекции 3–4-го года вегетации (посев – широкорядный, 45 см), Элиста, 2015 г.

Вид	Сорт	Средняя высота, см	Фитомасса		Генеративный показатель			
			ц/га	т/га	Кол-во побегов, м ²	Средняя длина колоса или метелки, см	Семенная продуктивность	
							ц/га	т/га
Пырей сизый	Ставропольский 1	120	86,9	8,69	334	20,3	10,32	1,03
Пырей удлинённый	Солончаковый	130	68,8	6,88	161	23,4	4,73	0,47
	Ставропольский 10	140	60,6	6,06	138	19,6	2,92	0,29
Кострец безостый	Ставропольский 31	120	62,7	6,27	136	21,8	13,24	1,32
Житняк гребенчатый		95	79,1	7,91	586	6,6	13,48	1,35

Изучение биоэкологических особенностей селекционно улучшенных многолетних трав, которые к концу июня достигают пастбищной спелости, а по высоте и урожайности превосходят естественные травостои в 2–4 раза, позволяет выделить самые продуктивные и устойчивые в новых экологических условиях виды. Необходимо использовать их потенциал развития и особенности распределения фитомассы в аэротопе для расширения ассортимента трав-мелиорантов при конструировании высокопродуктивных и устойчивых агроценозов на деградированных пастбищах аридной зоны Северо-Западного Прикаспия, где преобладает приземный тип заполнения аэротопов.

Список использованных источников

1 Турко, С. Ю. Фитомелиорация деградированных угодий на основе технологии выращивания перспективных видов кормовых растений / С. Ю. Турко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 68–72.

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

3 Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. – Волгоград, 2000. – 42 с.

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

5 Рекомендации по обогащению аридных пастбищ новыми видами кормовых древесных растений. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1990. – 86 с.

6 Пенькова, И. Н. Улучшение и использование природных пастбищ Волгоградской области / И. Н. Пенькова, В. А. Парамонов. – Волгоград, 1996. – 62 с.

7 Петров, В. И. Фитоструктура аэротопа пастбищных экосистем Северо-Западного Прикаспия / В. И. Петров, В. П. Воронина // Доклады РАСХН. – 2007. – № 1. – С. 22–25.

8 Турко С. Ю. Перспективные виды и сорта кормовых растений на светло-каштановых почвах Ергенинской возвышенности / С. Ю. Турко, А. В. Вдовенко, Л. П. Радочинская / Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. – 2015. – № 1(37). – С. 94–98.

УДК 626.81

А. С. Капустян

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

ПОРЯДОК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗ СВЕДЕНИЙ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВОДНЫЙ РЕЕСТР И МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрен порядок представления подведомственными Департаменту мелиорации Минсельхоза России эксплуатационными организациями сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами. Приведенные результаты анализа содержания присланных форм государственного мониторинга водных объектов, а также таблиц государственного водного реестра показали отсутствие единого подхода при подготовке сведений и необходимость разработки нормативно-методического документа, обеспечивающего однозначное толкование всех разделов форм и таблиц.

Ключевые слова: государственный водный реестр, государственный мониторинг водных объектов, сбор и обработка сведений, наблюдения за водными объектами, тип гидротехнического сооружения, назначение гидротехнического сооружения.

Сельское хозяйство является одним из крупнейших потребителей водных ресурсов. На его нужды расходуется более 18 млн м³ воды, что составляет 24 % объема водопотребления в России. Основной забор воды в сельском хозяйстве, по данным государственной статистики, направлен на хозяйственно-питьевое (3,99 %), сельскохозяйственное (4,89 %) водоснабжение, орошение (83,07 %) и прочие нужды (8,05 %). В перспективе предполагается существенное увеличение водопотребления в АПК России с объемом изъятия водных ресурсов к 2020 г. до 27 км³/год [1].

К настоящему времени срок эксплуатации большинства сооружений мелиоративного назначения составляет от 30 до 50 лет и является предельным для такого класса сооружений, поэтому требуется постоянный контроль их технического состояния для принятия решения о ремонте, реконструкции или модернизации.

Разработанная в целях водоресурсного обеспечения реализации «Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» Водная стратегия определила основные направления деятельности по развитию водохозяйственного комплекса и закрепила базовые принципы государственной политики в области использования и охраны водных объектов [1].

В соответствии с постановлениями Правительства Российской Федерации № 219 (2007 г.) [2] и № 253 (2007 г.) [3] Министерство сельского хозяйства РФ ежегодно представляет в Федеральное агентство водных ресурсов сведения о результатах наблюдений за водными объектами [мониторинг водных объектов (МВО)], находящимися в ведении Минсельхоза России, и данные о государственных мелиоративных системах и отдельно расположенных гидротехнических сооружениях (ГТС) на водных объектах для их внесения в государственный водный реестр (ГВР).

ГВР представляет собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц, об их использовании, речных бассейнах, бассейновых округах.

Реестр формируется не только для информационного обеспечения комплексного и целевого использования водных объектов и их охраны, но и для планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод.

В целях формирования ГВР Министерство сельского хозяйства РФ предоставляет

ет сведения об использовании водных объектов для нужд сельского хозяйства, в том числе водопотребления и водоотведения, а также о государственных мелиоративных системах, отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных ГТС на водных объектах. Состав сведений и порядок их представления для внесения в ГВР определен Приказом МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 316 [4].

Состав сведений, предоставляемых Министерством сельского хозяйства РФ для внесения в ГВР, включает данные о государственных гидромелиоративных (водохозяйственных) системах (таблицы 1.1 и 1.2), каналах государственных гидромелиоративных систем пропускной способностью свыше $1 \text{ м}^3/\text{с}$ (таблица 2) и отдельно расположенных ГТС на водных объектах, находящихся в государственной собственности (таблица 3) [4].

В состав сведений, представляемых Минсельхозом России для внесения в МВО, входят сведения об эксплуатируемых водохозяйственных системах (форма 5.1), состоянии эксплуатируемых водохозяйственных систем (форма 5.2) и состоянии эксплуатируемых ГТС (форма 5.3) [5].

Формы, сроки и порядок представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, определен Приказом МПР РФ от 6 февраля 2008 г. № 30 [5].

Сбор и обработку отчетных данных в рамках государственного задания на 2016 г. поручено провести ФГБНУ «РосНИИПМ».

Результаты первого года работ по сбору и обработке данных за 2015 г. позволили сделать следующие предварительные выводы:

- наблюдения за водными объектами выполняются во всех регионах России, в которых имеются объекты мелиорации, подведомственные Департаменту мелиорации Минсельхоза России;

- несмотря на то, что представление сведений для внесения в ГВР и МВО осуществляется с 2008 г., до сих пор при этом (при представлении ежегодных сведений) у эксплуатирующих организаций возникают трудности, обусловленные постоянным совершенствованием и обновлением правовых и нормативно-методических документов (система кодирования Минсельхоза России, код ГТС в Российском регистре ГТС кодирования водохозяйственных участков, код Общероссийского классификатора территорий муниципальных образований и т. д.).

Анализ внутреннего содержания присланных форм МВО и таблиц ГВР показал отсутствие единого подхода при подготовке сведений. Ниже приведен краткий анализ вариантов ответов по наиболее значимым и повторяющимся в разных формах вопросам.

Представление сведений об эксплуатационных водохозяйственных системах начинается с наименования и типа водохозяйственной системы (форма 5.1) [5]. В целом более 90 % ФГБУ правильно ответили на данный вопрос. Из вариантов ответов у 10 % ФГБУ можно выделить следующие: орошение, осушение, мелиоративная, водоприемник, водоотведение, рекреация, самотечный канал и т. д.

В соответствии с Водным кодексом РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ водохозяйственная система – это комплекс водных объектов, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов, ГТС – водохранилища, мелиоративные (оросительные, осушительные) системы, каналы различного назначения, системы технического водоснабжения промузлов предприятий, электростанций, системы очистки и сброса сточных, коллекторно-дренажных вод.

При описании типа ГТС (форма МВО 5.1, таблица ГВР 1.2) большинство ФГБУ достаточно подробно охарактеризовали не только типы ГТС, но и их функциональные особенности: перекачивающая насосная станция, водоотведение, водопропуск, отрегулированные водоприемники, трубоперезды, самотечный водозабор и т. д.

Согласно «Инструкции о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений» (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 ян-

варя 2013 г. № 34), выделяют следующие типы ГТС: плотины, водохранилища, дамбы, водозащитные, перегораживающие сооружения, шлюзы-регуляторы, вододелители, открытые водосбросы, шахтные и трубчатые поверхностные водосбросы, туннельные и глубинные водосбросы, траншейные водосбросы, сифонные водосбросы, водоспуски, донные водовыпуски, поверхностные водозаборы, глубинные водозаборы, водоводы, пульпопроводы и золошлакопроводы, акведуки, туннели, лотки, каналы и дрены, дюкеры, берегоукрепительные и дноукрепительные сооружения, струенаправляющие и отклоняющие дамбы, сооружения, ограждающие хранилища жидких отходов, котлованные сооружения для хранения жидких отходов, здания ГЭС, насосные станции, судопропускные сооружения, лесосплавные сооружения, рыбопропускные сооружения, отстойники.

При ответе на вопрос «Назначение ГТС» (форма МВО 5.1, таблицы ГВР 1.2, 3) удивляет разнообразие и диапазон ответов, зачастую связанных с классификациями сооружений по месту расположения ГТС, характеру и цели использования и т. д.

Наиболее часто встречаются следующие варианты ответов: орошение и обводнение, осушение, водоподача, водоотведение, регулирование стока, пропуск поверхностных вод, аккумулярование стока, сброс дренажных вод, забор воды на орошение, рекреация, производство рыбы, мелиоративное, понижение уровня грунтовых вод и т. д.

Все ответы отражают функциональные особенности работы сооружения, которые настолько разнообразны, что группировать их не представляется возможным.

Однако существует однозначное толкование данного вопроса, содержащееся в Приказе МПР РФ от 29 января 2013 г. № 34 «Об утверждении Инструкции о ведении Российского регистра гидротехнических сооружений», в соответствии с которым выделены следующие назначения ГТС: энергетика, транспорт, сельское хозяйство, водоснабжение, промышленность, защита от негативного воздействия вод, комплексное.

При оценке показателя «Класс ГТС» (формы МВО 5.1, 5.3, таблицы ГВР 1.2, 3) практически все ФГБУ отметили класс сооружений от 1 до 4. В ответах нет единства только в написании класса, т. к. одни предпочитают арабские цифры, другие – римские.

Согласно постановлению Правительства РФ от 2 ноября 2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений» ГТС в зависимости от их высоты и типа основания, социально-экологической ответственности и последствий возможных гидродинамических аварий подразделяются на классы:

- I класс – ГТС чрезвычайно высокой опасности;
- II класс – ГТС высокой опасности;
- III класс – ГТС средней опасности;
- IV класс – ГТС низкой опасности.

Варианты ответов на вопрос «Характеристика уровня безопасности» (форма МВО 5.1) выглядят следующим образом: 77,62 % ФГБУ отметили весь перечень показателей уровня безопасности – от нормального до опасного уровня; 22,37 % ФГБУ ответили, что сооружения не подлежат декларированию и 0,01 % ФГБУ доложили, что у них отсутствуют декларации безопасности.

В соответствии с Приказом Минприроды РФ № 117, Минтранса РФ № 66 от 27.04.2009 перечень качественных характеристик уровня безопасности ГТС должен соответствовать приведенным в таблице 1 характеристикам.

При ответе на вопрос «Оценка технического состояния» (форма МВО 5.1, таблица ГВР 1.2) 68,4 % ФГБУ приводят цифровые значения от 1 до 4; 11,8 % оценку технического состояния дают в виде: удовлетворительное, неудовлетворительное, работоспособное, ограниченно работоспособное; оставшиеся 19,8 % отвечают в произвольной форме типа: требует ремонта, подлежит реконструкции и т. д.

В приложении 2 к приказу МПР России от 30 ноября 2007 г. № 316 отмечено, что оценка технического состояния классифицируется по износу (амортизации) сооружения по 4 классам:

- 1 класс – износ от 0 до 25 %;
- 2 класс – износ от 26 до 50 %;
- 3 класс – износ от 51 до 75 %;
- 4 класс – износ от 76 до 100 %.

Таблица 1 – Качественные характеристики уровня безопасности ГТС

Код	Наименование характеристик
1	Нормальный уровень безопасности: ГТС соответствуют проекту, действующим нормам и правилам, значения критериев безопасности не превышают предельно допустимых для работоспособного состояния сооружений и оснований, эксплуатация осуществляется без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, предписания органов государственного контроля и надзора выполняются
2	Пониженный уровень безопасности: невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного контроля и надзора по обеспечению безопасности ГТС и другие нарушения правил эксплуатации при прочих условиях, приведенных в п. 1
3	Неудовлетворительный уровень безопасности: снижение механической или фильтрационной прочности, превышение предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, другие отклонения от проектного состояния, способные привести к развитию аварии
4	Опасный уровень безопасности: наступает вследствие развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов ГТС и их оснований, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию сооружений и оснований

Варианты оценки показателя «Общий вывод о техническом состоянии» (формы МВО 5.2, 5.3) выглядят следующим образом. 89,5 % ФГБУ оценили техническое состояние как удовлетворительное, работоспособное, неудовлетворительное, хорошее; 10,5 % ФГБУ дали ответы типа: уровень безопасности – нормальный, пониженный, в рабочем состоянии, требует ремонта, технически исправно, предписания предыдущей проверки выполнены, нарушений не выявлено, 2–4.

Согласно Приказу Ростехнадзора от 29.12.2006 г. № 1163 выделены четыре категории технического состояния ГТС:

- I – исправное;
- II – работоспособное;
- III – ограниченно работоспособное;
- IV – неработоспособное (предельное, аварийное).

Современное состояние представляемых эксплуатирующими организациями сведений показывает, что существует необходимость в разработке методического документа, обеспечивающего однозначное толкование всех пунктов ГВР и МВО.

Разработка нормативно-методического документа, разъясняющего все разделы форм МВО и таблиц ГВР, позволит довести их до нормативного качества, существенно оптимизировать представление сведений по водным и мелиоративным объектам и повысить эффективность их подготовки.

Список использованных источников

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902173350>, 2016.

2 Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга

водных объектов (с изменениями на 18 апреля 2014 года): постановление Правительства от 10 апреля 2007 г. № 219 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902037173>, 2016.

3 О порядке ведения государственного водного реестра (с изменениями и дополнениями): постановление Правительства РФ от 28 апреля 2007 г. № 253. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

4 Об утверждении порядка представления и состава сведений, представляемых Министерством сельского хозяйства Российской Федерации, для внесения в государственный водный реестр: Приказ МПР РФ от 30 ноября 2007 г. № 316. // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

5 Об утверждении форм и порядка представления сведений, полученных в результате наблюдений за водными объектами, заинтересованными федеральными органами исполнительной власти, собственниками водных объектов и водопользователями: Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 6 февраля 2008 г. № 30 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

УДК 628.218

И. Э. Махмудов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Н. Мурадов

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Республика Узбекистан

А. Эрназаров

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗОНЫ ОПРЕСНЕНИЯ ВДОЛЬ ИРРИГАЦИОННЫХ КАНАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕУСТАНОВИВШЕГОСЯ ДВИЖЕНИЯ

В статье рассмотрена гидравлическая зависимость определения границ зоны опреснения вдоль ирригационных каналов в условиях неустановившегося движения. При этом динамика потока грунтовых вод оценивалась в целом, без разделения области пресных фильтрационных и засоленных грунтовых вод. С целью изучения фильтрации из каналов применены зависимости для однородного потока грунтовых вод.

Ключевые слова: гидравлическая зависимость, зона опреснения вдоль ирригационных каналов, условия неустановившегося движения, фильтрации из каналов.

В условиях острого дефицита водных ресурсов возникает необходимость поиска альтернативных источников воды, в частности, различных методов мобилизации атмосферных осадков для обеспечения необходимой влагой растений в начальной фазе развития, особенно хлопчатника. Как известно, часть атмосферных осадков за счет инфильтрации попадает в зону аэрации почвенного покрова, а часть влаги испаряется с поверхности земли. Процесс инфильтрации атмосферных осадков сопровождается насыщением влаги растворимыми минеральными элементами, является неустановившимся и зависит, прежде всего, от скорости фильтрации и водоотдачи почвогрунта. Вместе с этим в весенний период проявляется активизация движения грунтовых вод, что обуславливает ускорение их движения по капиллярам к поверхности земли. Исследованиями установлено, что в определенный момент за счет образования на поверхности капиллярной влаги, избыточного давления, а также затруднения водоотдачи почвы ниже подошвы пахотного слоя происходит замедление и остановка движения инфильтрационной влаги. Такое явление обуславливает возникновение в зоне аэрации, между горизонтом грунтовых вод и поверхностью земли, висячих объемов инфильтрационной влаги. В практике земледелия Узбекистана с целью мобилизации висячих горизонтов

влаги и ее направления к растениям используют множество агротехнических приемов. Однако отсутствие достаточных знаний о закономерностях формирования и движения висячей влаги в зоне аэрации не позволяет эффективно применять такие важные ресурсы вод для пользы растений.

Известно также об образовании на территориях с высокой минерализацией грунтовых вод подземных линз пресных вод и, несмотря на их небольшие объемы, они могут эффективно использоваться для водоснабжения сельского населения. Линзы пресных подземных вод формируются как за счет капиллярной влаги, так и за счет фильтрации воды из ирригационных каналов. При фильтрации из крупных каналов сравнительно пресные воды, поступая в грунт и растворяя соли, осолоняются, но при длительной фильтрации в зонах вблизи канала образуются линзы пресных подземных вод. При продолжительной эксплуатации оросительных каналов происходит расширение объема линз пресных подземных вод. Отметим, что некоторые решения, относящиеся к динамике перемещения пресных вод в засоленных грунтах, ввиду возникших математических трудностей, не нашли прикладного применения. В связи с этим возникает необходимость разработки гидравлической зависимости для определения зон образования линз пресных подземных вод вблизи оросительных каналов.

Вопрос об изменении водно-физических свойств грунта в условиях ирригации мало изучен. Однако установлено, что в одних и тех же грунтах пресные фильтрационные воды и грунтовые воды с невысокой степенью минерализации будут передвигаться, подчиняясь примерно одинаковым количественным связям, т. е. для изучения потоков грунтовых вод можно приближенно принять [1]:

$$K_1 \approx K_2; H_{K1} \approx H_{K2} \text{ и } \delta_1 \approx \delta_2,$$

где K – коэффициент фильтрации;

H – максимальная высота капиллярного поднятия;

δ – коэффициент водоотдачи; индексы относятся: 1 – к движению более пресных фильтрационных вод; 2 – к движению грунтовых вод с невысокой степенью минерализации.

Тогда можно рассматривать динамику потока грунтовых вод в целом, не разделяя области пресных фильтрационных и засоленных грунтовых вод, и с целью изучения фильтрации из каналов применять зависимости для однородного потока грунтовых вод.

Зная скорости движения для исследуемого потока, можно определить сроки перемещения объема линз пресных подземных вод и границы фронта продвигающейся фильтрационной воды. При этом можно пренебречь диффузией растворов и условно принять, что пресные фильтрационные воды целиком замещают засоленные грунтовые воды. В действительности (как нами и наблюдалось в опытах) при вытеснении засоленных грунтовых вод пресными минерализация изменяется постепенно, вследствие чего существует «фронт» продвигающейся пресной воды (начало уменьшения минерализации) и «тыл» перемещающейся зоны рассоления (практически пресная вода). Ввиду неразработанности вопроса динамики этого процесса и, как показали наши опыты, по причине большой ширины описанной переходной зоны для ее сокращения за границу зоны опреснения можно принять ее «фронт», т. е. продвигающуюся поверхность воды в начале процесса уменьшения минерализации. Можно предположить, что вблизи каналов сделанные нами допущения будут иметь незначительные погрешности. Дальнейшая проверка в натурных исследованиях уточнила пределы применимости рекомендуемых решений. Следует отметить, что более точные результаты следует ожидать при определении перемещения горизонтальной границы опреснения и менее точные – вертикальной.

Объектом исследования являлись орошаемые земли вблизи рабочей части Каршинского магистрального канала (КМК) и межхозяйственного ирригационного канала Оби-хаэт (рисунок 1).

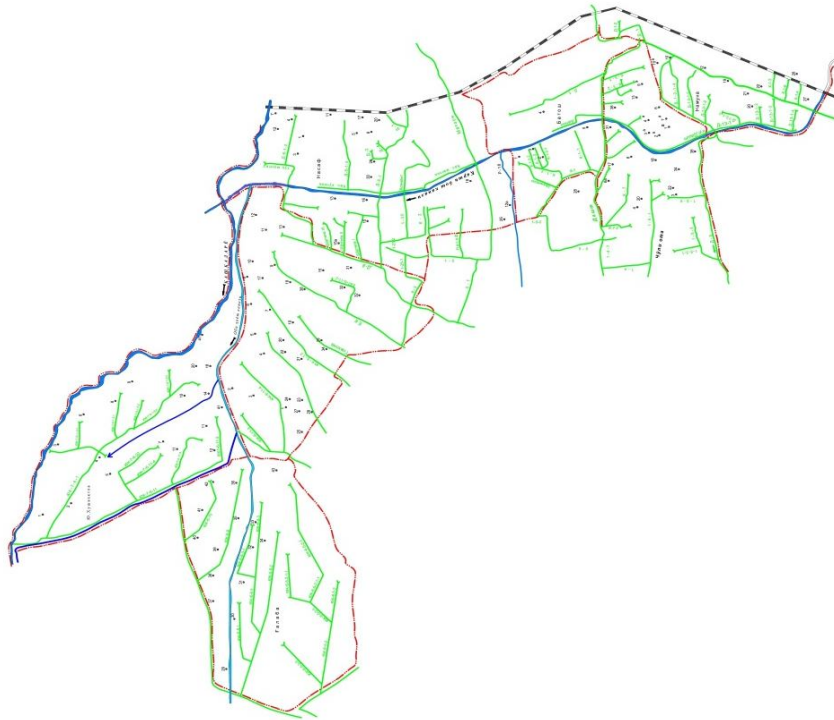


Рисунок 1 – Схема рабочей части КМК, межхозяйственного канала Оби-хает и зоны опреснения

Принимая упомянутые выше допущения, создадим гидравлическую модель для определения перемещения фронта зоны опреснения вблизи оросительных каналов в условиях установившегося движения, пользуясь формулами для составляющих скоростей при плоской фильтрации в виде [1]:

$$\begin{aligned} \omega_r &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \varphi}{\partial r} = m_0 \frac{dr}{dt} = -K_\phi \frac{\partial h}{\partial r}, \\ \omega_z &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial \psi}{\partial z} = m_0 \frac{dz}{dt} = -K_\phi \frac{\partial h}{\partial z}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ω_r , ω_z – проекции скорости фильтрации на оси r и z соответственно;

$\varphi(x, y)$ – потенциальная функция;

m_0 – свободная порозность;

K_ϕ – коэффициент фильтрации;

$h(r, z, t)$ – глубина залегания уровня грунтовых вод;

$\psi(x, y)$ – функция тока.

В теории функции комплексного переменного доказано, что каждые две кривые, из которых одна принадлежит к семейству кривых, определяемых уравнением $\varphi(x, y) = C$, а другая – семейству кривых, определяемых уравнением $\psi(x, y) = C'$, пересекаются под прямым углом, т. е. два семейства кривых образуют ортогональную сетку в основной плоскости течения. При этом необходимо отметить, что в основной плоскости течения линии равного давления (изобары) совпадают с эквипотенциальными линиями $\varphi(x, y) = C$, а кривые $\psi(x, y) = C'$ взаимно ортогональны с эквипотенциальными линиями, т. е. кривые этого семейства можно считать линиями тока (при установившемся движении линии тока и траектории частиц жидкости совпадают).

Также допустим, что уровень грунтовых вод в начальный момент времени $t=0$ постоянен и равен H_0 .

В дальнейшем в ирригационном канале поддерживается постоянный уровень:

$$H_1 = H_0 + H,$$

где H_0 – уровень грунтовых вод в начальный момент времени $t = 0$;

H – постоянный напор под слабопроницаемым прослоем.

Тогда принимаем, что ордината свободной поверхности $h(x, y, t)$ выражается уравнением с безразмерными параметрами [1, 2]:

$$h(\bar{z}, \bar{r}, \tau) = \bar{H} \frac{\text{Re} \cdot \exp(-\tau) \cdot \bar{q}}{z 9,8 \bar{B} \cdot \exp(\bar{H})} - \bar{H}_0 \frac{\bar{q}}{r \bar{B} \cdot \exp(\bar{H})} + \frac{\text{Fr} \cdot \text{Re} \cdot \exp(-\tau) \cdot \bar{q}}{r z 9,8 \bar{B} \cdot \exp(\bar{H})} - \frac{\text{Fr} \cdot \bar{q}}{r \bar{B} \cdot \exp(\bar{H})}. \quad (2)$$

Потенциальная функция и функция тока представлены в виде уравнения с безразмерными параметрами [3]:

$$\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial r} = \rho K_{\phi} \left[\bar{H} \frac{\bar{q}}{r^2 \bar{B} \cdot \exp(\bar{z})} - \frac{\text{Fr} \cdot \text{Re} \cdot \exp(-\tau) \cdot \bar{q}}{r z^2 9,8 \bar{B} \cdot \exp(\bar{z})} + \frac{\text{Fr} \cdot \bar{q}}{r^2 \bar{B} \cdot \exp(\bar{z})} \right], \quad (3)$$

$$\frac{\partial \bar{\psi}}{\partial z} = \rho K_{\phi} \left[\bar{H} \frac{\text{Re} \cdot \exp(-\tau) \cdot \bar{q}}{z^2 9,8 \bar{B} \cdot \exp(\bar{H})} + \frac{\text{Fr} \cdot \text{Re} \cdot \exp(-\tau) \cdot \bar{q}}{r z^2 9,8 \bar{B} \cdot \exp(\bar{H})} \right], \quad (4)$$

где $q(z, r, t)$ – расход фильтрационного потока на 1 пог. м длины канала;

Re – число Рейнольдса;

Fr – число Фруда;

B – ширина канала по урезу.

Используя выражение (2) для случаев фильтрации из каналов и принимая по ним значения $h(x, y, t)$, находим перемещение границ зоны образования линз пресных подземных вод.

Ввиду того, что определение динамики опресняющего действия каналов важно для районов с высоким стоянием засоленных грунтовых вод, рассмотрим случаи подпертой фильтрации. Выполним решение для одиночного канала при оттоке подземных вод за пределы орошаемых земель в условиях подпертой фильтрации и глубокого залегания водоупора, схема представлена на рисунке 2.

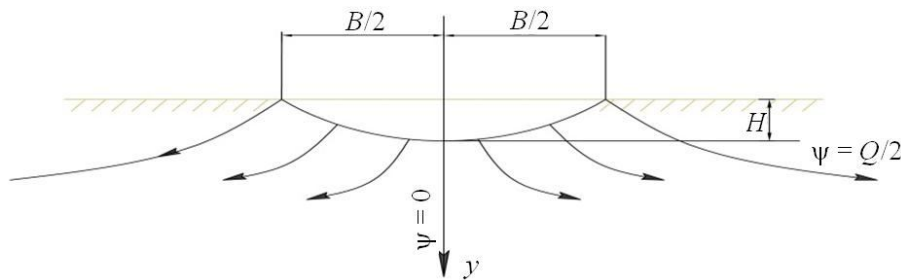


Рисунок 2 – Фильтрация из одиночного канала и отток за пределы массива

Для условий, изображенных на рисунке 2, а также с учетом выражений (1), (2) и (4) найдем зависимости для определения границ зоны опреснения вдоль ирригационных каналов:

$$\bar{r} = \sqrt[3]{-\frac{\bar{K}_{\phi}}{m_0} \left[\frac{\text{Fr} \cdot \text{Re} \cdot \bar{q}}{H 9,8 \bar{B} \exp(\bar{H} + \tau)} + \frac{z \bar{q} \tau}{\bar{B} \exp(\bar{H})} + \frac{\text{Fr} \bar{q} \tau}{\bar{B} \exp(\bar{H})} \right]}, \quad (5)$$

$$\bar{z} = \sqrt[3]{-\frac{\bar{K}_{\phi}}{m_0} \left[\frac{\text{Fr} \cdot \text{Re} \cdot \bar{q}}{r 9,8 \bar{B} \exp(\bar{H} + \tau)} + \frac{\bar{H} \text{Re} \bar{q}}{9,8 \bar{B} \exp(\bar{H} + \tau)} \right]}. \quad (6)$$

Интегрируя выражение (3) при граничном условии $\bar{\varphi} = 0, \bar{z} = \bar{H}$, получаем:

$$\frac{1}{r}(\bar{H} + Fr) + \frac{Fr \cdot Re \cdot \exp(-\tau)}{\bar{H}^2 \cdot 9,8} \ln|r| = 0. \quad (7)$$

Отсюда:

$$\tau = \ln \left| \frac{\bar{r} \cdot Fr \cdot Re \cdot \ln|r|^{-1}}{\bar{H}^2 \cdot 9,8 \cdot (\bar{H} + Fr)} \right|. \quad (8)$$

Задавая различные значения глубин перемещения фронта рассоления r , по уравнению (8) находим соответствующее время.

С учетом параметров натуральных исследований после выполнения соответствующих математических действий получено решение уравнения (5). Результаты численной реализации представлены в виде графиков (рисунок 3).

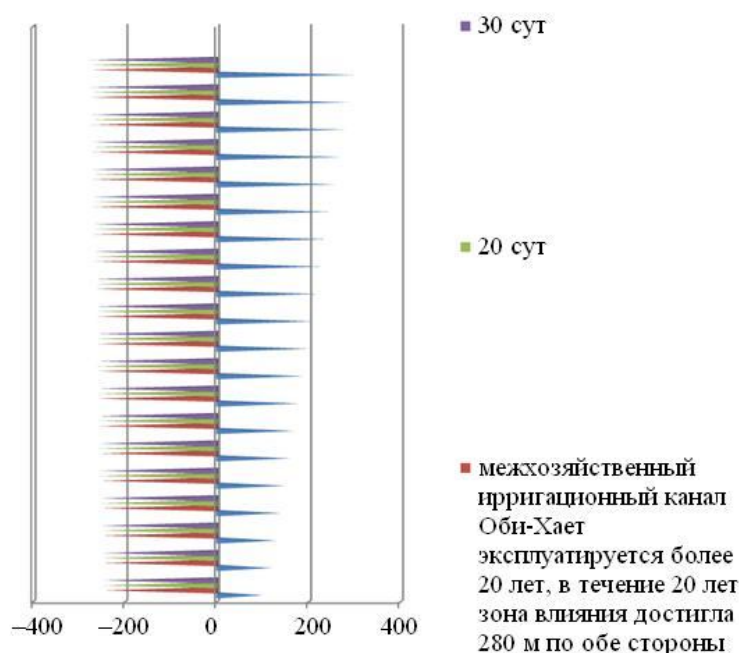


Рисунок 3 – График численных результатов уравнения (5) (представлены горизонтальные границы зоны опреснения вдоль межхозяйственного канала Оби-хает)

Выводы. В ходе исследований разработана гидравлическая зависимость для определения зоны опреснения вблизи оросительных каналов в условиях неустановившегося движения, что дает возможность использования субиригации сельскохозяйственных культур. Полученные гидравлические зависимости могут представлять большой интерес для сектора сельского и водного хозяйства и позволят решить множество практических задач в условиях водного дефицита.

Список использованных источников

1 Аверьянов, С. Ф. Рассоляющее действие фильтрации из каналов / С. Ф. Аверьянов // Влияние орошения на режим грунтовых вод: сб. науч. тр. – М.: АН СССР, 1959. – С. 44–120.

2 Махмудов, И. Э. Гидравлическая модель процесса переноса гомогенной смеси в гидроморфных средах, обусловленного изменением уровня подземных вод / И. Э. Махмудов, С. Эшев, Н. К. Мурадов // Проблемы механики. – 2013. – № 2. – С. 27–32.

3 Махмудов И. Э. Разработка и внедрение методов мобилизации линз подземных пресных вод для водопользования / И. Э. Махмудов, Н. К. Мурадов // Экологический вестник. – 2016. – № 2(178). – С. 13–16.

УДК 502.521:631.4:631.61

А. В. Алиферов

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

ОБОСНОВАНИЕ ЗОН ВЛИЯНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Целью данного исследования являлась разработка методологии обоснования зон влияния на природные среды водохозяйственных объектов, действующих в пределах бассейновых геосистем, и находящихся в составе природно-технических систем «природная среда – объект деятельности – население».

Ключевые слова: бассейновая геосистема, объект деятельности, экологическое состояние, природно-технические системы (ПТС), зоны влияния.

Введение. Нынешняя парадигма общественного развития породила ряд глобальных проблем, из которых главнейшими по значимости являются проблемы энергии, воды и пищи, без решения которых невозможно выполнение других важных задач. Происходящие процессы в обществе определяют необходимость формирования новых методологических подходов к развитию как фундаментальных, так и отраслевых направлений науки.

Перед современным водохозяйственным комплексом в составе АПК бассейновых геосистем Северного Кавказа и Южного Федерального округа, где проживает более 23 млн чел. (16,3 % от числа жителей Российской Федерации), стоит весьма амбициозная задача по созданию принципиально новых технологий использования водных ресурсов в различных технологических системах агропромышленного комплекса.

Практически все виды хозяйственной деятельности в той или иной степени связаны с использованием водных ресурсов, которые формируются в пространственных пределах бассейновых геосистем различного иерархического уровня [1]. Сформировавшееся противостояние биосферы и техносферы обуславливает острую необходимость в создании принципиально новых технологий по использованию природных ресурсов, в том числе и водных.

В нашем исследовании вопрос обоснования зон влияния водохозяйственных объектов рассмотрим на примере каскада гидротехнических сооружений Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, которая расположена в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани на территории Карачаево-Черкесской Республики.

Использование водных ресурсов в бассейновых геосистемах связано с внутрибассейновым и межбассейновым регулированием и перераспределением речного стока, что определяет весьма значительные пространственные границы зон влияния входящего в водохозяйственные системы каскада гидротехнических сооружений [2].

Функционирование водохозяйственных объектов вносит определенные изменения в естественные процессы взаимодействия между природными (биотическими, абиотическими) компонентами в пределах зон влияния рассматриваемого каскада гидротехнических сооружений, именуемого далее как объект деятельности (ОД), функционирующего в составе природно-технической системы (ПТС) «природная среда – ОД – население». Изменения в зонах влияния ОД в количественном и качественном отношении характеризуются изменениями интенсивности в движении потоков вещества, энергии и информации, определяющие собой все процессы жизнедеятельности в рассматриваемых пространственных пределах [3]. В системном рассмотрении движение потоков вещества, энергии и информации определяет собой экологическое состояние в природных средах (атмосфере, гидросфере, верхних слоях литосферы и верхнем поч-

венном слое и подстилающих породах), которое воздействует на все аспекты жизнедеятельности живого вещества и в том числе человека.

Обеспечение экологической безопасности является важным и необходимым требованием к технологическим процессам использования природных ресурсов, и в частности водных. Исследованиями ОД в пространственных пределах бассейновых геосистем рек Кубани, Терека и Нижнего Дона было установлено, что зоны влияния ОД при взаимодействии с природными средами в пространственно-временном их рассмотрении различны по характеру, границам и времени влияния на процессы движения потоков вещества, энергии и информации. Исходя из единства действий природы и хозяйственной деятельности, системное рассмотрение процессов взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения ОД с природными средами выявило необходимость в обосновании нового методологического подхода к определению границ зон влияния, характера воздействия и жизнедеятельности населения, проживающего в этих зонах, на основе использования энерго-энтропийного подхода [4].

Изучение процессов взаимодействия ОД с биотическими и абиотическими компонентами окружающей среды в концептуальном отношении рассматривается в соответствии с фундаментальными законами Природы (сохранения энергии, необратимости процессов и др.), где основным источником энергии является Солнце.

Взаимосвязь, взаимодействие и взаимоотношение ОД в процессах регулирования, внутрибассейнового перераспределения водного стока с локальными участками бассейновых геосистем рек Б. Зеленчук (с площадью водосбора $F_{\text{вод}} = 779 \text{ км}^2$, объемом приземных слоев атмосферы над водосборной территорией $W_{\text{атм}} = 7790 \text{ км}^3$, объемом верхних слоев литосферы под водосборной территорией $W_{\text{лит}} = 233,7 \text{ км}^3$), Маруха ($F_{\text{вод}} = 336 \text{ км}^2$, $W_{\text{атм}} = 3360 \text{ км}^3$, $W_{\text{лит}} = 100,8 \text{ км}^3$) и Аксаут ($F_{\text{вод}} = 509 \text{ км}^2$, $W_{\text{атм}} = 5090 \text{ км}^3$, $W_{\text{лит}} = 152,7 \text{ км}^3$) осуществляется в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани ($F_{\text{вод}} = 11,0 \times 10^3 \text{ км}^2$, $W_{\text{атм}} = 110 \times 10^3 \text{ км}^3$, $W_{\text{лит}} = 3,3 \times 10^3 \text{ км}^3$), являющейся элементарной частью биосферы Земли, в пределах которой протекают глобальные процессы влагооборота под воздействием потоков солнечной энергии.

На формирование водного стока в пределах локальных участков ПТС «природная среда – ОД – население» бассейновых геосистем рек Б. Зеленчук, Маруха и Аксаут затрачивается солнечная энергия в количестве 273429×10^6 , 117136×10^6 , $178,659 \times 10^6$ кВт·ч соответственно, в результате происходит образование соответствующих объемов воды (по среднесуточным данным) – 1232,0, 290,0, 446,0 млн м³, из которых в технологическую систему для выработки электрической энергии на Зеленчукской ГЭС-ГАЭС отбирается в среднем 26 % ($512 \times 10^6 \text{ м}^3$).

На всех иерархических уровнях бассейновой геосистемы Верхней Кубани, в пределах которой функционирует ОД в составе ПТС «природная среда – ОД – население», целостность ее обеспечивается за счет непрерывно протекающих процессов самоорганизации и преобразований во внутрисистемных образованиях (гидрографической сети, растительном и животном мире, почвенном покрове, верхних и приземных слоях литосферы и др.). Внедрение ОД в природные среды вызывает усложнение межструктурных связей в процессах самоорганизации между природными и техногенными структурными образованиями в зонах его влияния. Необратимость в процессах взаимодействия ОД с природными средами приводит к появлению новых явлений в геологической среде, гидрографах и русловой части верхних и нижних бьефов водохранилищных гидроузлов, прибрежной полосе пойменной части русел рек, приземных слоях воздушной среды и бассейновой геосистеме в целом [6].

На основе анализа результатов исследования видов воздействия ОД на природные среды были выявлены его зоны влияния: малоактивные, активные и сильно активные.

Малоактивная зона влияния I (рисунок 1) обуславливается внутрибассейновым

перераспределением водного стока в пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани и характеризуется незначительными изменениями гидрографов на притоках первого (реки Б. Зеленчук и М. Зеленчук), второго порядка (реки Маруха и Аксаут) и основного русла р. Кубани.



I – малоактивная зона влияния в пределах водосборной территории верховья р. Кубань (11000 км²); *II* – активная зона влияния КГТС на параметры микроклимата (Пмк); *III* – сильно активная зона влияния комплекса ГТС на реках Б. и М. Зеленчук (Ппдо); *IV* – сильно активная зона влияния на участке 15 км р. Кубань (П_{ВБПС}); *V* – активная зона влияния водохранилищ и КГТС на геологическую среду (П_{СРБ})

Рисунок 1 – Зоны влияния комплекса гидротехнических сооружений Зеленчукских ГЭС на окружающую среду бассейновой геосистемы Верхней Кубани

Обобщенные количественные показатели зон влияния ОД на природные среды в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные показатели зон влияния ОД на природные среды геосистемы Верхней Кубани

Зона влияния	Количественный показатель
1	2
Малоактивная зона влияния I Пространственные пределы бассейновой геосистемы Верхней Кубани	Площадь водосборной территории $F_{(1)} = 11$ тыс. км ² ; объем приземных слоев атмосферы $W_{атм(1)} = 100$ тыс. км ³ ; объем верхних слоев литосферы $W_{I(лт.)} = 3,3$ тыс. км ³ ; пространственные пределы Верхней Кубани $W_{В.К.} = 113,3$ тыс. км ³

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>Активная зона влияния II в зоне влияния каскада ГТС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - река Большой Зеленчук - реки Маруха, Аксаут (река Малый Зеленчук) - деривационный канал «Большой Зеленчук – Кубань» 	<p>Площадь водной поверхности водохранилища $F_{в.п.Б.З.(II)} = 1,2 \text{ км}^2$; прилегающая к водохранилищу площадь – $21,5 \text{ км}^2$; объем приземных слоев атмосферы $W_{ат.(Б.З.)} = 280 \text{ км}^3$; объем литосферы атмосферы $W_{Б.З.(II)} = 6,45 \text{ км}^3$</p> <p>Площадь водной поверхности водохранилища $F_{в.п.Мр.(II)} = 0,85 \text{ км}^2$; $F_{в.п.Ак.(II)} = 0,75 \text{ км}^2$; прилегающая к водохранилищам площадь – $41,5 \text{ км}^2$; объем прилегающих слоев атмосферы $W_{Мр.Ак(II)} = 415 \text{ км}^3$; объем литосферы $W_{Мр.Ак(II)} = 0,48 \text{ км}^3$</p> <p>Площадь водосборной поверхности в открытом канале $F_{в.п.К.(II)} = 0,35 \text{ км}^2$; площадь в верхнем бассейне суточного регулирования (БСР) $F_{в.п.ВБСР.(II)} = 0,75 \text{ км}^2$; объем прилегающих слоев атмосферы активной зоны влияния II $W_{ат.К(II)} = 3,5 \text{ км}^3$; $W_{ат.КВБСР(II)} = 2,5 \text{ км}^3$; объем прилегающих слоев атмосферы $W_{ат.НБСР(II)} = 6,0 \text{ км}^3$; объем литосферы атмосферы $W_{лт.К(II)} = 0,104 \text{ км}^3$; $W_{ат.ВБСР(II)} = 0,075 \text{ км}^3$; $W_{К.(II)} = 1,47 \text{ км}^3$; $W_{лт.НБСР} = 0,18 \text{ км}^3$</p>
<p>Сильно активная зона влияния III каскада ГТС:</p> <ul style="list-style-type: none"> - река Б. Зеленчук - реки Маруха, Аксаут, (река Малый Зеленчук) 	<p>Площадь прибрежной зоны влияния от створа гидроузла до устья $F_{п.з.(Б.З.)} = 25,0 \text{ км}^2$; объем приземных слоев атмосферы $W_{ат.(Б.З.)} = 250,0 \text{ км}^3$; объем литосферы $W_{лт.(Б.З.)} = 7,0 \text{ км}^3$; пространственные пределы сильно активной зоны влияния III – $W_{III(Б.З.)} = 257,5 \text{ км}^3$</p> <p>Площадь прибрежной зоны влияния от створа гидроузла рек Маруха, Аксаут до устья р. М. Зеленчук $F_{п.з.(М.З.)} = 23,5 \text{ км}^2$; объем приземных слоев атмосферы $W_{ат.(М.З.)} = 235,0 \text{ км}^3$; объем литосферы $W_{лт.(М.З.)} = 7,0 \text{ км}^3$; пространственные пределы сильно активной зоны влияния III – $W_{III(М.З.)} = 242,0 \text{ км}^3$</p>
<p>Сильно активная зона влияния IV</p>	<p>Площадь водной поверхности от створа Зеленчукской ГЭС-ГАЭС до напорного фронта Усть-Джегутинского гидроузла $F_{в.п.(к.вод)(IV)} = 3,42$; объем приземных слоев атмосферы $W_{ат.(к.вод)(IV)} = 34,2 \text{ км}^3$; объем литосферы $W_{лт.(к.вод.)} = 1,03 \text{ км}^3$; пространственные пределы сильно активной зоны влияния IV – $W_{к.вод(IV)} = 35,23 \text{ км}^3$</p>
<p>Активная зона влияния V:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напорный фронт водозаборного гидроузла на реке Б. Зеленчук - напорный фронт водозаборного гидроузла на р. Маруха - напорный фронт водозаборного гидроузла на реке Аксаут 	<p>Площадь территории в нижнем бьефе $F_{Б.З.(V)} = 2,6 \text{ км}^2$; объем геологической среды в зоне активной фильтрации $W_{Б.З.(V)} = 0,78 \text{ км}^3$</p> <p>Площадь территории в нижнем бьефе $F_{М.(V)} = 0,72 \text{ км}^2$; объем геологической среды в зоне активной фильтрации $W_{М.(V)} = 0,72 \text{ км}^3$</p> <p>Площадь территории в нижнем бьефе $F_{А.(V)} = 2,4 \text{ км}^2$; объем геологической среды в зоне активной фильтрации $W_{А.(V)} = 0,72 \text{ км}^3$</p>

Продолжение таблицы 1

1	2
- верхний бассейн суточного регулирования	Площадь территории земной поверхности в зоне активной фильтрации из ВБРС $F_{\text{ВБРС}(V)} = 2,2 \text{ км}^2$; объем геологической среды в зоне активной фильтрации из ВБРС $W_{\text{ВБРС}(V)} = 0,66 \text{ км}^3$
- открытые участки деривационного канала «Зеленчуки – Кубань» (в выемке, полувыемке и насыпи)	Суммарная площадь территории земной поверхности в зоне активной фильтрации из деривационного канала $F_{\text{Д.К.}(V)} = 1,6 \text{ км}^2$; объем геологической среды в зоне активной фильтрации из деривационного канала $W_{\text{Д.К.}(V)} = 0,48 \text{ км}^3$
- нижний бассейн суточного регулирования	Площадь территории земной поверхности в зоне активной фильтрации из НБСР $F_{\text{НБСР}(V)} = 1,8 \text{ км}^2$; объем геологической среды в зоне активной фильтрации из НБСР $W_{\text{НБСР}(V)} = 0,54 \text{ км}^3$

Активная зона влияния II обуславливается воздействием водных масс и водной поверхности на параметры микроклимата в приземных слоях атмосферы путем увеличения суммы температур выше 70°C и, соответственно, увеличения продолжительности безморозного периода на 10–15 дней. Данная зона влияния проявляется на водохранилищах, водозаборных гидроузлах, вдоль трассы открытых участков деривационного канала «Большой Зеленчук – Кубань» и в районах расположения Верхнего и Нижнего бассейнов суточного регулирования (ВБСР и НБСР). Количественные показатели Активной зоны влияния II приведены в таблице 1.

Сильно активная зона влияния III обуславливается значительными изменениями в естественных гидрологических, руслоформирующих, гидравлических процессах, а также жизнедеятельности наземных и водных биоценозов ниже трассы деривационного канала «Зеленчук – Кубань» на реках Б. Зеленчук, М. Зеленчук. Основным фактором воздействия является 50%-ный отбор воды в период прохождения паводка (апрель – октябрь) из рек Б. Зеленчук, Маруха и Аксаут. Для обоснования возможности 50%-го отбора паводковых вод были проведены комплексные исследования (в 2005–2006 гг.) с привлечением специалистов различных научных направлений (биологии, ихтиологии, зоологии, ботаники, почвоведения, социологии, гидротехники и др.), что позволило выполнить оценку характера и уровня воздействия вносимых в естественные процессы взаимодействия природных компонентов между собой и населением изменений, исходя из жизненно важных потребностей в создаваемой ПТС «природная среда – ОД – население». Количественные показатели Сильно активной зоны влияния III приведены в таблице 1.

Сильно активная зона влияния IV обуславливается изменением естественного гидрографа р. Кубани на участке от гидроагрегатов Зеленчукской ГЭС-ГАЭС до сооружений напорного фронта Усть-Джегутинского водохранилища, их которого осуществляется водоотбор в Большой Ставропольский канал (БСК). Фактором воздействия на естественный гидрограф р. Кубани является увеличение поступающих от гидроагрегатов станции расходов воды с формированием неустановившегося гидравлического режима движения руслового потока на рассматриваемом участке реки (длиной 15 км). Изменение уровней воды в Усть-Джегутинском водохранилище влияет на безопасность ГТС напорного фронта, функциональную работу водозаборного сооружения БСК и гидравлический режим работы в самом канале.

Активная зона влияния V обуславливается процессами взаимодействия ОД с верхними слоями литосферы и геологической средой, в которой под воздействием фильтрационных вод из сооружений (водохранилищ, деривационного канала «Зеленчу-

ки – Кубань», ВБСР, НБСР) изменяются состав, режим и уровень естественных грунтовых вод [7].

На основе результатов исследований по оценке воздействия объектов Зеленчукской ГЭС-ГАЭС в составе ПТС «природная среда – ОД – население» на природные среды в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани были получены следующие количественные показатели:

- отбор воды в паводок, формирующийся в пространственных пределах бассейновых геосистем рек Б. Зеленчука и М. Зеленчука, составляет в пределах 25,9–26,5 и 39,5–43,4 % соответственно, что не вызывает негативных явлений и снижает зоны подтопления и затопления территорий ниже створов водозаборных гидроузлов; пространственные границы ПТС «природная среда – ОД – население» по площади составили $F_{ПТС} = 117,3 \text{ км}^2$, по объему приземных слоев атмосферы – $W_{ПТС(ат)} = 1173 \text{ км}^3$, объему литосферы – $W_{ПТС(лт)} = 32,5 \text{ км}^3$ и в целом $W_{ПТС} = 1212 \text{ км}^3$;

- количественное соотношение зоны влияния ПТС «природная среда – ОД – население» ($W_{ПТС} = 1212 \text{ км}^3$) в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани ($W_{Б.Г.} = 113,3 \text{ тыс. км}^3$) равно $W_{ПТС} / W_{Б.Г.} = 0,011$ и составляет 1,1 %, что обуславливает собой значительное доминирование природных процессов в формировании движения потоков вещества, энергии и информации в рассматриваемом пространстве.

Экологическое состояние в зонах влияния ОД (I–V) и, соответственно, экологическая безопасность, как показали результаты исследований, обуславливается следующими концептуальными утверждениями:

- экологическая безопасность в зонах влияния ОД взаимосвязана с процессами жизнедеятельности населения и процессами, протекающими в природных средах;

- экологическая безопасность непосредственно взаимосвязана с энергопотреблением, обуславливающим выработку, хранение и преобразование форм энергии (тепловой, механической, химической, электрической и др.);

- угроза нарушения экологической безопасности начинает проявляться в результате неуправляемого выхода энергии, накопленной в ОД, и вещества во внешнюю относительно ОД среду, к примеру, разрушение напорного фронта водохранилищного гидроузла;

- неуправляемый выход энергии или вещества во внешнюю среду приводит к негативному изменению в процессах жизнедеятельности населения, природных средах и сопровождается ущербом (материальным, экологическим);

- нарушение экологической безопасности в зонах влияния ОД в системном рассмотрении является проявлением причинно-следственной цепи предпосылок, которые формируются на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации;

- звеном причинно-следственной цепи нарушения экологической безопасности в системе «объект защиты – источник экологической опасности – защитные мероприятия» является ОД, не отвечающий современным экологическим и конструкторским требованиям.

Комплексная оценка экологической безопасности в зонах влияния ОД (I–V) выполнялась на основе результатов атомохимических исследований, биогеохимических индикаций, исследований загрязнений гидросферы (речной сети), атмосферы, верхних слоев литосферы, почвенного покрова, энергетических потоков, исходящих от машин, механизмов и оборудования, а также анализа состава и характера расположения растительности и животного мира. На основе результатов оценки экологической безопасности были определены количественные и качественные компонентные показатели экологического состояния в зонах влияния ОД как факторов экологической безопасности.

Выводы. На основе результатов исследований по обоснованию зон влияния водохозяйственных объектов, действующих и строящихся в пространственных пределах

речных бассейновых геосистем, научно обоснована методология определения количественных и качественных показателей изменений в экологическом состоянии природной среды.

Список использованных источников

1 Природообустройство: территории бассейновых геосистем: учеб. пособие / под общ. ред. И. С. Румянцева. – Ростов н/Д.: ИЦ «МарТ», 2010. – 528 с.

2 Ковальчук, М. В. Конструктор для будущего / М. В. Ковальчук, О. С. Нарайкин // В мире науки. – 2011. – № 9. – С. 24–31.

3 Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани) / В. Л. Бондаренко [и др.]. – Ростов н/Д.: ЮНЦ РАН, 2009. – 306 с.

4 Бондаренко, В. Л. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: Экологическая инфраструктура бассейновых геосистем: монография / В. Л. Бондаренко, В. В. Приваленко, Г. М. Скибин, В. Н. Азаров. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. – 308 с.

5 Бондаренко В. Л. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов / В. Л. Бондаренко, В. Б. Дьяченко // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 2. – С. 86–92.

6 Дейвис, Г. Р. Энергия для планеты Земля / Г. Р. Дейвис // В мире науки. – 1990. – № 11. – С. 7–16.

7 Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании водохозяйственного комплекса Зеленчукской ГЭС / В. Л. Бондаренко, В. В. Гутенев, В. В. Приваленко, Е. С. Поляков // Теоретическая и прикладная экология. – 2007. – № 1. – С. 47–54.

8 Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем: монография / Бондаренко В. Л. [и др.]. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. – 204 с.

УДК 582.683.2

А. Г. Жуйков

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, Украина

УРОЖАЙНОСТЬ КОНДИЦИОННЫХ СЕМЯН ВИДОВ ГОРЧИЦЫ И ИХ КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

В статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния орошения на семенную продуктивность (по сравнению с неорошаемыми условиями в варианте сарептской яровой горчицы прибавка составила 76,1 %; озимой – 71,2 %; белой – 67,0 % и черной – 64,1 %), содержание в семенах жирного масла, общие сборы масла и горчичного шрота, а также базисные посевные кондиции альтернативных масличных культур для зоны Южной Степи Украины – горчицы сарептской, белой и черной. Определены коэффициенты водопотребления, которые по сравнению с неорошаемыми условиями возделывания горчицы снизились: на 16,4 % – сарептской яровой; 13,6 % – озимой; 10,3 % – белой и 8,4 % – черной, а также окупаемости поливной воды урожаям данных культур для условий естественного увлажнения и орошения (соответственно для сарептской горчицы – 1,01 кг/м³, белой – 0,77 кг/м³; озимой – 0,66 кг/м³ и черной – 0,59 кг/м³).

Ключевые слова: горчица сарептская, белая, черная, орошение, урожайность, масличность, сбор масла и шрота, посевные кондиции.

Введение. Современные экономические реалии и трансформационные процессы, которые испытал агропромышленный комплекс Украины, вынуждают тех откоро-

венно немногочисленных землепользователей, которым удалось сохранить «большое» орошение, отводить поливные земли исключительно под культуры, способные максимально полно реализовать биологический потенциал урожайности и окупить расходы на их орошение высоколиквидной и конкурентоспособной на агрорынке продукцией. К сожалению, горчица традиционно не относится к культурам, которые имеют приоритет в размещении на орошаемых землях, что объясняется в первую очередь нестабильностью спроса на горчичное сырье на внутреннем рынке и, как следствие, широкой амплитудой колебания закупочных цен на нее. Во-вторых, катастрофическое уменьшение площадей поливного клина в степной зоне, характерное для последних 20 лет, дает возможность разместить на орошении в лучшем случае овощные культуры (в большой степени благодаря капельному орошению), сою и кукурузу. Определенный стереотип, согласно которому горчица априори является культурой неорошаемого земледелия, сложился благодаря значительной экологической пластичности культуры, скороспелости и высоким адаптивным свойствам. Практически единственным хозяйством в Южной Степи, где горчица в отдельные годы выращивается на орошении, является ООО «СИТ-Агро», расположенное в Горностаевском районе Херсонской области, оно специализируется на производстве сортовых и товарных семян горчицы и поставляет продукцию по прямым фьючерсным экономическим контрактам в Германию.

Материалы и методы. Практическое решение задачи исследования реализовывалось путем закладки краткосрочного полевого опыта. Фактор А – вид горчицы (сарептская, сарептская озимая, белая и черная), фактор В – уровень увлажнения (естественный – без орошения, орошение). Вариант орошения был представлен вегетационными поливами при предполивном пороге, составляющем 70 % от наименьшей влагоемкости грунта (темно-каштановый среднесолонцеватый тяжелосуглинистый на лессе) опытного участка, что в среднем за годы проведения исследований соответствовало двум вегетационным поливам общей оросительной нормой 850 м³/га. Площадь опытной делянки первого порядка – 300 м², размещение делянок в опыте – по блокам. Количество осадков за вегетацию культуры принималось по данным ближайшего метеорологического пункта (пос. Горностаевка), влажность почвы определяли термостатно-весовым способом, масличность семян – на аппарате Сокслета с применением дихлорэтана, посевные качества – методом термостатного проращивания, учет урожая проводился путем прямой комбайновой уборки с последующим взвешиванием. Повторность всех полевых и лабораторных исследований четырехкратная с последующей математической обработкой данных методом дисперсионного анализа [1].

Результаты и обсуждение. Как свидетельствуют результаты наших исследований, все виды горчицы характеризуются высокой степенью реакции на применение орошения, нами отмечены как существенные прибавки урожайности семян, так и улучшение их качественных показателей.

При выращивании горчицы в условиях естественного увлажнения (без применения орошения) в среднем за годы проведения исследований прибавка урожайности кондиционных семян сарептской яровой горчицы составила 8,6 ц/га (76,1 %), озимой – 5,9 ц/га (71,2 %), белой – 6,5 ц/га (67,0 %) и черной – 5,0 ц/га (64,1 %).

Что касается качественных показателей, то отмеченная нами при проведении опыта закономерность, согласно которой с применением орошения существенно увеличивается показатель содержания в семенах жирного масла, и уменьшается доля эфирного, наблюдается при возделывании всех видов культуры (таблица 1).

Соответственно, при выращивании в орошаемых условиях хозяйственно ценные признаки горчицы, а именно общий сбор жирного масла и горчичного шрота, также существенно преобладали над теми, которые были получены при возделывании в естественных условиях увлажнения.

Большинство исследователей сходятся во мнении о высоком уровне рациональ-

ности и экономности использования горчицей активной грунтовой влаги, что ставит ее в один ряд с наиболее засухоустойчивыми масличными культурами семейства капустных и позволяет формировать урожай семян даже в самые сложные по значению гидротермического коэффициента годы [2].

Таблица 1 – Влияние орошения на количественно-качественные показатели урожайности горчицы разных видов (ООО «СИТ-Агро», Горностаевский район Херсонской области, среднее за 2013–2015 гг.)

Вид горчицы (фактор А)	Условия увлажнения (фактор В)	Урожайность семян, ц/га	Масличность, %		Сбор с 1 га, ц	
			жирная	эфирная	жирное масло*	шрот
Сарептская	Без орошения – контроль	11,3	37,2	1,14	4,0	7,3
	Орошение	19,9	38,7	1,03	7,4	12,5
Сарептская озимая	Без орошения – контроль	8,2	37,9	1,11	3,0	5,2
	Орошение	14,1	39,5	1,01	5,3	8,8
Белая	Без орошения – контроль	9,7	27,7	0,92	2,6	7,1
	Орошение	16,2	29,0	0,80	4,5	11,7
Черная	Без орошения – контроль	7,8	36,5	1,26	2,7	5,1
	Орошение	12,8	37,5	1,08	4,6	8,2
НСР ₀₅	А	1,89	0,62	0,09	0,27	0,38
	В	1,33	0,76	0,06	1,31	2,19
	АВ	1,52	1,02	0,07	0,44	0,56

* – при условии 4 % неотделимого остатка масла в шроте.

По результатам наших исследований основной показатель, по которому можно объективно оценивать культуру в контексте ее соответствия экологическим условиям водопотребления (в первую очередь, влагообеспеченности зоны выращивания) – коэффициент водопотребления, напрямую зависел от условий увлажнения горчицы и имел следующий вид (рисунок 1).

$$\text{НСР}_{05}, \text{ м}^3/\text{т А (вид горчицы)} = 189,2; \text{ В (условия увлажнения)} = 116,0$$

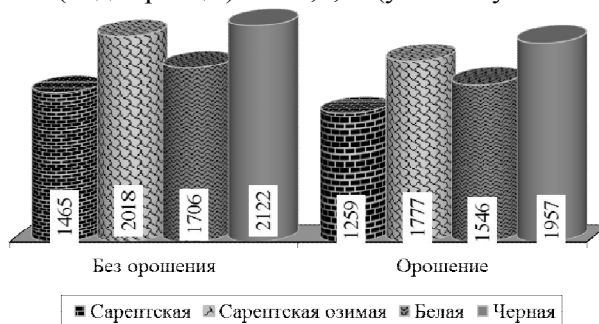


Рисунок 1 – Коэффициент водопотребления видов горчицы в зависимости от условий увлажнения, м³/т (ООО «СИТ-Агро», Горностаевский район Херсонской области, среднее за 2013–2015 гг.)

Результаты опыта позволили сделать вывод о существенном уменьшении показателя коэффициента водопотребления горчицы при выращивании в орошаемых условиях по сравнению с ее возделыванием на неорошаемых землях, у ярой сарептской горчицы он снизился на 16,4 %; озимой – 13,6 %; белой – 10,3 % и черной – 8,4 %.

С целью более объективного обоснования экономической и производственной целесообразности размещения производственных площадей горчицы на орошаемых массивах нами был рассчитан показатель окупаемости поливной воды дополнительным урожаем семян культуры, полученным за счет орошения (коэффициент водоотдачи) (рисунок 2).

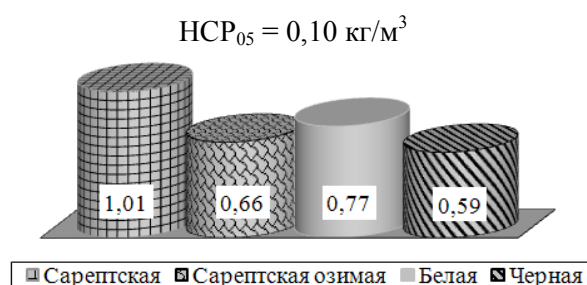


Рисунок 2 – Окупаемость поливной воды дополнительным урожаем семян горчицы, кг/м³ (ООО «СИТ-Агро», Горностаевский район Херсонской области, среднее за 2013–2015 гг.)

Нами установлено, что максимальным уровнем окупаемости поливной воды при режиме орошения, который представлял 70 % НВ почвы опытного участка в период цветения – образования стручков культуры, сформировав за годы проведения исследований оросительную норму объемом 850 м³/га, характеризовалась сарептская яровая горчица: 1 м³ оросительной нормы обусловил дополнительное получение 1,01 кг кондиционных семян. На втором месте по эффективности потребления оросительной воды находилась белая горчица – соответственно 0,77 кг/м³. Достоверной разницы в окупаемости поливной воды при выращивании озимой и черной горчицы нами не отмечено.

За годы проведения исследований наряду с очевидным позитивным влиянием применения искусственного орошения на урожайность и хозяйственно ценные признаки товарных семян горчицы, наблюдалось также существенное улучшение их базисных посевных кондиций (в случае выращивания в условиях орошения с семеноводческими целями), в первую очередь, это касается наиболее принципиальных посевных качеств – показателя массы 1000 семян, лабораторной всхожести и энергии прорастания семян (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние орошения на базисные посевные кондиции посевного материала горчицы (ООО «СИТ-Агро», Горностаевский район Херсонской области, среднее за 2013–2015 гг.)

Вид горчицы (фактор А)	Условия увлажнения (фактор В)	Выход посевной фракции, %	Масса 1000 семян, г	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Сарептская	Без орошения – контроль	80,2	2,7	90,8	91,5
	Орошение	86,9	3,3	94,7	95,2
Сарептская озимая	Без орошения – контроль	78,8	2,8	88,4	84,6
	Орошение	85,0	3,5	91,1	89,0
Белая	Без орошения – контроль	83,1	4,0	92,2	92,9
	Орошение	87,0	4,9	94,9	96,3
Черная	Без орошения – контроль	77,7	2,5	84,4	81,7
	Орошение	82,3	3,0	91,5	86,5
НСР ₀₅	А	1,61	0,12	2,67	1,88
	В	3,34	0,36	2,05	1,51
	АВ	1,95	0,44	3,13	2,60

За счет размещения семеноводческих посевов горчицы на орошаемых массивах выход посевной фракции после первичной, вторичной очистки и калибрования на стационаре в среднем можно увеличить на 5,4 %; показатель массы 1000 семян – на 0,7 г; лабораторную всхожесть – на 4,2 % и энергию прорастания семян – на 3,1 %.

Выводы. Применение орошения является очень действенным рычагом повышения семенной производительности горчицы, позволяющим в условиях Южной Степи Украины увеличить урожайность сарептской яровой горчицы на 76,1 %; озимой – 71,2 %; белой – 67,0 % и черной – 64,1 % с одновременным существенным увеличением содержания в семенах жирного масла и уменьшением эфирного, а также снизить коэффициент водопотребления культуры в сравнении с выращиванием ее в условиях естественного увлажнения: сарептской яровой – на 16,4 %; озимой – 13,6 %; белой – 10,3 % и черной – 8,4 %. Вместе с этим максимальный показатель эффективности использования оросительной воды – коэффициент ее окупаемости дополнительным урожаем культуры (водоотдача) составляет для сарептской горчицы 1,01 кг/м³, белой – 0,77 кг/м³; озимой – 0,66 кг/м³ и черной – 0,59 кг/м³. Размещение семеноводческих посевов горчицы на орошаемых массивах позволяет значительно улучшить и основные посевные кондиции горчичных семян: выход семенной фракции – в среднем на 5,4 %; массу 1000 семян – на 0,7 г; лабораторную всхожесть – на 4,2 %; энергию прорастания – на 3,1 %.

Список использованных источников

1 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2 Киреев, В. М. Продуктивность крестоцветных культур на орошаемых землях сухой степи Нижнего Поволжья / В. М. Киреев, Е. З. Демиденко, В. Д. Клинов // Эколого-популяционный анализ кормовых растений естественной флоры, интродукция и использование. – Сыктывкар, 1990. – 189 с.

УДК 631.674.6

В. И. Кременской, Н. М. Иванюгин

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

КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Устойчивое развитие отрасли овощеводства возможно при использовании современных энергоэффективных способов орошения. Капельное орошение на сегодняшний день является наиболее прогрессивным методом полива овощных культур. Значительное распространение капельное орошение получило благодаря преимуществам по сравнению с дождеванием и поверхностным способом полива. В соответствии с технологией капельное орошение обеспечивает условия устойчивого развития – высокую экономическую эффективность и экологическую безопасность, поэтому оно широко применяется для полива овощных сельхозкультур. В работе представлен материал о необходимом комплекте оборудования для создания системы капельного орошения овощных культур на площади 5, 10 и 20 га.

Ключевые слова: овощные культуры, выращивание, капельное орошение, урожайность, комплект оборудования.

Введение. Овощеводство в Крыму развивалось с древних времен. Максимального развития эта отрасль достигла в 1986–1990 гг., когда годовой валовой сбор овощей составлял до 450 тыс. т, в том числе 55–60 тыс. т ранних овощных сельскохозяйственных культур. Бахчевых культур собирали по 50 тыс. т, а картофеля – по 250 тыс. т.

До 1991 г. выращивание овощей в Крыму было сконцентрировано в крупных общественных хозяйствах. В настоящее время основное производство овощной продукции сосредоточено в хозяйствах населения. Если в 1990 г. 90 % овощей производили сельскохозяйственные предприятия, а хозяйства населения только 10 %, то в 2010 г.

ситуация изменилась коренным образом. Сельскохозяйственные предприятия вырастили 33,1 тыс. т овощей (8,3 %) и 4,7 тыс. т бахчевых культур (20,2 %) от валового производства. В то же время 91,7 % овощей и 78,9 % бахчевых культур в Крыму произвели хозяйства населения. Подобное наблюдается и в выращивании картофеля.

Овощеводство в Крыму является одной из основных отраслей сельского хозяйства. От уровня его развития зависит положение дел с обеспечением населения важными продуктами питания. Особенное значение это имеет для Крыма, так как кроме собственного двухмиллионного населения, курорты и здравницы республики принимают до четырех миллионов отдыхающих, которые являются потенциальными и активными потребителями этой продукции. В этих условиях основной задачей отрасли является стабильное снабжение населения Крыма и приезжающих на отдых и лечение свежими овощами, бахчевыми культурами и картофелем, а также обеспечение консервной промышленности необходимыми овощами (таблица 1).

Таблица 1 – Нормы потребления овощей, рекомендованные НИИ питания РАМН [1]

Овощи	Норма, кг/чел. в год
Баклажан и перец	2–5
Зеленый горошек и фасоль	7–10
Капуста	35–55
Лук и чеснок	6–10
Морковь	6–10
Свекла столовая	6–10
Огурец	10–13
Патиссон и кабачок	3–5
Томаты	25–32
Зелень (салат, укроп и др.)	5–9
Прочие овощи (спаржа, ревень и др.)	19–26
Бахчевые культуры	31

Эффективное овощеводство в Крыму возможно лишь на основе орошения. Овощные культуры отличаются более высокой требовательностью к влаге по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Это объясняется тем, что растения большинства овощных культур имеют большие листья с крупноклеточным строением тканей, что и обуславливает их более высокую потребность в воде.

Повышенная требовательность овощных культур к воде обусловлена также особенностями их корневой системы. В отличие от других сельскохозяйственных растений корни овощных культур обладают низкой силой всасывания и поверхностным расположением корневой системы.

Требовательность овощных культур к влажности почвы неодинакова на протяжении вегетационного периода. Известно, что существуют относительно короткие периоды в жизни овощных растений, в течение которых даже незначительное снижение влажности почвы за пределы оптимального диапазона приводит к серьезным потерям урожая. Их принято называть критическими периодами влагообеспечения. Критический период большинства овощных растений приходится на время, когда происходит формирование органов плодоношения; это время, которое предшествует цветению или непосредственно совпадает с цветением. Даже незначительный дефицит влаги в этот период заметно задерживает разделение и растяжение растущих клеток, что, в свою очередь, приводит к приостановке дифференциации генеративных органов и резкому уменьшению бутонов в соцветии.

Материалы и методы. Проведенный анализ свидетельствует, что АПК Крыма способен полностью обеспечить необходимые потребности в овощах местного населе-

ния и приезжающих на отдых и лечение гостей полуострова. Основными факторами, влияющими на повышение эффективности и рост объемов производства овощей в Крыму, являются снижение затрат электроэнергии, материальных средств, трудовых затрат и, конечно, внедрение современных интенсивных технологий выращивания овощных культур с применением капельного орошения.

Несмотря на относительно небольшие размеры Крымского полуострова (около 26 тыс. км²), природные условия отдельных его территорий значительно отличаются друг от друга. Под влиянием почвенно-климатических и экономических условий в результате многолетней практики в Крыму сложились территориальные микрзоны производства товарной овощной продукции (рисунок 1). В этих микрзонах следует развивать и совершенствовать производство различных видов овощей с учетом их биологических особенностей.



Рисунок 1 – Зонирование территории Республики Крым по условиям возделывания овощебахчевых культур

В современных условиях выращивание овощных культур в Крыму возможно только при наличии гарантированных источников орошения и расширения площадей с капельным поливом. При этом уровень продуктивности овощных культур будет в несколько раз выше, чем при традиционных способах полива, так как уменьшатся энергетические затраты на подачу воды к растениям, повысится эффективность минеральных удобрений [2].

По природным и экономическим условиям территорию Крыма можно разделить на три основных микрзоны производства овощей, которые следует развивать и совершенствовать [3]:

- юго-западная микрзона, которая включает территории Симферопольского, Бахчисарайского, Сакского, Черноморского и Раздольненского районов. В этих районах должно развиваться ранее овощеводство в открытом и закрытом грунте. Под все виды овощей в этой зоне в перспективе отводится более 19 тыс. га, что составляет 30 % от общей площади, занятой овощными культурами в Крыму;

- северная микрзона, которая объединяет территории Первомайского, Красногвардейского, Красноперекоского, Джанкойского и Нижнегорского районов. Под все виды овощей, в том числе картофеля, и бахчевых культур отведено свыше 33,2 тыс. га орошаемых земель, что составляет 51 % от общей отведенной площади. В этих районах приоритетной культурой является картофель, а также бахчевые, под ними предполагается занять соответственно 13,2 и 4,4 тыс. га;

- восточная микрizona – в нее входят земли Советского, Кировского и Ленинского районов. В этой микрizona перспективным является развитие овощеводства как открытого, так и защищенного грунта для полного обеспечения растущего населения г. Керчи и курортов Феодосийско-Судакского региона. Под овощи, в том числе картофель, и бахчевые культуры здесь может быть отведено 11,6 тыс. га (или 19 % от всей площади республики). В этой зоне приоритет отдается овощным культурам, под них предполагается выделить до 50 % площади этой микрizona.

Особенными почвенно-климатическими условиями обладает Южный берег Крыма, в этом регионе нецелесообразно развивать общественный сектор овощеводства, однако приусадебное овощеводство вполне возможно.

Потребность Крыма в овощах с учетом прироста местного населения и количества отдыхающих, а также развития перерабатывающей промышленности можно оценить в 675 тыс. т овощей, 120 тыс. т бахчевых и 540 тыс. т картофеля.

Капельное орошение – на сегодняшний день наиболее прогрессивный способ полива овощных культур в Крыму. Значительное распространение капельное орошение получило благодаря неоспоримым преимуществам по сравнению с дождеванием и поверхностным способом полива. Применение капельного орошения при выращивании овощных культур также обеспечит устойчиво высокую урожайность (таблица 2).

Таблица 2 – Потенциально возможная урожайность овощных культур при капельном способе полива [4]

Культура	Урожайность, т/га
Томат сеянный	70–100
Томат рассадный	100–120
Огурец	60–70
Огурец на шпалере	80–100
Лук	80–120
Перец	50–70
Капуста	До 100
Картофель	До 40–60

Для подбора оборудования систем капельного орошения овощных культур проведен расчет расстояний между поливными трубопроводами, расхода воды на поливном участке, определен диаметр трубопровода на модульных участках площадью 5, 10 и 20 га с различными схемами посадки. Оборудование и детали системы орошения приняты и рассчитаны по каталогам компаний ООО «Югполив» (г. Краснодар) и «Ирригатор» (г. Симферополь) [5, 6].

Результаты и обсуждение. По своим конструктивным особенностям системы капельного орошения овощных культур относятся к сезонно-стационарным: вся распределительная сеть (магистральные, распределительные и участковые трубопроводы) и запорно-регулирующая арматура монтируются стационарно в подземном варианте, поливная сеть – пленочные полиэтиленовые ленты (трубопроводы) – сезонного действия. При использовании в качестве участковых трубопроводов полимерных тканевых рукавов они, как и вся поливная сеть, монтируются в начале и демонтируются в конце периода вегетации.

Система капельного орошения состоит из водозабора, узла подготовки воды и внесения удобрений, сети магистральных, распределительных и поливных трубопроводов. Конструкция системы может изменяться в соответствии с конкретными условиями ее применения. При этом необходимо подчеркнуть, что надежность работы системы капельного орошения определяется несколькими ее основными элементами, к которым относятся капельницы и технические средства подготовки (очистки) воды.

При рассадном способе выращивания овощных культур системы капельного

орошения монтируются до высадки рассады. Поливные трубопроводы лучше укладывать одновременно с нарезкой маркерных борозд. Предпосадочный монтаж системы позволит производить поливы до и после посадки. Это обеспечивает хорошую приживаемость рассады и уменьшает изреженность [7].

При безрассадном выращивании овощных культур поливные трубопроводы лучше укладывать одновременно с поливом механизированным способом. После посева укладка их осуществляется вручную.

Поливные трубопроводы могут размещаться под землей на глубине до 5 см или на поверхности земли. Преимуществом подземной укладки поливных трубопроводов является их фиксация в плане по отношению к рядам и устойчивость к ветрам. Недостатком является сложность механизированной междурядной обработки. Этот недостаток можно исключить путем внесения гербицидов в узкие междурядья.

При поверхностном расположении трубопроводы предварительно сдвигаются вручную в сторону или при механизированной обработке – вверх с последующей обратной укладкой. При использовании мульчирующей черной пленки поливные трубопроводы укладываются на поверхности земли под пленкой. Расстояния между поливными трубопроводами определяются водно-физическими свойствами почвы, схемой посадки растений.

При рядковом выращивании овощных культур с расстоянием между рядами 70 и 140 см поливные трубопроводы укладываются вдоль каждого ряда. При ленточном размещении растений по схеме 90 + 50; 100 + 40; 140 + 40 см их укладка осуществляется в середине каждой ленты, расстояние между трубопроводами при этом составляет соответственно 140; 140; 180 см. В случае использования многоленточной схемы высева 15 + 15 + 15 + 60 см (лук, морковь, свекла столовая) поливные трубопроводы размещаются в середине средней ленты. При схеме 30 + 30 + 30 + 50 см – в середине крайних лент. Расстояние между поливными трубопроводами в первом случае – 105 см, во втором – 60 + 80 см [8, 9].

Источником орошения может быть река, канал, озеро, пруд, скважина, существующая напорная сеть. На небольших площадях могут использоваться емкости-накопители с объемом, соответствующим площади орошения, интенсивности водопотребления культур. Для полива с емкостей-накопителей поливная вода может самотеком подаваться на поливные модули.

Схема очистки воды зависит от ее исходного качества. При использовании воды из поверхностных источников применяется двухступенчатая очистка – песчано-гравийные и сетчатые фильтры. Если источником орошения является существующая напорная сеть или артезианская скважина, может применяться одноступенчатая схема очистки с помощью сетчатых фильтров.

В конструкции системы капельного орошения используются инжекторы и дозаторы, которые позволяют вносить растворимые минеральные удобрения, микроэлементы и химические мелиоранты с поливной водой на каждый поливной модуль.

Эффективность орошения в основном зависит от того, насколько характер увлажнения почвы соответствует особенностям формирования корневой системы овощных культур. В отличие от традиционных способов полива, когда увлажняется вся площадь, отведенная растениям согласно схеме посадки, особенностью капельного орошения является локальный характер увлажнения, возможность подачи воды непосредственно в зону интенсивного водопотребления корневой системой растений в полном соответствии с биологическими особенностями ее формирования по фазам развития [10, 11].

При поливе овощных культур с использованием полиэтиленовых трубопроводов (Star-Tape, Eurodrip, Stremline, Aqua-Traxx Toro, Turboflex, Super Drip, Aquaplus и др.) с разными расстояниями между водовыпусками образуется полоса увлажнения. Форма

и размеры поперечного сечения полосы увлажнения, а также количество воды, необходимое для ее создания (величина поливной нормы), зависит от многих факторов:

- водоудерживающей способности почвы;
- глубины увлажнения в соответствии с характером распространения корневой системы растений в определенные фазы их развития;
- величины предполивной влажности почвы;
- расположения поливных трубопроводов по отношению к рядам растений;
- расстояния между водовыпусками трубопроводов.

Успешная и долговременная работа поливных трубопроводов возможна при соблюдении правил эксплуатации и их периодическом техобслуживании [12].

Для внедрения капельного орошения овощных культур нами был разработан комплект поливного оборудования для создания такой системы на площади 5, 10 и 20 га для различных овощных культур с разными схемами посадки. Расчетная базовая схема комплекта оборудования для капельного орошения представлена на рисунке 2.

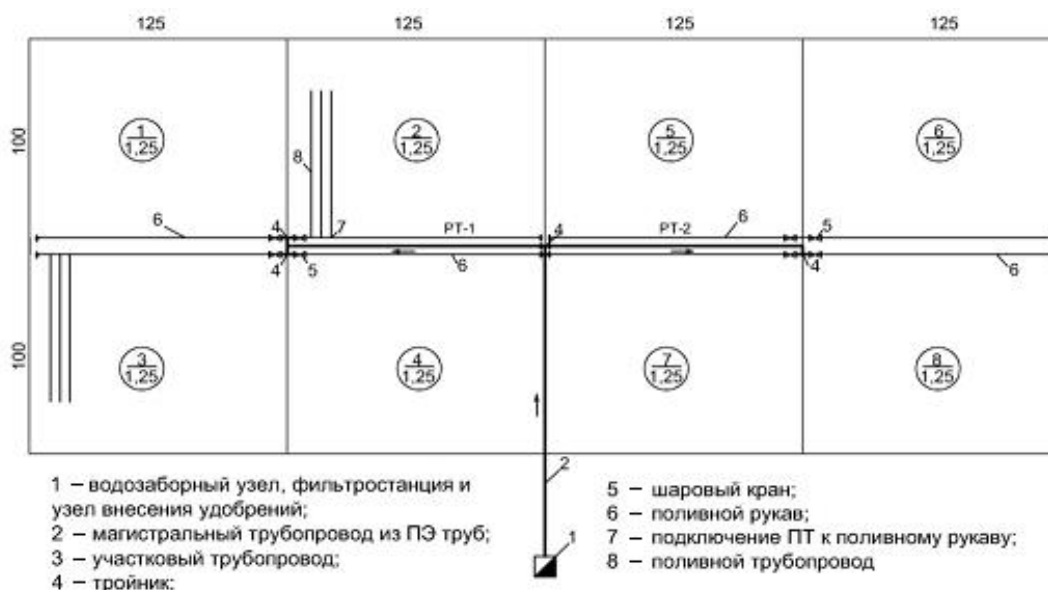


Рисунок 2 – Расчетная схема комплекта оборудования для создания системы капельного орошения овощных культур на площади 10 га

Расчетной величиной является расстояние между поливными трубопроводами, которые были приняты длиной 100 м, диаметром 16 мм с расстояниями между водовыпусками 0,2 м, расходом 1 л/ч. Одновременно полив производится на 1/8 части поливного участка – 1,25 га.

Оборудование для системы капельного орошения состоит из следующих частей: головной узел (водозаборный узел), фильтростанция, узел внесения удобрений, подводящий трубопровод, оросительная сеть из магистральных, участковых и распределительных трубопроводов, поливных трубопроводов (капельных лент) диаметром 16 мм и запорно-регулирующей арматуры и фитингов. Гидравлический расчет трубопроводов выполнен на основании схем посадки овощных культур и расстояния между поливными трубопроводами. Подбор оборудования (насос, фильтры и диаметры трубопроводов) проведен с учетом расходов воды на поливном участке. На основании произведенных расчетов и схемы комплекта оборудования для капельного орошения овощных культур составлена таблица 3. В таблице содержатся расчетные данные: расстояние между поливными трубопроводами, расход воды на поливном участке, длина и диаметр распределительных, участковых и поливных трубопроводов, количество подсоединений поливного трубопровода к распределительному трубопроводу.

Таблица 3 – Комплект оборудования для создания системы капельного орошения овощных культур на площади 5, 10 и 20 га

Культура	Схема посадки, см	Расстояние между поливными трубопроводами	Наименование поливного оборудования для капельного орошения											
			5 га				10 га				20 га			
			Расход воды на поливном участке, м ³ /ч	Длина ПТ, км	Количество подсоединений, шт.	Диаметр / длина поливного рукава, км	Расход воды на поливном участке, м ³ /ч	Длина ПТ, км	Количество подсоединений, шт.	Диаметр / длина поливного рукава, км	Расход воды на поливном участке, м ³ /ч	Длина ПТ, км	Количество подсоединений, шт.	Диаметр / длина поливного рукава, км
1 Капуста	90 + 50 × 40	1,40	22,3	35,78	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
2 Томаты	100 + 40 × 30	1,40	22,3	35,72	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
	140 + 40 × 30	1,80	17,4	27,76	278	3" / 0,5	34,7	55,52	555	4" / 1,0	69,4	111,04	1110	4" / 2,0
3 Огурцы	230 + 50 × 25	2,80	11,2	17,84	178	2" / 0,5	22,3	35,68	357	3" / 1,0	44,6	71,36	714	3" / 2,0
	190 + 50 × 30	2,40	13,0	20,80	208	2" / 0,5	26,0	41,60	416	3" / 1,0	52,0	83,20	832	3" / 2,0
	150 × 30	1,50	20,8	33,32	333	3" / 0,5	41,7	66,64	666	4" / 1,0	83,3	133,28	1333	4" / 2,0
4 Перец	90 + 50 × 20	1,40	22,3	35,72	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
5 Баклажаны	90 + 50 × 30	1,40	22,3	35,72	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
6 Лук	50 + 20	0,70	44,7	71,44	714	4" / 0,5	89,3	142,90	1429	6" / 1,0	178,6	285,76	2858	6" / 2,0
	30 + 30 + 30 + 50	1,40	22,3	35,72	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
	15 + 15 + 15 + 60	1,05	29,8	47,60	476	4" / 0,5	59,5	95,20	952	4" / 1,0	119,0	190,40	1904	4" / 2,0
7 Свекла	40 + 40 + 60	1,40	22,3	35,72	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
8 Кабачок	60 + 200	2,60	12,1	19,24	192	2" / 0,5	24,1	38,48	385	3" / 1,0	48,1	76,96	770	3" / 2,0
9 Морковь	30 + 30 + 30 + 50	1,40	22,3	35,72	357	3" / 0,5	44,7	71,44	714	4" / 1,0	89,3	142,88	1429	4" / 2,0
10 Картофель	70 × 30	0,70	44,7	71,44	714	4" / 0,5	89,3	142,9	1429	6" / 1,0	178,6	285,76	2858	6" / 2,0

Предлагаемый комплект оборудования поможет фермерам-овощеводам, занимающимся выращиванием овощных культур, в применении капельного способа орошения.

Выводы

1 Капельное орошение является важным элементом в повышении продуктивности овощных культур в зоне недостаточного увлажнения почвы.

2 При закладке новых плантаций овощных культур необходимо производить строительство систем капельного орошения.

3 Рекомендуемый комплект оборудования поможет фермерам-овощеводам подобрать необходимое для них оборудование с меньшими затратами.

4 Вместе с поливной водой следует производить внесение растворимых удобрений, гербицидов и пестицидов.

5 При уборке овощных культур необходимо внедрять механизацию процесса.

Список использованных источников

1 ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»: веб-сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ion.ru>.

2 Кременской, В. И. Перспективы развития плодоводства в Крыму на основе капельного орошения / В. И. Кременской, Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 185–190.

3 Современное состояние и перспективы развития капельного орошения в Республике Крым / Э. Э. Сейтумеров, В. И. Кременской, Т. О. Вислобокова, С. В. Подовалова / Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – Вып. № 2(58). – С. 120–127.

4 Концепция развития овощеводства в Крыму на период до 2010 года: проект / Институт гидротехники и мелиорации. – Симферополь, 2007.

5 Ирригатор (технологии полива): прайс-листы. – Симферополь, 2014.

6 ООО «Юг-Полив» (управляем водой): прайс-листы. – Краснодар, 2015.

7 Общие аспекты эксплуатации пленочных трубопроводов систем капельного орошения // Овощеводство. – 2007. – № 2. – С. 68–70.

8 Рекомендуемые схемы посадки сельскохозяйственных культур при использовании ленты капельного орошения «Аqua Трахх» ООО «Техносервис». – Мелитополь, 2004. – 10 с.

9 Технологии выращивания овощных культур при капельном орошении в условиях Украины: рекомендации. – Киев, 2006. – 123 с.

10 Бородычев, В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур / В. В. Бородычев. – Волгоград, 2010. – 241 с.

11 Экономические аспекты применения капельного орошения в овощеводстве открытого грунта // Овощеводство. – 2012. – № 9. – С. 59–61.

12 Выращивание овощей на орошении: практический справочник овощевода. – Киев: Юнивест Медиа, 2013. – 256 с.

УДК 626.82.002.5

В. М. Школьная, В. Э. Завалюев

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

ЗАКОНЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ ВЕРХНЕГО БЬЕФА НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

В данной статье рассматриваются законы автоматического регулирования уровня воды верхнего бьефа на оросительных каналах с помощью моделирования динамических процессов, протекающих в системах водораспределения на основе их структурного представления.

Ключевые слова: мелиоративная система, оросительный канал, автоматизация системы регулирования, верхний бьеф, гидротехнические сооружения, динамические процессы, водораспределение.

Автоматизация процессов управления водораспределением на оросительных системах в условиях изменяющейся водоподдачи и водопотребления требует применения современных систем автоматического регулирования, которые в сочетании со средствами телемеханики и вычислительной техники позволяют получить близкие к оптимальным режимы работы каналов, гидротехнических сооружений, насосных станций и значительно сократить непроизводительные потери водных ресурсов.

В системе автоматического регулирования уровня воды верхнего бьефа обратная связь осуществляется с помощью измерения уровня воды. Измеренный сигнал поступает в устройство сравнения, где определяется отклонение заданного значения уровня воды от измеренного показателя. Далее сигнал отклонения поступает в регулятор уровня воды, который по выбранному закону регулирования вырабатывает управляющее воздействие на открытие или закрытие затвора перегораживающего сооружения.

Система регулирования верхнего бьефа работает следующим образом. Если, например, по каким-то причинам уровень воды верхнего бьефа увеличивается по сравнению с заданным значением, то регулятор вырабатывает сигнал для открытия затвора на определенную величину, вычисленную законом регулирования регулятора. После открытия затвора перегораживающего сооружения уровень воды верхнего бьефа начинает снижаться, так как расход воды по перегораживающему сооружению будет больше его предыдущего значения. Регулятор будет корректировать значение открытия затвора перегораживающего сооружения до тех пор, пока уровень воды верхнего бьефа не станет близким к заданной величине.

Рассмотрим формулы для расчета схемы регулирования уровня воды в верхнем бьефе на участке канала 1.

Граничные условия при $x = 0$ участка канала 1:

$$Q_1(0, t) = F_0(t) = \mu_0 \omega_0(t) \sqrt{2g[h_{\text{вб}}(t) - h_1(0, t)]}, \quad (1)$$

где $h_{\text{вб}}(t)$ – отметка уровня воды в верхнем бьефе до регулятора, м;

$h_1(0, t)$ – отметка уровня воды в верхнем бьефе после регулятора, м.

Уравнение уровня (расхода) воды в нижнем бьефе выглядит следующим образом:

$$\omega_0(t) = W_{ri}(t, H_i(a_i, t), H_i^*(t)), \quad (2)$$

где W_{ri} – оператор (закон) регулирования регулятора 1;

$H_i(a_i, t)$ – уровень воды на участке 1, на котором стоит датчик уровня воды, м;

a_i – расстояние от начала участка, м;

$H_i^*(t)$ – задание на регулятор P_i .

Граничные условия при $x = l_1$ участка 1 представим следующим образом:

$$Q_1(l_1, t) = F_1(t) + Q_2(t) + Q_3(t), \quad (3)$$

$$F_1(t) = \mu_1 \omega_1(t) \sqrt{2g[h_1(l, t) - h_2(0, t)]}, \quad (4)$$

$$Q_1(l_1, t) = \mu_i \omega_i(t) \sqrt{2g[h_1(l, t) - h_2(0, t)]} + Q_2(t) + Q_3(t), \quad (5)$$

где l_1 – длина участка между затворами перегораживающих сооружений, м;

$h_1(l, t)$ – отметка уровня воды в нижнем бьефе до второго регулятора, м;

$h_2(0, t)$ – отметка уровня воды в нижнем бьефе после второго регулятора, м.

Уравнения регуляторов P_1, P_2 и P_3 , уровня (расхода) воды нижнего бьефа выглядят следующим образом:

$$\omega_2(t) = W_{r,2}(H_2(a_2, t), H_2^*(t)), \quad (6)$$

На рисунке 1 приведена схема регулирования уровня воды верхнего бьефа перегораживающих сооружений на участках канала.

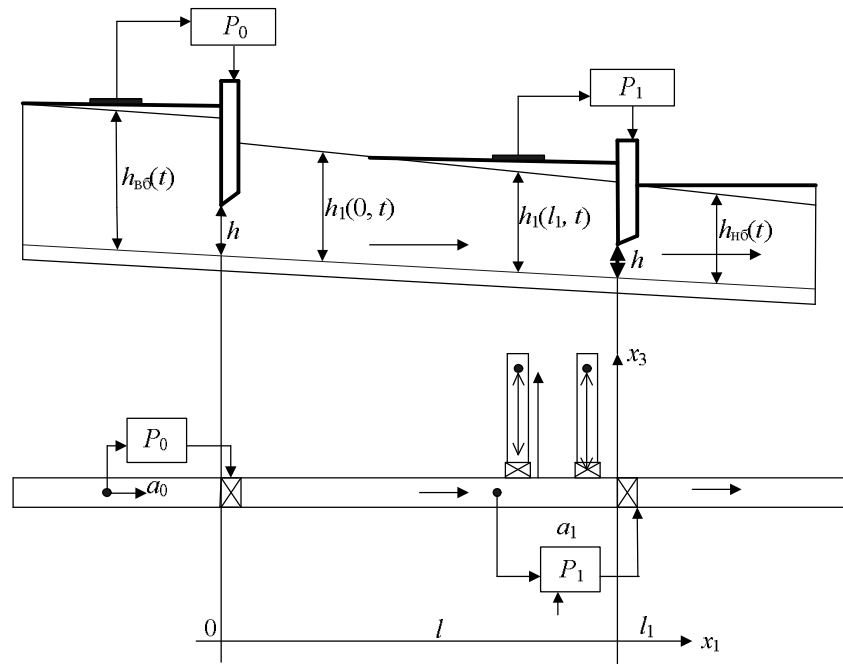


Рисунок 1 – Схема автоматического регулирования уровня воды в верхнем бьефе

В системе водораспределения, представленной на рисунке 1, в боковых водовыпусках, расположенных перед перегораживающими сооружениями, применяются системы регулирования расхода воды. Обычно регулирование расхода воды в водовыпусках реализуется посредством регулирования уровня воды в расположенных ниже водовыпуска гидростоях, имеющих однозначные расходные характеристики.

В системах автоматического регулирования уровня воды на участках канала применяются различные регуляторы уровня воды – гидравлические, электрические, электронные. Гидравлические регуляторы основаны большей частью на законах регулирования непрерывного действия, а электрические и электронные регуляторы – дискретного действия.

Законы регулирования для автоматических регуляторов уровня воды на оросительных каналах представлены на рисунке 2.

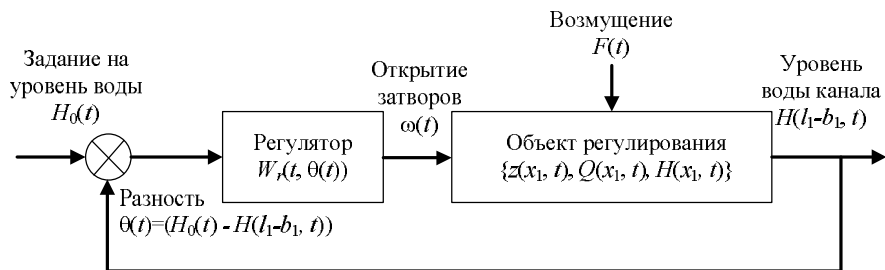


Рисунок 2 – Структурная схема системы автоматического регулирования уровня воды на участке канала

Законы регулирования гидравлических регуляторов обусловлены в основном их конструктивными элементами [1–5], в большинстве случаев эти законы пропорциональные или пропорционально-интегральные. Электрические регуляторы [4] реализуют главным образом пропорционально-интегро-дифференциальные (ПИД) законы регули-

рования. Использование программируемых логических контроллеров в контуре системы регулирования водохозяйственных объектов позволяет применять довольно сложные законы регулирования в контуре управления.

Пропорциональный закон регулирования – это закон, в котором значение открытия затворов определяется пропорционально по величине отклонения фактического показателя уровня воды от заданного. Пропорциональный закон регулирования записывается следующим образом:

$$Q(t) = Q_0 + k\theta(t), \quad (7)$$

где Q_0 – начальное значение регулирующего воздействия;

k – коэффициент пропорциональности контроллера;

$\theta(t)$ – значение рассогласования регулируемой величины.

В пропорционально-интегральном законе регулирования значение открытия затворов определяется пропорционально показателю отклонения фактического уровня воды от заданного и интеграла отклонения по времени [6].

Пропорционально-интегральный закон регулирования записывается следующим образом:

$$Q(t) = Q_0 + k \left(\theta(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \theta(\tau) d\tau \right), \quad (8)$$

где T_i – постоянная времени интегрирования.

Рассмотрим применение пропорционально-интегрально-дифференциальных законов (ПИД) регулирования с помощью программируемых контроллеров. ПИД закон представляет собой стандартный алгоритм, используемый для контроля непредсказуемо меняющихся величин.

ПИД закон регулирования записывается следующим образом:

$$Q(t) = Q_0 + k \left(\theta(t) + T_d \frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \int_0^t \theta(\tau) d\tau \right), \quad (9)$$

где T_d – постоянная времени дифференцирования.

Далее приведем принцип реализации на контроллере ПИД-регулятора:

$$Q_{\text{вых}}^{k+1} = Q_0 + (k(P^k + I^k + D^k)), \quad (10)$$

где $Q_{\text{вых}}^{k+1}$ – выходное значение регулятора;

Q_0 – величина постоянного смещения;

P^k – пропорциональный член;

I^k – интегральный член;

D^k – дифференциальный член.

Пропорциональный член вычисляется по следующей формуле:

$$P^k = H_{\text{зад}}^k - H_{\text{фак}}^k, \quad (11)$$

где $H_{\text{зад}}^k$ – задаваемая величина установки уровня верхнего бьефа, м;

$H_{\text{фак}}^k$ – фактический уровень верхнего бьефа, м.

Интегральный член вычисляется по следующей формуле:

$$I^k = I^{k-1} + \frac{(P^k + P^{k-1}) dt}{2 T_i}, \quad (12)$$

где I^{k-1} – интегральный член, вычисляемый в предыдущий момент времени (на предыдущем шаге);

P^{k-1} – пропорциональный член, вычисляемый в предыдущий момент времени (на предыдущем шаге);

dt – временной шаг контроллера (интервал времени, с которым контроллер производит вычисления);

T_i – постоянная времени интегрирования.

Для расчета дифференциального члена используется следующее выражение:

$$D^k = \frac{(H^{k-1} - H^k) T_i}{2 dt}, \quad (13)$$

где H^{k-1} – фактический уровень в верхнем бьефе, измеренный на предыдущем шаге, м;
 T_i – постоянная времени дифференцирования.

В рассмотренных алгоритмах, если не учесть член дифференцирования, мы получим алгоритм пропорционально-интегрального закона регулирования, или, если не учесть члены дифференцирования и интегрирования, то получим пропорциональный закон регулирования.

Основными параметрами закона регулирования ПИД-регулятора являются параметры k , T_i и T_d . Эти параметры определяются по качеству переходного процесса в системе автоматического регулирования. Так как объекты водохозяйственной системы относятся к нелинейным объектам с распределенными характеристиками, аналитическое определение этих параметров из условия наилучшего качества переходного процесса в настоящее время не разработано. Поэтому определение параметров k , T_i и T_d осуществляется на основе математического моделирования или экспериментальным путем на реальном объекте в процессе настройки системы регулирования.

Выводы. В статье рассмотрены законы автоматического регулирования уровня воды верхнего бьефа на оросительных каналах с помощью моделирования динамических процессов, протекающих в системах водораспределения.

Для моделирования динамических процессов в системе автоматического регулирования водохозяйственного объекта на основе их структурного представления необходимо решать следующие задачи:

- расчленение системы регулирования по участкам каналов и русел;
- составление структурной схемы взаимосвязанных участков по типам условий сопряжения;
- нахождение матрицы дискретного представления по ее структурной схеме и матрицам дискретного представления каждого блока.

Последняя задача решается путем преобразования исходной структурной схемы до более простых структурных схем.

Список использованных источников

- 1 Ганкин, М. З. Автоматизация и телемеханизация гидромелиоративных систем / М. З. Ганкин. – М.: Колос, 1977. – 344 с.
- 2 Вопросы комплексной автоматизации мелиоративных систем / ВНПО «Союзводоавтоматика» Минводхоза СССР. – М., 1975. – Вып. 6. – 232 с.
- 3 Маковский, Э. Э. Автоматизация гидротехнических сооружений в системах каскадного регулирования / Э. Э. Маковский. – Фрунзе: Илим, 1972. – 302 с.
- 4 Рожнов, В. А. Электрические системы стабилизации уровней воды в каналах / В. А. Рожнов, Р. М. Тюменев. – Фрунзе: Илим, 1982. – 199 с.
- 5 Рахимов, Ш. Х. Совершенствование диспетчерских режимов эксплуатации каскадов крупных насосных станций с водохранилищами сезонного регулирования / Ш. Х. Рахимов, И. Бегимов, М. Исаков. – Наманган, 1995. – 119 с.
- 6 Климов, В. Е. Оптимальный режим работы насосных станций, оснащенных осевыми насосами // Гидротехника и мелиорация. – 1970. – № 11. – С. 30–35.

УДК 631.423

А. Рамазанов

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

М. Н. Файзуллаева

Ташкентский областной комитет по охране природы, Ташкент, Республика Узбекистан

ПРОЦЕССЫ ОСОЛОНЦЕВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ПУСТЫННОЙ ЗОНЫ УЗБЕКИСТАНА

В статье анализируются результаты многолетних полевых опытов, территориальных наблюдений за условиями формирования и распространения солонцеватых почв в пустынной зоне республики. Установлены причины их образования, количественные показатели емкости и состава почвенного поглощающего комплекса (ППК) с учетом давности орошения и гранулометрического состава почв.

Ключевые слова: почвенный поглощающий комплекс, емкость поглощения, процесс осолонцевания, катионы натрия, кальция, магния, химические свойства, водно-физические свойства, химическая мелиорация, химические мелиоранты.

Солонцеватые почвы – род различных типов почв, содержащих в почвенном поглощающем комплексе (ППК) более 5 % от емкости поглощения катионов натрия или магния, обуславливающих диспергирование коллоидов, появление неблагоприятной структуры, низкое плодородие. В отличие от засоленных почв в их профиле легкорастворимые соли в основном находятся в подпахотном слое. В классическом почвоведении существует мнение, что благодаря наличию карбонатных солей в почвах сероземного пояса Узбекистана и сопредельных территорий проявление признаков и формирование солонцеватых почв маловероятно [1]. Так, на орошаемых лугово-аллювиальных почвах Хорезмского оазиса содержание натрия в ППК составило 1,21–4,75 %, а светлых сероземах и такырах новоосваиваемых территорий Кашкадарьинского оазиса – 0,80–4,00 % от емкости поглощения, т. е. они относятся к категории несолонцеватых почв [2].

В равнинной части республики солонцы и солонцеватые почвы были выделены лишь на территории Обручевского понижения Джизакской степи, они сформировались в естественных климатических условиях, когда в ППК луговых светлых сероземов содержание поглощенного натрия в отдельных случаях доходило до 77 % от емкости поглощения [3]. Известно, что до начала широкомасштабного освоения земель равнинной части республики (Голодная, Джизакская, Каршинская, Шерабадская степи, а также низовья Амударьи), на вводимых в интенсивный сельскохозяйственный оборот массивах, за исключением отдельных участков в естественных понижениях, наблюдался автоморфный режим увлажнения почвы, и грунтовые воды, залегающие на глубине 5–8 м и более от поверхности, практически не участвовали в протекании и направленности химических процессов в зоне аэрации почвы.

Ведение сельскохозяйственного производства с интенсивным орошением культур хлопкового комплекса в течение ряда лет в корне изменило гидрогеолого-мелиоративную обстановку на вновь освоенных массивах. В настоящее время на большей части массивов сформировался гидроморфный режим увлажнения почв зоны аэрации. В силу этого также произошли количественные и качественные изменения в направленности водно-физических и химических процессов в системе «грунтовые воды – почва». В частности, отмечены изменения емкости ППК, проявления признаков осолонцевания орошаемых почв пустынной зоны. Так, в сероземно-луговых почвах Голодной, Джизакской степи в количественном отношении в ППК достаточно высоко содержание катиона магния в корнеобитаемом слое – 46,7–66,4 % от емкости поглощения. Содержание катиона натрия в почвах Голодной степи в зависимости от давности орошения варьируется от 7,2–9,5 до 13,4–16,7 % от емкости поглощения, и они отно-

сятся к слабо- и среднесолонцеватым (местами) почвам. В почвах Джизакской степи доля катиона натрия сравнительно меньше – от 4,7–5,0 до 7,0–7,5 % от емкости поглощения. В ППК описываемых почв содержание кальция и калия составляет соответственно 16,9–30,1 и 2,4–10,8 % от емкости поглощения [4].

Показательны данные по изменению емкости и состава поглощенных оснований аллювиально-луговых почв Хорезмского оазиса при существующем уровне ведения орошаемого земледелия. В начале 70-х гг. прошлого столетия в ППК содержание поглощенного кальция превалировало над остальными основаниями и в пахотном слое составляло 75,4 %, а катиона натрия – всего лишь 3,8 % от емкости поглощения, т. е. почвы относились к несолонцеватым. По истечении 30 лет при несущественном различии в емкости поглощенных оснований содержание катиона натрия в почве по сравнению с «исходным» увеличилось более чем в 6 раз и составило 23,7 % от емкости поглощения, т. е. она приобрела признаки сильносолонцеватых почв. Содержание катиона магния возросло всего лишь в 2 раза. Аналогичная ситуация отмечена и в подпахотном горизонте исследуемых почв (таблица 1).

Таблица 1 – Емкость и состав поглощенных оснований орошаемых почв пустынной зоны Узбекистана

Зона	Почва	Горизонт	Емкость поглощения, ммоль/100 г почвы	В % от емкости поглощения			
				Ca	Mg	K	Na
1	2	3	4	5	6	7	8
Голодная степь, 2001 г.	Новоорошаемые, суглинистые, луговые	Пахотный	8,90	23,37	53,04	6,85	16,74
		Подпахотный	8,27	19,35	65,30	8,10	7,25
	Орошаемые, супесчаные, сероземно-луговые	Пахотный	11,44	17,13	63,29	9,35	10,22
		Подпахотный	10,13	20,53	48,86	16,28	14,31
Староорошаемые, легкосуглинистые, луговые	Пахотный	9,25	17,08	64,00	5,51	13,40	
	Подпахотный	7,80	16,92	64,61	6,34	11,92	
Староорошаемые, средне-суглинистые, луговые	Пахотный	14,92	21,45	66,49	2,48	9,58	
	Подпахотный	11,80	23,79	46,70	10,51	10,51	
Джизакская степь, 2001 г.	Новоорошаемые, легкосуглинистые, сероземно-луговые	Пахотный	6,23	17,34	67,42	8,19	7,06
		Подпахотный	6,09	19,05	65,68	7,72	7,55
	Староорошаемые, легкосуглинистые, сероземно-луговые	Пахотный	6,18	31,71	55,01	9,06	4,70
		Подпахотный	5,18	30,11	54,05	10,81	5,01

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Хорезмский оазис, 1972–2003 гг.*	Аллювиально-луговые, легко-, средне-суглинистые	Пахотный	<u>8,35</u> 9,19	<u>75,45</u> 39,93	<u>16,65</u> 33,08	<u>4,07</u> 3,26	<u>3,83</u> 23,72
		Подпахотный	<u>7,63</u> 9,59	<u>67,23</u> 41,50	<u>23,33</u> 35,87	<u>5,50</u> 2,92	<u>3,93</u> 19,71
* – в числителе – 1972 г.; знаменателе – 2003 г.							

В образовании солонцеватых почв достаточно ощутимо влияние возвратных вод, формирующихся в контуре существующего орошения пустынной зоны. В связи с реализацией принципа лимитированного водопользования на территориях, расположенных в среднем и, особенно нижнем течении рек Сырдарьи и Амударьи, в широкой производственной практике имеет место повторное (зачастую бесконтрольное и хаотичное) использование коллекторно-дренажных вод с различной минерализацией для орошения сельскохозяйственных культур и промывку засоленных почв.

Сопоставление и анализ результатов многолетних стационарных полевых и лабораторных исследований (на лизиметрических установках) свидетельствуют о сложности и взаимосвязанности почвенных, биологических, физиологических и технологических процессов в системе «минерализованные воды – почвы – растения». Изменения в этих процессах зависят от концентрации солей в поливной воде и носят устойчивый во времени необратимый характер с отрицательными последствиями [5].

Таким образом, результаты многолетних стационарных наблюдений за динамикой и направленностью почвенных процессов свидетельствуют о том, что в контуре распространения засоленных гидроморфных почв осолонцевание обусловлено следующими условиями:

- широкомасштабное освоение целинных и залежных земель равнинной части Узбекистана и сопредельных государств Центральной Азии коренным образом изменило гидрогеолого-мелиоративную обстановку. Сложившийся вследствие интенсивного орошения возделываемых культур в течение длительного периода автоморфный режим увлажнения почвы трансформировался в полугидроморфный и гидроморфный режимы с активным участием грунтовых вод с различной минерализацией в формировании и направленности почвенных процессов. В силу обменных реакций между солями хлористого (NaCl) и сернокислого натрия (Na_2SO_4), содержащихся в грунтовых водах с основаниями ППК, происходило вытеснение катиона кальция и насыщение катионами натрия и магния;

- регулярное орошение возделываемых культур, эксплуатационные промывки и влагозарядковые поливы речной и коллекторно-дренажной водой с тем или иным содержанием воднорастворимых солей оказали определенное влияние на химические процессы, протекающие в системе «вода – почва – почвенный раствор». В силу этого происходят обменные реакции между воднорастворимыми солями почвы и основаниями ППК, сопровождаемые вытеснением катиона кальция и замещением его катионами натрия или магния.

В ППК лугово-аллювиальных почв в низовьях р. Амударьи процесс осолонцевания происходит за счет замещения катиона кальция натрием, а в сероземно-луговых почвах Голодной и Джизакской степях с различной давностью орошения – преимущественно за счет катиона магния.

Развитие процесса осолонцевания в различной степени засоленных орошаемых почв является одной из причин сравнительно низкой производительной способности используемых в сельскохозяйственном обороте земель в пустынной зоне. При прочих равных условиях агротехники урожайность основных севооборотных культур и рентабельность производства продуктов растениеводства на засоленных, солонцеватых поч-

вах в большинстве случаев не соответствует требованиям рыночных взаимоотношений в аграрной отрасли народного хозяйства. К сожалению, до настоящего времени львиную долю общих затрат, расходуемых на улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель составляют работы по регулированию уровня грунтовых вод, уменьшению содержания водорастворимых солей в корнеобитаемом слое (эксплуатационные промывки, приемы фитомелиорации и др.).

Дело в том, что состав агро- и гидромелиоративных и технологических приемов восстановления производительной способности засоленных и солонцеватых почв существенно различается по физико-химической сущности их влияния на процессы, протекающие в корнеобитаемой толще при их реализации.

Такие агро- и гидромелиоративные приемы на засоленных или подверженных вторичному засолению почвах, как капитальные, эксплуатационные промывки, промывной режим орошения возделываемых культур, соответствующая мощность искусственного дренажа, разновидности фитомелиораций направлены на уменьшение содержания токсичных водорастворимых солей в корнеобитаемом слое до оптимальных пределов. На солонцеватых почвах рассолительным мероприятиям должны предшествовать приемы, создающие в среде условия для обменных реакций – вытеснения из ППК катионов натрия или магния путем внесения различных мелиорантов химического или органоминерального происхождения.

Список использованных источников

1 Гедройц, К. К. Солонцы. Их происхождение, свойства и мелиорация. Научно-популярный очерк / К. К. Гедройц. – Л.: Изд-во Носовск. опытной станции, 1928. – 76 с.

2 Умаров, М. У. Физические свойства почв районов нового и перспективного орошения УзССР / М. У. Умаров. – Ташкент: Фан, 1974. – 282 с.

3 Васильев, И. К. К вопросу освоения солонцеватых почв Джизакской степи / И. К. Васильев, А. К. Рамазанов, В. Д. Лим // Труды Среднеазиат. науч.-исслед. ин-та ирригации. – 1978. – Вып. 156.

4 Рамазанов, А. О формировании солонцеватых почв в орошаемой зоне Узбекистана / А. Рамазанов, А. Ахатов, М. Ташкузиев // Вестник аграрной науки Узбекистана. – 2007. – № 1–2. – С. 83–87.

5 Рамазанов А., М. Агроэкологические аспекты использования минерализованных вод в орошаемой зоне Узбекистана / А. Рамазанов, М. Файзуллаева // Ирригация и мелиорация. – 2016. – № 3. – С. 23–25.

УДК 626.81

В. Д. Гостицев, Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко

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

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА БОЛЬШОГО СТАВРОПОЛЬСКОГО КАНАЛА

В статье представлен анализ состояния и возможностей существующего водохозяйственного комплекса Большого Ставропольского канала. Проанализированы характеристики подкомандных каналу орошаемых площадей, рассмотрены энергетические возможности водного потока, определены технические критерии устройства современных энергоэффективных оросительных систем, использующих принцип деривации.

Ключевые слова: водная стратегия, водохозяйственный комплекс, водные и энергетические ресурсы, орошение, деривационные оросительные системы.

Агропромышленный комплекс России – крупнейший потребитель водных ресурсов. Среди других отраслей сельское хозяйство является одним из основных водопользователей за счет такой емкой статьи как орошение. Таким образом, экономически эффективное и социально ориентированное развитие АПК в значительной мере зависит от состояния и функционирования мелиоративно-водохозяйственного комплекса страны [1].

Одна из весьма важных и болезненных причин недостаточного развития мелиоративно-водохозяйственного комплекса – это цена энергоресурсов на фоне непроизводительных потерь поливной воды. В 60–90-е гг. прошлого столетия электроэнергия, горюче-смазочные материалы были очень дешевыми, и мелиоративные системы создавались практически без учета их резкого удорожания, которое произошло в последние десятилетия. Серьезной реконструкции существующих оросительных систем (ОС) практически не проводилось, и сегодня одним из самых острых и тормозящих восстановление мелиорации вопросов является стоимость электроэнергии на доведение и подачу воды сельхозтоваропроизводителям [2].

Несмотря на то, что при создании ОС основная часть водораспределения проектировалась самотечной, тем не менее, для подачи воды на большие территории специфика рельефа не позволяла обходиться без машинного водоподъема. Кроме того, возрастающие требования к технике полива диктовали необходимость высоких энергозатрат на превращение свободного потока оросительной воды в дождь (дождевание) и даже туман (мелкодисперсное дождевание).

В этой связи особый интерес представляют ОС, территориально расположенные в горной и предгорной зонах, т. е. там, где изначально имеются командные отметки начальных участков водозабора над орошаемыми площадями с большими запасами высот. Вопросы энергоэффективности здесь могут быть решены за счет устройства самотечных и самонапорных ОС, основанных на принципах деривации.

Деривационная ОС – это гидромелиоративная система орошения земель, основанная на принципах использования энергии потока поливной воды (самотека и самонапора) для максимально возможного обеспечения всех необходимых этапов проведения поливов: транспортировки воды по водопроводящей сети, создания напора в оросительной сети (системах капельного орошения, спринклерах и т. д.), работы поливной (дождевальной) техники или осуществления поверхностных способов полива. При этом не исключается использование дополнительной энергии извне для компенсации ее частичной нехватки на отдельных участках орошаемого массива с целью повышения эффективности работы деривационной ОС. Компоновка водопроводящей сети может быть открытой, закрытой и комбинированной, что определяется требуемыми напорно-расходными характеристиками и технико-экономическими показателями.

Немаловажным является вопрос об оптимальных условиях устройства деривационных ОС, что предполагает принимать во внимание такие характеристики, как обеспеченность водоисточника, почвенно-климатические и гидрогеологические особенности, рельеф территории орошения, оптимальные системы земледелия, способы орошения и техника полива, технико-экономические и другие показатели.

Огромный практический интерес представляет анализ системы Большого Ставропольского канала, обладающего всем набором начальных характеристик для устройства деривационных ОС.

Система Большого Ставропольского канала (БСК) – крупнейшая в Российской Федерации. Зона ее хозяйственного влияния охватывает территорию около 2,6 млн га в 17 административных районах Ставропольского края. Магистральный канал системы БСК осуществляет самотечную переброску стока р. Кубани на юго-восточные склоны Ставропольской возвышенности, в засушливые бассейны маловодных рек: Кума, Каласус, Восточный Маныч. Проектная длина канала превышает 400 км, суммарная длина распределительных каналов – 1700 км [3, 4].

БСК имеет комплексное назначение. Планируется, что при завершении его строительства на территории Ставропольского края он обеспечит орошение земель площадью 210 тыс. га, промышленное и коммунальное водоснабжение большого числа сельских населенных пунктов, развитие прудового рыбоводства и улучшит санитарное состояние малых рек подкомандной зоны.

Главное питание рассчитано на максимальные возможности использования стока Кубани для водохозяйственных и энергетических целей. Дело в том, что гидроэнергетика на БСК появилась не случайно. По трассе магистральной части канала, проходящего в горных условиях, на тех участках, где имелись значительные перепады, было необходимо устраивать быстротоки и гасители энергии потока. Но чтобы эту энергию не терять бесполезно, было принято решение о строительстве ГЭС [5].

В настоящее время БСК обеспечивает работу каскада четырех ГЭС установленной мощностью 384 тыс. кВт с выработкой 1,2 млрд кВт·ч электроэнергии в год. В составе каскада Кубанских ГЭС девять гидроэлектростанций и одна гидроаккумулирующая станция, все они деривационного типа, расположены в руслах Большого Ставропольского и Невинномысского каналов и являются их составной частью.

Непосредственно на магистральной начальной части канала находятся ГЭС-1, ГЭС-2. Так, Кубанская ГЭС-1 расположена у поселка Октябрьский Прикубанского района, на 63-м километре БСК. Здесь установлены два гидроагрегата мощностью по 18,5 МВт каждый. Статический напор водяного столба – 52 м. Надежность станции дополнена наличием холостого водосброса, который может пропускать до 95 м³ воды в 1 с. ГЭС, являясь деривационной, без каких-либо плотин и водохранилищ, работает по водотоку. Мощность ГЭС – 37 МВт, среднегодовая выработка электроэнергии – 197,3 млн кВт·ч [5].

Кубанская ГЭС-2 расположена у поселка Ударный Прикубанского района, на 76-м километре БСК. ГЭС-2 является деривационной, поверхностного типа с четырьмя агрегатами, общей пропускной способностью 180 м³/с и подводом воды по индивидуальным напорным трубопроводам на каждый агрегат. Имеет небольшой бассейн суточного регулирования и выравнивающее водохранилище ниже по течению. Мощность ГЭС – 184 МВт (крупнейшая гидроэлектростанция каскада Кубанских ГЭС), среднегодовая выработка электроэнергии – 600 млн кВт·ч. Ее режим работы – пиковый. На станции установлены четыре гидроагрегата мощностью по 46 МВт каждый. Станция уникальна. С ее вводом в эксплуатацию здесь было апробировано оборудование, впервые применявшееся в отечественной гидроэнергетике. Например, четыре железобетонных трубопровода, длина которых по 1750 м каждый, а также водоприемники сифонного типа. Напор ГЭС составляет 120 м [5].

Однако следует отметить, что ГЭС, находящиеся в ведении ОАО «РусГидро», вырабатывают электроэнергию для единой энергосистемы, а не для использования ее в целях орошения и обводнения напрямую. Таким образом, ГЭС, устроенные на значительных перепадах рельефа местности, в плане функционирования БСК всего лишь играют роль гасителей энергии потока. При этом имеются все предпосылки для использования энергии потока на таких перепадах для реализации прямого назначения БСК, а именно орошения и обводнения засушливых территорий Ставрополя.

БСК выполняет функции водораспределительного тракта для различных нужд. Основной целью функционирования БСК является своевременная и бесперебойная подача воды для нужд обводнения и орошения сельскохозяйственных угодий, а также хозяйственно-питьевого водоснабжения городов и населенных пунктов. Структура водораспределения по БСК представлена в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что на долю орошения приходится менее 10 % от общего объема распределяемой воды (250,68 млн м³). Из общего среднегодового объема водных ресурсов, равного 2 млрд 286 млн м³, 70 % используется на теплоэнергетику, 30 % – на водоснабжение, орошение и обводнение.

Таблица 1 – Структура водораспределения, 2015 г. [6]

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
Рыборазведение	млн м ³	6,13	2,5
Прочие нужды	млн м ³	199,18	79,5

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 2.

Таблица 2 – Распределение площадей орошения в зоне БСК [3]

В га

Наименование района	Всего БСК-I-IV	В том числе:				БСК-V-X (перспектива)
		БСК-I	БСК-II	БСК-III	БСК-IV	
Александровский	7641	–	4573	523	2545	–
Апанасенковский	–	–	–	–	–	12590
Арзирский	–	–	–	–	–	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	59422	15489	16170	14055	13708	99579

Анализ таблицы 2 показывает, что БСК-I-IV обеспечивает водой для целей орошения 59,4 тыс. га, тогда как в перспективе при строительстве БСК-V-X эти площади составят 99,6 тыс. га. Это свидетельствует о том, что значительные орошаемые площади находятся в северо-восточных районах Ставропольского края (Петровский, Туркменский, Ипатовский, Благодарненский районы).

В указанных районах почвы отличаются большим разнообразием: черноземы обыкновенные, южные, каштановые, светло-каштановые, легкого механического состава в комплексе с солонцами, солончаками [7]. Образованные на сходных породах с черноземами, каштановые почвы имеют меньшую мощность и меньшие запасы органического вещества. Вследствие чего они нуждаются в органо-минеральных удобрениях. Наличие и угроза возникновения щелочности, солонцеватости, уплотнения, деградации диктует необходимость предусматривать проведение химической и комплексной мелиораций. Взаимодействие почвенной засухи и суховеев требует включения в систему земледелия противоэрозионных мер, а также мероприятий, направленных на максимальное накопление, сбережение и эффективное расходование влаги. Основным лимитирующим фактором при возделывании сельскохозяйственных культур является водообеспечение, поэтому орошение здесь очень востребовано. Полив пресными водами (типа кубанской) исключает вероятность осолонцевания почв. При оро-

шении маломощных почв, подстилаемых галечником, и щебнистых почв целесообразно дождевание с интенсивностью в пределах 50 л/с на 1 га.

В связи с направленностью рассматриваемых районов на производство продукции животноводства и товарных кормов были определены оптимальная структура посевных площадей для орошения (зерновые – 43 %, кормовые – 51 %, овощи – 2 %, сады и виноградники – 4 %) и гидромодуль для условий среднесухого года – 0,62 л/с на 1 га.

Предварительные расчеты показывают, что на площади 64 тыс. га прирост кормовых единиц на орошении ориентировочно составит 450 тыс. т зерновых единиц. При стоимости пшеницы 4 класса на 1 августа 2016 г. 8000 тыс. руб. дополнительный чистый доход от орошения составит 3,6 млрд руб. или 55,8 тыс. руб. на 1 га (без учета налогов и сборов).

Следующей немаловажной характеристикой для оценки перспективы создания деривационных ОС является наличие и возможность применения современной дождевальной техники, способной напрямую (через напорный трубопровод) использовать энергию поливной воды в виде напора для осуществления поливов и перемещения на участке.

Для такого анализа рассмотрим данные Министерства сельского хозяйства Ставропольского края по нагрузке на технику и способы полива за 2015 г., представленные в виде диаграммы (рисунок 1).

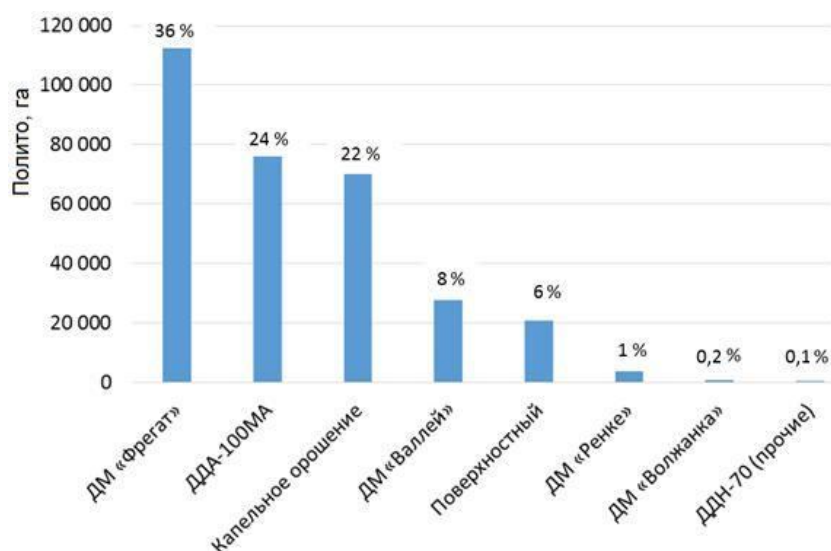


Рисунок 1 – Нагрузка на технику и способы полива, га/п

Из диаграммы четко видно, что в лидерах ДМ «Фрегат», ДДА-100МА и капельное орошение. Таким образом, в хозяйствах приоритетными являются дождевание, которое составляет 72 %, капельное орошение – 22 %, поверхностные поливы – 6 %.

Наличие и приоритет дождевания на рассматриваемой территории выступают в качестве положительного фактора для создания деривационных ОС на уже существующих орошаемых площадях.

Предварительная оценка топографических карт позволила определить потенциально возможную площадь для создания деривационных ОС на площади порядка 620 тыс. га. Среди рассмотренных участков отдельный интерес представляет территория предполагаемого строительства БСК-V (площадью 150 тыс. га). Это наиболее засушливая и маловодная северо-восточная часть Ставропольского края. Так, на удалении 80 км от БСК-IV (до участка входа в быстроток Н = 344 м) поверхности земли имеют отметки Н = 74 м, что обеспечивает перепад (напор) в 270 м вод. ст. (27 атм).

На основании исходных параметров по расходу (40 м³/с в концевой части БСК-IV) и определенного для данной территории гидромодуля (0,62 л/с на 1 га) была рассчитана возможная площадь орошения нетто – 64436 га.

Дальнейшая оценка территории на основании космоснимков позволила вычислить существующий коэффициент земельного использования – на уровне 0,7. Так как поля имеют форму вытянутых прямоугольников и не имеют типовых размеров, то в качестве приоритетной схемы перемещения дождевальных машин для обеспечения поливов на таких полях была принята фронтальная схема. С учетом вышеперечисленного была вычислена площадь брутто – 86 тыс. га, которая позволила уточнить возможную для включения в потенциальный массив орошения территорию.

Детальная топографическая проработка материалов позволила наметить перспективную трассу и массив орошения. При этом учитывалась исторически сложившаяся инфраструктура сельскохозяйственного производства (лесополосы, автодороги, ЛЭП, гидрографическая сеть). На топографической карте были намечены трасса магистрального водовода и трассы возможных распределительных трубопроводов. Принимая во внимание расходные характеристики конечного участка БСК и рекомендуемую для этих почв норму полива (50 л/с на 1 га), определили количество одновременно работающих дождевальных машин (800 шт.).

В ходе гидравлических расчетов по намеченной линейной схеме закрытой самонапорной деривационной ОС с тупиковым разбором воды были подобраны диаметры труб, обеспечивающие скоростной режим в допустимых пределах (1–3 м/с), вычислены потери напора по длине и с учетом местных сопротивлений, подсчитаны остаточные (свободные) напоры по расчетным участкам магистральных трубопроводов.

Чтобы понять, какие диапазоны свободных напоров возможно получить на предполагаемом массиве орошения, были сделаны расчеты по нескольким трассам распределительных трубопроводов. Были выбраны самый первый по трассе распределитель длиной 16,7 км с малыми начальными значениями напоров в головной части и распределитель в концевой части наибольшей протяженностью 26,5 км, имеющий на некоторых участках обратные уклоны. Площади, подкомандные этим двум участкам составили 5903 и 9665 га соответственно.

Выполненные расчеты показали, что диапазоны свободных напоров находятся в пределах от 5,1 до 14,7 атм. В большинстве случаев энергии этих самонапоров достаточно как для полива дождевальными машинами (4 атм), так и для их перемещения с возможным подключением микроГЭС (2 атм), что в итоге требует 6 атм. В случае недостатка напорных характеристик на отдельных участках орошения возможно дополнительное использование дизель-генераторов для выработки энергии на перемещение дождевальной техники.

Применение капельного орошения также возможно, однако при этом сельхозпроизводство будет, несомненно, менее технологичным и потребует привлечения значительного числа полевых работников, что в условиях малонаселенных предгорных районов в большинстве случаев не оптимально.

Условия сельскохозяйственного производства и высокая стоимость электроэнергии на современном этапе предопределяют разработку новых инновационных энергоэффективных ОС нового поколения. Анализ природно-ресурсного потенциала Ставропольского края и технико-эксплуатационных характеристик БСК выявил имеющиеся возможности создания энергоэффективных ОС, основанных на принципах деривации. Такие системы смогут обеспечить расширенное воспроизводство плодородия почв и сокращение затрат энергии на единицу продукции, что четко согласуется с реализацией Водной стратегии.

Представленные в статье материалы позволяют сделать выводы о том, что разработка концепции создания деривационных ОС является своевременной и весьма перспективной.

Большой интерес в плане реализации концепции создания деривационных ОС представляют территории, на которых изначально в силу сложившихся природных условий рельефа имеются значительные перепады отметок местности. Здесь необходимо

более детально проработать вопросы по двум ключевым направлениям – это разработка схем устройства деривационных ОС на основе уже существующей ирригационной инфраструктуры и создание новых деривационных ОС на базе потенциала горных рек. Так как диапазон сочетаний исходных данных и конечных требований в предгорных зонах достаточно широк, то в этот диапазон попадут и все остальные районы для развития орошения на принципе деривационных ОС. При этом следует понимать, что потенциал их энергоэффективности во многом будет зависеть от величины начального командования источника орошения и его удаления от территории расположения ОС, а также принятых технических решений по реализации проекта.

Список использованных источников

1 Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года от 27 августа 2009 г. № 1235-р // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПШ «Гарант-Сервис», 2016.

2 Щедрин, В. Н. Водные ресурсы – главный фактор развития орошаемого земледелия в России / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 17–19.

3 Федеральное государственное бюджетное учреждение «Управление эксплуатации Большого Ставропольского канала» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://убск.рф/index.php/o-bsk/istoriya-uchrezhdeniya>, 2015.

4 Википедия – сводная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>, 2016.

5 РусГидро – «Каскад Кубанских ГЭС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kkges.rushydro.ru/hpp/general>, 2016.

6 Официальный интернет-портал «Министерство сельского хозяйства Российской Федерации» Департамент мелиорации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx-dm.ru/gts/3927>, 2016.

7 Куприченков, М. Т. Почвы Ставрополя / М. Т. Куприченков. – Ставрополь, 2005. – 424 с.

УДК 626.82

Э. И. Чембарисов, Т. Ю. Лесник

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Р. Т. Хожамуратова

Каракалпакский государственный университет, Нукус, Республика Каракалпакстан

С. Р. Шодиев

Навоийнский государственный педагогический институт, Навои, Республика Узбекистан

Ю. С. Вахидов

Государственное унитарное предприятие «Геоинформкадастр», Ташкент, Республика Узбекистан

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ АМУДАРЬИ В ПРЕДЕЛАХ УЗБЕКИСТАНА

В статье представлены характеристики гидрологического и гидрохимического режима реки Амударья в пределах территории Узбекистана. Изменение водности по длине реки рассмотрено на створах: теснина Тюямуюн, Кипчак, Саманбай, Кызылжар. Проведен анализ изменения минерализации речной воды за несколько лет на этих створах.

Ключевые слова: река Амударья, среднегодовые расходы воды, минерализация, химический состав воды, рассоление.

Решение проблемы устойчивого водозабора из трансграничной р. Амударьи в складывающейся экстремальной водохозяйственной обстановке имеет особое народнохозяйственное значение для жизни и развития многомиллионного населения шести областей Республики Узбекистан и Республики Каракалпакстан, расположенных в низовьях бассейна.

В связи с этим важное значение имеет анализ многолетних изменений гидрологического и гидрохимического режима воды р. Амударьи.

Бассейн р. Амударьи. Его площадь составляет 2686,6 тыс. км² и включает в себя не только территорию пяти Центрально-Азиатских республик, но и Афганистана (257,0 тыс. км²) и Ирана (65,0 тыс. км²). Бассейн р. Амударьи – самой многоводной реки Центральной Азии охватывает более 80 крупных рек, расположенных на территории Узбекистана, Таджикистана, Туркмении.

По условиям формирования стока бассейн р. Амударьи гидрологи разделяют на несколько частей:

- бассейн р. Пяндж, который, в свою очередь, состоит из двух гидрологических областей: Таджикский Памир, отличающийся сравнительным многоводьем, и очень маловодная южная часть бассейна на территории Афганистана;

- бассейн р. Вахш;

- бассейны рек, стекающих с южных склонов Гиссарского хребта (Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад);

- бассейны Кашкадарьи и Зерафшана, которые должны быть отнесены по орографическим и гидрографическим признакам к бассейну р. Амударьи, хотя сами реки давно потеряли связь с Амударьей;

- равнинная часть бассейна, условно верхней границей области принят створ Керки.

За прошедшие годы гидрологические наблюдения на р. Амударье велись на гидрологических постах, указанных в таблице 1.

**Таблица 1 – Гидрологические посты бассейна р. Амударьи
(по сведениям из фондов Узгидромета и БВО «Амударья»)**

Название водного объекта	Местонахождение и название поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, высота, м	Период действия (число, месяц, год)
Амударья	Термез	1302	231000	289,72	01.10.1932
Амударья	Атамурат (Керки)	1070	309000	237,57	21.07.1910
Амударья	Бирата (Дарганата)	636	–	142,02	12.05.1955
Амударья	Тюямуюн	475	–	107,08	16.07.1924 (05.10.1979)
Амударья	Ташсака	467	–	105,23	10.06.1912 (17.04.1993)
Амударья	Бируни	399	–	91,00	01.03.1978
Амударья	Кипчак	308	–	76,20	07.03.1934 (01.01.2003)
Амударья	Ниетбайтас	263	–	71,00	15.03.1983
Амударья	Кызкеткен	257	–	70,00	17.03.1974
Амударья	Саманбай	240	–	65,00	17.11.1972
Амударья	Кызылжар	127	–	53,00	01.10.1950 (01.01.1974)
Амударья	Парлатау	54	–	46,00	22.05.1988

В бассейне р. Амударьи зону формирования стока можно ограничить створами Термез и Атамурат (Керки), зону транзита – створами Бирата (Дарганата) – теснина

Тюямуюн, зону рассеивания стока – створами Саманбай (г. Нукус) и Кызылжар.

Имеются данные за 1980–2013 гг. о среднегодовых расходах воды у створа теснина Тюямуюн. За этот период они изменялись от 298 м³/с (в 2001 г.) до 1640 м³/с (в 1992 г.) и 1530 м³/с (в 1998 г.) при норме стока 858 м³/с. Сведения об изменениях этих расходов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 1, а. На нем приводится линия тренда. На рисунке 1, а видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 550–560 м³/с.



а



б

а – створ теснина Тюямуюн; б – створ Кипчак

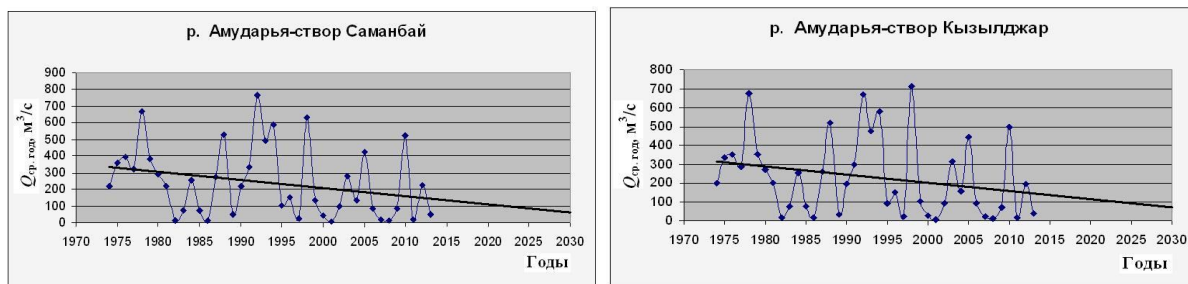
Рисунок 1 – Многолетние изменения среднегодовых расходов воды бассейна р. Амударьи с проведением линии тренда

У створа Кипчак данные о среднегодовых расходах воды имеются за 1980–2013 гг. За этот период они изменялись от 145 м³/с (в 2001 г.) до 1180 м³/с (в 1992 г.) и 1090 м³/с (в 1998 г.) при норме стока 574 м³/с. Сведения об изменениях этих расходов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 1, б. На нем приводится линия тренда. На рисунке 1, б видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 420–430 м³/с.

Сведения о среднегодовых расходах воды у створа Саманбай имеются за 1974–2013 гг. За этот период они изменялись от 3,23 м³/с (в 2001 г.) до 765,00 м³/с (в 1992 г.) и 671,00 м³/с (в 1978 г.) при норме стока 239,00 м³/с. Изменения расходов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 2, а. На нем приводится линия тренда. На рисунке 2, а видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 85–90 м³/с.

Сведения о среднегодовых расходах воды у створа Кызылжар имеются за 1974–2013 гг. За этот период они изменялись от 2,72 м³/с (в 2001 г.) до 676,00 м³/с (в 1978 г.) и 712,00 м³/с (в 1998 г.) при норме стока 230,00 м³/с. Изменения этих расхо-

дов за многолетний период у данного створа представлены на рисунке 2, б. На нем приводится линия тренда. На рисунке 2, б видно, что проведенная линия тренда направлена под углом к оси абсцисс графика в сторону понижения расходов воды, ориентировочно к 2030 г. они могут уменьшиться до 80–85 м³/с.



а

б

а – створ Саманбай; б – створ Кызылжар

Рисунок 2 – Многолетние изменения среднегодовых расходов воды бассейна р. Амударьи с проведением линии тренда

Специалистами установлен факт повышения минерализации воды и ухудшение ее химического состава в средних и нижних течениях крупных рек бассейна Аральского моря. При этом доказано, что основной причиной этого процесса является орошаемое земледелие, в результате этой деятельности в реки поступают все большие объемы возвратных (в том числе коллекторно-дренажных) высокоминерализованных вод с поливных угодий вместе с остатками удобрений и ядохимикатов [1–6].

Согласно бассейновому методу формирование жидкого, твердого и химического стока необходимо рассматривать в целом по отдельным бассейнам, начиная с зоны формирования стока, затем в зоне транзита, и наконец, в зоне его рассеивания.

При применении бассейнового метода необходимо связывать гидрохимический режим рек с данными по степени и типу засоления орошаемых почв – это одно из важнейших условий применения бассейнового метода.

Одно из основных научных положений бассейнового метода базируется на том, что значительные изменения минерализации и химического состава речных вод на постах, расположенных ниже орошаемых массивов, повторяют как бы в зеркальной форме закономерности опреснения засоленных почв и грунтовых вод по стадиям, выявленным в ходе исследовательских работ почвоведов-мелиораторов. В соответствии с этими результатами в таблице 2 приведены стадии рассоления орошаемых засоленных почв: от хлоридно-натриевой до содовой и гидрокарбонатно-кальциевой.

Таблица 2 – Общий характер рассоления природных территорий по стадиям (по В. А. Ковда, 1984)

Стадия рассоления	Возможный состав преобладающих ионов в зависимости от геохимических условий и продолжительности орошения
1	2
1 Хлоридно-натриевая	Хлоридно-натриевый (ХН), сульфатно-хлоридный натриевый (СХ – Н), гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный натриевый (ГСХ – Н), гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридный магниевый-кальциевый-натриевый (ГСХ – МКН)
2 Сульфатно-натриевая	Хлоридно-сульфатный натриевый (ХС – Н), сульфатно-натриевый (СН), сульфатный кальциевый-натриевый (С – КН)
3 Сульфатно-кальциевая	Гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный кальциевый (ГХС – К), сульфатно-кальциевый (СК), гидрокарбонатно-сульфатный натриево-кальциевый (ГС – НК)

Продолжение таблицы 2

1	2
4 Предсодовая	Сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-натриевый (СГ – КН), сульфатно-гидрокарбонатный натриевый (СГ – Н), гидрокарбонатный натриево-магниевый-кальциевый (Г – НМК) с содой или гидрокарбонатно-кальциевый (ГК) с содой
5 Содовая	Гидрокарбонатно-натриевый (ГН)
6 Послесодовая	Гидрокарбонатный натриево-магниевый-кальциевый (Г – НМК) или сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-натриево-кальциевый (СГ – МНК), гидрокарбонатный магниевый-кальциевый (Г – МК), гидрокарбонатный кальциевый (Г – К)

Согласно бассейновому методу общее изменение химического состава речных вод за длительный период времени (70–100 лет) должно идти обратным путем, т. е. гидрокарбонатно-кальциевая речная вода при попадании в нее легкорастворимых солей из почв, пород и грунтовых вод орошаемых массивов будет постепенно трансформироваться по преобладающим ионам в сульфатно-кальциевую, затем в сульфатно-натриевую и, наконец, в хлоридно-натриевую воду.

Естественно, что в некоторых речных бассейнах или ниже орошаемых массивов, расположенных по их длине, в силу различия их геохимических особенностей может наблюдаться несколько иная картина метаморфизации химического состава речных вод.

В бассейне р. Амударьи площадь земель, пригодных для орошения, составляет 12–14 млн га. Самые большие орошаемые угодья расположены в средней части бассейна р. Амударьи – в низовьях рек Кашкадарьи и Зерафшана. Если бассейны этих рек рассматривать отдельно, то наибольший фонд земель, пригодных для орошения, находится в низовьях рек – на территории Республики Каракалпакстан.

По природно-экономическим условиям в бассейне р. Амударьи (без Зерафшана и Кашкадарьи) выделяют три зоны: верховье, среднее течение, нижнее течение.

Верхнее течение, замыкаемое створом Керки (современное название Атамурат), составляет 14,5 % территории бассейна, включающей 22 % поливных земель. Здесь расположены Пянджский, Вахшский, Кафирниганский и Сурхан-Шерабадский ирригационные районы. Административно эти земли принадлежат Республике Таджикистан и Республике Узбекистан (Сурхандарьинская область).

Среднее течение (в основном территория Туркменистана и Узбекистана), замыкаемое створом теснина Тюямуюн, занимает 13 % площади бассейна и включает 40 % поливных земель.

В низовьях бассейна (территория Узбекистана и Туркменистана), замыкаемых створами Нукус (Саманбай, Чатлы) и Темирбай, сосредоточено 25 %, а в зоне Каракумского канала (территория Туркмении) 14 % орошаемых земель бассейна. Нижнее течение объединяет Тюямуюнский (Хорезмский и Дашогузский оазисы) и Тахиаташский ирригационный район (орошаемые территории Республики Каракалпакстан).

Изменение минерализации и химического состава воды р. Амударьи по отдельным временным периодам. Были исследованы следующие периоды: 1931–1940, 1951–1960, 1961–1970, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010 гг. (сведения за 1941–1950 гг. в виду их малочисленности не обобщены).

В связи с развитием орошения минерализация воды р. Амударьи на створе Керки (современное название Атамурат) за прошедшие годы повысилась в 1,3 раза (с 0,50 до 0,67 г/л), при этом состав воды сменился с сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого (СХГ – НК) на гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатный натриево-магниевый-кальциевый (ГХС – НМК). Этому способствовал рост минерализации речных вод в устьях Вахша, Пянджа и Сурхандарьи.

Ниже орошаемых земель среднего течения у створа Нукус (Саманбай и Чатлы) минерализация речной воды за прошедшие годы увеличилась в 2,4 раза (с 0,51 до 1,23 г/л), а химический состав воды сменился с гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого (ГХС – НК) на сульфатно-хлоридный магниевый-кальциево-натриевый (СХ – МКН).

В низовьях реки у створов Темирбай и Кызылжар минерализация воды за прошедшие годы увеличилась в 3,3 раза (с 0,51 до 1,65 г/л), а состав воды сменился с гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого (ГХС – НК) на сульфатно-хлоридный магниевый-кальциево-натриевый (СХ – МКН).

За прошедшие годы также изменилась минерализация воды в Аральском море. Если в 1951–1960 гг. она имела показатель 9–10 г/л, то в настоящее время возросла до 100–110 г/л при явном преобладании в составе солей сульфатов и хлоридов магния и натрия.

Особенности миграции главных ионов р. Амударьи. Были проанализированы математические зависимости содержания главных ионов от величины минерализации для створов: г. Термез, теснина Тюямуюн, г. Нукус (Саманбай), к. Кызылжар (рисунок 3).

В верховьях реки р. Амударьи у створа Термез среди анионов преобладает сульфатный ион, на втором месте – гидрокарбонатный ион, на третьем месте – хлоридный ион.

При этом, например, с ростом минерализации от 0,47 до 1,10 г/л содержание сульфатного иона возрастает с 0,10 до 0,32 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,82.

Среди катионов преобладает натрий, на втором месте – ион кальция, на третьем – ион магния. При этом с ростом минерализации от 0,47 до 1,10 г/л содержание иона магния возрастает с 0,18 до 0,48 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,58.

В низовьях реки у створа г. Нукус (к. Саманбай) среди анионов также преобладает сульфатный ион, на втором месте – хлоридный ион, на третьем месте – гидрокарбонатный ион.

При этом, например, с ростом минерализации от 0,96 до 3,30 г/л содержание сульфатного иона возрастает с 0,21 до 1,20 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,95.

Среди катионов преобладает натрий, на втором месте – ион кальция, на третьем – ион магния.

При этом, например, с ростом минерализации от 0,96 до 3,30 г/л содержание натрия возрастает с 0,10 до 0,63 г/л. Для данного иона коэффициент корреляции равен 0,96.

Таким образом, видно, что при движении речной воды от верховий к низовьям преобладающий химический состав изменяется с гидрокарбонатно-сульфатного кальциево-натриевого (ГС – КН) на хлоридно-сульфатный магниевый-кальциево-натриевый (ХС – МКН).

Выводы

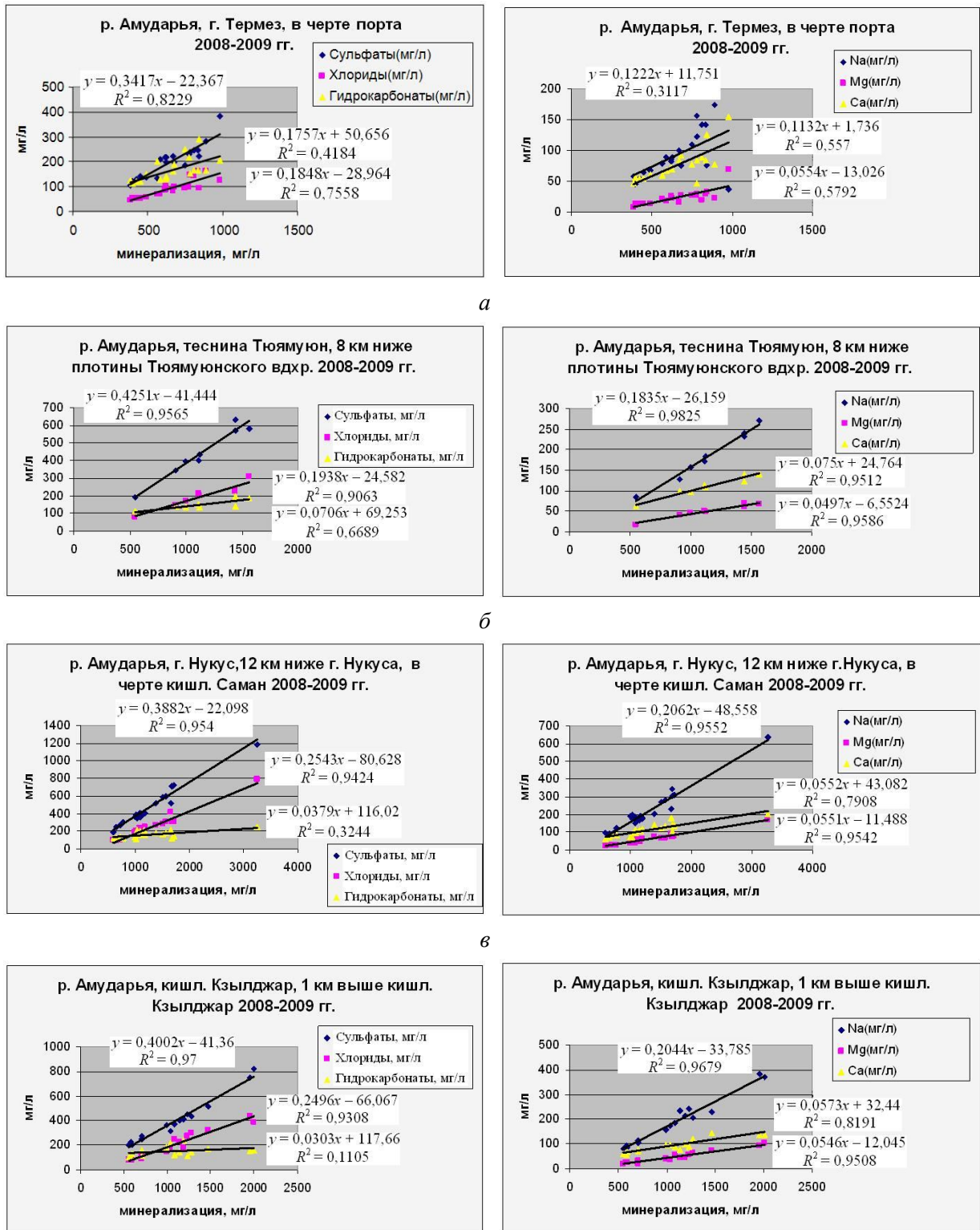
1 Рациональное использование водных ресурсов р. Амударьи и управление ими требует тщательного изучения ее настоящего и прежнего гидрологического и гидрохимического режима.

2 Проведенный анализ собранных гидрологических данных показал, что водность р. Амударьи в 1970–1990 гг. была выше, чем 2000–2015 гг.

3 За основу методического подхода принят бассейновый метод, когда минерализация и химический состав речных вод ухудшаются по мере поступления солей в результате рассоления почв и пород орошаемых массивов, оно происходит по определенным геохимическим стадиям: от хлоридно-натриевой до послесодовой.

4 Были проанализированы многолетние изменения минерализации и химического состава на гидрологических створах (за 1931–2015 гг.), замыкающих верхнее, среднее и нижнее течение р. Амударьи. Выявлено, что до впадения в Аральское море минерализация воды этой реки возросла с 0,51 до 1,65 г/л, а химический состав изменился с гидро-

карбонатно-хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого (ГХС – НК) до сульфатно-хлоридного магниевое-кальциево-натриевого (СХ – МКН), это указывает на тот факт, что пока не произошло улучшения мелиоративного состояния орошаемых массивов.



а – Термез; б – теснина Тюямун; в – Нукус (Саманбай); г – Кызылжар (слева приведены графики связи для анионов, справа – для катионов)

Рисунок 3 – Зависимости изменения содержания главных ионов от величины минерализации воды р. Амударья у створов

Список использованных источников

1 Ковда, В. А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв / В. А. Ковда. – М.: Колос, 1984. – 240 с.

2 Чембарисов, Э. И. Методика гидроэкологического мониторинга оценки качества поверхностных вод / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник // Проблемы освоения пустынь: междунар. науч-практ. журн. – 2005. – № 1. – С. 32–36.

3 Минерализация и химический состав речных вод бассейна Амударьи / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Т. Э. Чембарисов // Проблемы освоения пустынь: междунар. науч-практ. журн. – 2013. – № 3–4. – С. 54–58.

4 Чембарисов, Э. И. Изучение современного гидрологического и гидрохимического режимов воды р. Амударьи в целях обеспечения гидроэкологической безопасности / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник // Водная, энергетическая и продовольственная безопасность в странах ВЕКЦА: проблемы и решения: сб. науч. тр. – Ташкент: НИЦ МКВК, 2013. – Вып. 6. – С. 141–148.

5 Чембарисов, Э. И. О многолетних изменениях водности рек бассейна реки Амударьи / Э. И. Чембарисов, Т. Ю. Лесник, А. Б. Насрулин // Водные ресурсы и водопользование: науч.-техн. журн. – 2016. – № 2(145). – С. 44–48.

6 Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударьи) / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Qaraqalpaqstan, 2016 – 188 с.

**Международная научно-практическая конференция
«Развитие оросительных мелиораций в условиях дефицита
водных и энергетических ресурсов»**

УДК 631.67.03/502.65

Н. М. Иванютин, С. В. Подвалова

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

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОД РЕКИ САЛГИР И ИХ ОЦЕНКА ПО СТЕПЕНИ
ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ**

Проблема экологического состояния водных объектов является актуальной для всего Крыма. В результате проведения научных исследований были изучены процессы формирования и изменения качества вод реки Салгир. При анализе величин химических показателей выявлена динамика изменчивости некоторых составляющих на всей протяженности реки, что является результатом процессов трансформации качества воды в природно-хозяйственных условиях пяти районов, по территории которых протекает р. Салгир. Основная цель исследований заключалась в изучении химического состава водных ресурсов р. Салгир для определения их пригодности в ирригации, изменчивости качественных характеристик стока на всей протяженности реки (от истока до устья); рассмотрении основных источников, влияющих на качественные показатели водных ресурсов бассейна р. Салгир; разработке мероприятий по сохранению экологического баланса главной водной артерии полуострова. Исследования проводились в 2016 г. Работа была выполнена на основании натурных обследований водных объектов бассейна р. Салгир в выбранных створах и полученных результатов химических анализов воды.

Ключевые слова: река Салгир, загрязнение вод, качество воды, орошение, антропогенная нагрузка, гидрохимические показатели.

Введение. Антропогенное воздействие на поверхностные водные объекты Республики Крым остается высоким. С учетом роста численности населения, увеличивающихся масштабов урбанизации и освоения территорий это воздействие на водные объекты будет только возрастать. Это, в свою очередь, будет вызывать снижение экологического благополучия водных объектов и деградацию водных экосистем.

Для Крыма проблема недостатка пресной воды всегда была актуальной из-за засушливого климата и особенностей развития речной сети. Воды реки Салгир, как самой длинной на полуострове, а также ее притоков (особенно Бююк-Карасу) имеют большое хозяйственно-питьевое и сельскохозяйственное значение. Бассейн р. Салгир занимает 14 % площади полуострова, здесь построено пять водохранилищ (Аянское, Симферопольское, Балановское, Тайганское, Белогорское), имеется более 400 прудов, которые являются источниками хозяйственно-питьевого назначения. Кроме того, в бассейне Салгира находятся элементы оросительных систем и водохозяйственного комплекса Северо-Крымского канала, в настоящее время они используются для переброски вод в восточную часть полуострова. Река Салгир является одним из немногих местных источников качественной воды в засушливом Крыму. Поэтому существует достаточно жесткая конкуренция между разными водопользователями (жилищно-коммунальное хозяйство, сельское хозяйство, промышленность). Они потребляют значительную часть этого ресурса. Такая большая нагрузка создает необходимость комплексного подхода к потреблению водных ре-

сурсов р. Салгир и защите их от загрязнения и истощения [1]. Воды Салгира используются для различных нужд народного хозяйства, перед этим проходя дополнительную подготовку, а для целей орошения очистка вод не проводится. Именно поэтому следует проводить комплексную оценку качественных характеристик вод реки.

Охрана водосборных бассейнов рек является самым необходимым условием накопления качественной воды, однако, в последнее время источников поступления загрязнителей в реку становится все больше. Такими источниками в настоящее время являются объекты жилищно-коммунального хозяйства и промышленности, поверхностный смыв с городских территорий, сточные воды, поступающие от разнообразных объектов, стихийные свалки бытового мусора, неканализованная застройка долины реки (от села Перевального до Симферопольского водохранилища и т. д.). Проблема еще больше обострилась вследствие активной застройки водосборной площади реки объектами общественного питания, мини-гостиницами, автозаправками и другими предприятиями малого бизнеса. В процессе проведения полевых работ были обнаружены места, в которых незаконно ведется забор воды с помощью электронасосов и сброс в нее хозяйственно-бытовых стоков.

Материалы и методы. В соответствии с поставленными задачами в процессе исследования применялись следующие методы: аналитический (проведен сбор и систематизация первичной информации по качественным характеристикам вод р. Салгир), специальные (по собранным материалам были составлены таблицы, построена карта бассейна р. Салгир с основными притоками), а также методы статистической обработки и сравнительного анализа. В ходе работ были проведены полевые исследования р. Салгир с отбором проб воды на химический анализ (рисунок 1, таблицы 1 и 2).

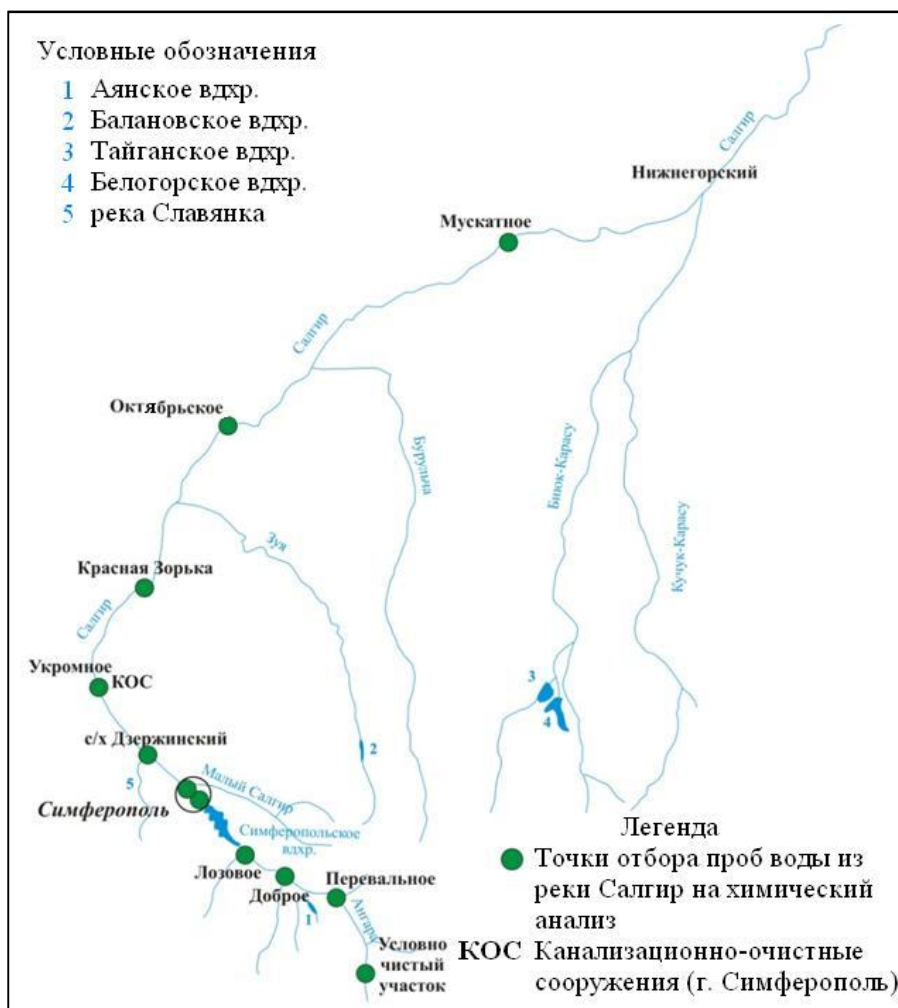


Рисунок 1 – Карта-схема точек пробоотбора воды из р. Салгир

Таблица 1 – Месторасположение точек отбора проб воды из р. Салгир

Номер пробы	Месторасположение точки пробоотбора
1	р. Ангара – 2 км выше с. Перевального (условно чистый участок)
2	р. Салгир – с. Перевальное (исток)
3	р. Салгир – с. Лозовое (500 м до Симферопольского водохранилища)
4	Симферопольское водохранилище
5	р. Салгир – г. Симферополь (250 м после Симферопольского водохранилища)
6	р. Салгир – г. Симферополь (отстойник Салгирской оросительной системы)
7	р. Салгир – г. Симферополь
8	р. Салгир – г. Симферополь (100 м ниже слияния с р. Славянкой)
9	р. Салгир – с. Укромное (100 м выше выпуска КОС г. Симферополя)
10	р. Салгир – с. Укромное (150 м ниже выпуска КОС г. Симферополя)
11	р. Салгир – пгт. Гвардейское
12	р. Салгир – с. Красная Зорька
13	р. Салгир – Красногвардейский район (2 км от пгт. Октябрьского)
14	р. Салгир – с. Мускатное

Таблица 2 – Результаты химического анализа проб воды из р. Салгир

Номер пробы	Сухой остаток	Взвешенные вещества	Электропроводность	рН	В мг/дм ³						
					HCO_3^-	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	SO_4^{2-}
1	188	13,00	0,270	8,25	85	16	110	80	1,3	1,5	30
2	244	19,00	0,310	8,19	92	16	130	61	1,3	4,5	-
3	338	0,85	0,500	8,10	213	42	74	13	2,3	14,0	30
4	238	2,90	0,400	8,32	122	42	90	26	2,5	11,0	25
5	336	12,00	0,470	8,30	512	76	78	16	3,0	11,0	36
6	632	33,00	0,910	8,31	354	70	120	22	3,4	42,0	45
7	472	2,50	0,730	8,42	244	57	182	16	2,3	21,0	36
8	564	7,20	0,890	8,53	335	94	109	19	3,4	43,0	45
9	678	53,00	0,940	8,20	366	80	130	20	6,0	49,0	144
10	551	110,00	0,890	7,62	317	83	106	18	8,8	53,0	117
11	597	15,00	0,820	7,80	250	75	190	30	4,0	25,0	40
12	964	4,80	1,320	7,90	323	120	162	22	4,8	58,0	-
13	560	68,00	0,784	8,55	262	80	152	26	8,5	47,0	45
14	587	59,00	0,800	8,30	295	61	180	19	3,0	35,0	38

Для определения пригодности водных ресурсов для целей орошения в лаборатории агрохимических исследований ФГБУН «НИИСХ Крыма» выполнялись анализы по сокращенному перечню показателей: минерализация, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , а также рН и взвешенные вещества. Для проведения комплексной оценки качества воды для целей орошения использовались распространенные методы расчета, принятые в Российской Федерации.

Результаты и обсуждение. Концентрация в городах населения и значительного промышленного потенциала приводит к тому, что городские агломерации все больше превращаются в мощные источники загрязнения водных объектов. Высокая плотность населения (коммунальные сточные воды), огромный промышленный потенциал

(промышленные сточные воды), большие площади городской застройки (ливневые сточные воды), значительные площади подтопляемых городских территорий (дренажные сточные воды) обуславливают формирование так называемых городских сточных вод. Город Симферополь является самым мощным загрязнителем вод р. Салгир. С его очистных сооружений ежегодно сбрасывается около 40–45 млн м³ сточных вод, что составляет около 35–40 % от их общего сброса в природные водные объекты полуострова [2].

На основании полученных в процессе исследований данных, а также сведений, которые будут собраны в будущем, намечается разработка плана выполнения первоочередных мероприятий по улучшению экологического состояния бассейна реки.

Так, на территориях прибрежных защитных полос вдоль рек и вокруг водоемов запрещается: разорение земель; хранение и применение пестицидов и удобрений; обустройство летних лагерей для животных; строительство каких-либо сооружений, кроме гидротехнических, гидрометрических и линейных; мойка и обслуживание транспортных средств и техники; организация свалок мусора, навозохранилищ, накопителей жидких и твердых отходов производства, кладбищ, скотомогильников.

На гидрохимические показатели качества воды р. Салгир влияют следующие факторы:

- природные (ландшафтные и гидрографические), которые характеризуются:

а) большой протяженностью (204 км) и водосборной площадью (3750 км²) р. Салгир. Река пересекает районы с разными видами природопользования и хозяйственной деятельности. Воды реки зааккумулированы в пяти водохранилищах, используемых для различных целей народного хозяйства;

б) река протекает по четырем физико-географическим областям – полупустынной Присивашской, степной, предгорной и области северного макросклона Крымских гор;

в) источники, формирующие воды р. Салгир, находятся в Крымских горах, которые сложены в основном карстующимися известняками. Вода, проходя через карстовые породы, обогащается карбонатами и гидрокарбонатами [3]. Это также способствует быстрой инфильтрации загрязненных поверхностных вод (при хозяйственной деятельности человека в местах формирования водных ресурсов полуострова – поверхностных и подземных) и попадания их в реки, водохранилища, подземные водоносные горизонты;

- антропогенные:

а) урбанизированность ландшафта;

б) в пределах водосборной площади расположены заводы и коммунальные хозяйства, сбрасывающие неочищенные сточные воды в реку;

в) развитие орошаемого земледелия (сбрасываемые коллекторно-дренажные воды имеют минерализацию в несколько раз выше речной и обогащают ее ионами хлора, натрия и др.).

Каждый из показателей качества воды, полученный в результате проведения химического анализа, несмотря на то, что несет информацию о ее составе, не может в полной мере охарактеризовать качество воды, так как не позволяет судить о значениях других показателей и совокупном их воздействии. Поэтому результатом определения качества воды должна являться комплексная оценка по общепринятым в РФ методикам (таблица 3). Так как водные ресурсы, используемые при орошении сельскохозяйственных культур, являются главным фактором воздействия на компоненты природной среды, к которым относятся грунт, растения и элементы оросительной сети, то в результате проведения комплексной оценки можно добиться предотвращения негативного воздействия на перечисленные выше компоненты.

Комплексная оценка орошаемой воды позволит учитывать воздействие ряда показателей на агрономические (урожайность сельскохозяйственных культур, качество сельхозпродукции, сохранение плодородия почв); технические (сохранность гидромелиоративных систем) и экологические (обеспечение санитарно-гигиенической обстановки на данной территории) критерии.

Таблица 3 – Перечень методов, использованных для расчета пригодности вод р. Салгир для целей орошения

Метод расчета	Расчетная формула
1 Паспорт воды (формула Курлова)	Формула Курлова – стандартный вид записи информации о природной воде или источнике
2 Опасность общего засоления почвы по величине минерализации	Рассчитывается по величине общей минерализации воды (согласно классификации А. Н. Костякова)
3 Оценка качества оросительной воды по ирригационному коэффициенту Стеблера	
4 Определение степени осолонцевания по: - натриевому адсорбционному отношению по [4, п. 5, прил. 4] - натриевому показателю по [4, п. 5 прил. 4] - магниевому показателю по [4, п. 5, прил. 4] - степени опасности осолонцевания почв [4, прил. 5]	$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{0,5(rCa + rMg)}}$ где Na, Ca, Mg – концентрация катионов $П_{Na} = \frac{Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+} \times 100$ $П_{Mg} = \frac{Mg^{++}}{Ca^{++} + Mg^{++}} \times 100$
5 Оценка по опасности содообразования в почве (по содержанию остаточного бикарбоната натрия) по [4, прил. 6]	Рассчитывается по формуле Итона: $NaHCO_3 = (HCO_3) - (Ca + Mg)$
6 Оценка по показателям натриево-адсорбционного отношения (SAR) и электропроводности оросительной воды	Оценка стабильности структурного состояния почвы, обусловленная качеством воды
7 Оценка по величине жесткости по [5]	В пределах 7–10 мг-эquiv./дм ³ вода пригодна для орошения

От орошения водой с оптимальным содержанием различных химических веществ зависят процессы, протекающие в почве (биологические, химические и физико-химические, передвижение веществ и формирование почвенного профиля, ее физико-механические свойства, то есть, важнейшие показатели почвенного плодородия) и растениях. Растения нормально развиваются и дают стабильные урожаи при поливе качественной водой.

Паспорт воды (формула Курлова). В соответствии с результатами анализов и рассчитанной по ним формулой Курлова антропогенное воздействие на качественные характеристики речной воды наблюдается на всем протяжении реки, т. е. по мере продвижения от верхних звеньев гидрографической сети к нижним происходит повышение минерализации в 5 раз и 30-кратное обогащение вод ионами Na.

Изменяется и паспорт воды, если в верхнем течении преобладают гидрокарбонаты (результат вымывания известняковых пород), то в среднем течении хлориды (результат попадания в воду промышленных и хозяйственных сточных вод).

Оценка по величине минерализации (по А. Н. Костякову). В РФ продолжает широко использоваться классификация оросительной воды по А. П. Костякову (таблица 4).

Нормирование минерализации должно устанавливаться в каждом конкретном случае индивидуально, так как оно зависит от многих факторов: типа почвы, климати-

ческих, мелиоративных и агротехнических условий, качественного состава катионов и анионов в воде, количественного состава воды, используемой для полива техники, вида выращиваемых растений. В настоящее время классификация вод в зависимости от вышеперечисленных факторов не разработана.

Таблица 4 – Характеристика ирригационных свойств воды в зависимости от степени ее минерализации по А. П. Костякову

Минерализация, г/дм ³	Номер пробы	Оценка качества
Менее 0,4	1–5	Хорошая
0,4–1,0 (пресная)	6–14	Ограниченное применение с учетом местных природных и ирригационных условий
1,0–1,5	Нет	Безвредная
1,0–3,0	Нет	Опасная
Более 3,0	Нет	Вероятно вторичное засоление

Например, на хорошо проницаемых и дренированных почвах можно использовать при поливе более минерализованную, чем на тяжелых почвах (со слабым дренажем или без него) воду. Согласно [6] вода, используемая в системах внутрпочвенного орошения должна иметь минерализацию не более 1,0 г/дм³. Особо стоит отметить, что вода с показателем минерализации 5,0 г/дм³ (предельная норма) может использоваться только в виде исключения при наличии хорошего дренажа и применения поливов промывного типа.

Согласно результатам лабораторных анализов, по степени минерализации вода р. Салгир пригодна для целей орошения.

Оценка качества оросительной воды по ирригационному коэффициенту Стеблера. Для установления ирригационных качеств воды, с целью проведения ее оценки возможности осолонцевания почв используют щелочную характеристику, т. е. рассчитывают ирригационный коэффициент, называемый также щелочным коэффициентом Стеблера.

В зависимости от значения ирригационного коэффициента качество воды оценивается по таблице 5.

Таблица 5 – Оценка пригодности воды для орошения по ирригационному коэффициенту Стеблера

Ирригационный коэффициент	Номер пробы	Качество воды	Степень пригодности воды	Предупредительные меры
Более 18,0	1–9, 11, 13, 14	Хорошее	Вода пригодна для орошения	Не требуются
18,0–6,0	10, 12	Удовлетворительное	Вода пригодна для орошения после предварительной обработки ее или почвы (гипсование, подкисление)	Необходимы меры для устранения образования в почвах щелочей (гипсование и др.)
6,0–1,2	Нет	Неудовлетворительное	Можно применять воду для орошения лишь после ее глубокой предварительной обработки	Искусственный дренаж, профилактика почв
Менее 1,2	Нет	Плохое	Вода не пригодна для орошения	

Согласно результатам анализов и рассчитанному коэффициенту Стеблера, воды р. Салгир по вероятности осолонцевания почв пригодны для целей орошения, за исключением вод в точках № 10 и 12.

Оценка качества поливной воды по степени опасности осолонцевания почв:

- по натриево-адсорбционному отношению, которое характеризует относительную активность ионов натрия и рассчитывается по формуле:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{0,5(rCa + rMg)}},$$

где Na, Ca, Mg – концентрация катионов, мг-экв./л.

При значениях:

SAR < 10 – опасность осолонцевания почв низкая, оросительные воды считаются безопасными;

SAR = 8–18 – опасность осолонцевания средняя;

SAR = 18–26 – опасность осолонцевания высокая;

SAR > 26 – опасность осолонцевания очень высокая, вода непригодна для орошения.

При оценке пригодности воды по опасности засоления, наряду с качеством воды следует учитывать условия использования – режим и технику орошения, почвенно-мелиоративные условия и степень дренированности территории.

При длительном использовании воды с высоким показателем SAR натрий замещает другие элементы в почвенном поглощающем комплексе, ухудшается структурность почвы и ее водопроницаемость. Повышенное содержание кальция и магния снижает вредоносное влияние натрия, поэтому при высоком показателе SAR рекомендуется провести гипсование почвы с целью вытеснения натрия из почвенного поглощающего комплекса.

Согласно результатам расчетов всех проб воды можно сделать вывод, что опасность осолонцевания почв по натриево-адсорбционному отношению при использовании этих вод для орошения низкая, поэтому они пригодны по данному виду оценки для полива;

- по натриевому показателю, который рассчитывается по формуле:

$$П_{Na} = \frac{Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+} \times 100.$$

При $П_{Na} > 50\%$ существует опасность осолонцевания почвы. Использование такой воды для полива недопустимо.

Согласно результатам расчетов всех проб воды можно сделать вывод, что опасность осолонцевания почв по натриевому показателю при использовании этих вод для орошения низкая, поэтому они пригодны для полива;

- по магниевому показателю, который рассчитывается по формуле:

$$П_{Mg} = \frac{Mg^{++}}{Ca^{++} + Mg^{++}} \times 100.$$

Магний неблагоприятно воздействует на почву при его содержании в воде более 50 % от суммы ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$). Он усиливает адсорбирование натрия (Na^+) почвой в случае ее контакта с водой и увеличивает вредное воздействие натрия на почву.

При $П_{Mg} > 50\%$ существует опасность магниевого засоления почвы. Использование такой воды для полива недопустимо.

В результате анализа данных химического состава установлено, что в пробах 1, 2 значение $П_{Mg}$ находится в пределах 44–55 %, что свидетельствует о возможности использования этих вод для полива с осторожностью. Воды остальных участков пригодны для целей орошения;

- классификация поливных вод по степени опасности осолонцевания почв представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Классификация поливных вод по степени опасности осолонцевания почв

Класс воды	Номер пробы	Возможность использования воды
I	1–5, 7	Вполне пригодна для всех культур и типов почв
II	6, 8–14	Пригодна для большинства культур и типов почв

В результате проведенной оценки воды р. Салгир в верхнем течении пригодны для целей орошения всех культур и типов почв, а воды нижнего течения пригодны для полива большинства культур и типов почв.

Оценка качества поливной воды по показателям натриево-адсорбционного отношения (SAR) и электропроводности оросительной воды (ЕСw). Для определения степени засоления почв и оценки качества оросительной воды широко используют величину электропроводности (ЕСw).

Электропроводность не нормируется, но величина 2000 мкСм/см примерно соответствует общей минерализации в 1000 мг/дм³. Нормируемые величины минерализации приблизительно соответствуют удельной электропроводности 2 мСм/см (1000 мг/дм³) и 3 мСм/см (1500 мг/дм³).

Поливная вода влияет на стабильность структурного состояния почвы, а при нарушениях в ее структуре могут возникнуть сложности с просачиванием воды вглубь нее. Оценка по показателям SAR и величине электропроводности воды в период проведения исследований показала, что во всех отобранных из р. Салгир пробах показатель SAR был в пределах 0,02 до 1,69, что не превышает показателя 3,00. Однако значения электропроводности варьировались от 0,27 до 1,32 мСм/см, следовательно, при орошении водой из точек № 1–3, 5, 12 возможно возникновение проблем средней степени сложности из-за пониженной электропроводности воды, связанные с физическим и химическим засорением капельниц, натриевым осолонцеванием почвы, а также стабильностью ее структурного состояния.

Оценка качества поливной воды по показателю жесткости. Так как в результате проведения анализов содержание кальция и магния определялось отдельно, то для подсчета общей жесткости мы суммировали эти два элемента, переведенные в мг-экв./л, и охарактеризовали пригодность воды по величине жесткости. Жесткость воды должна быть в пределах 7–10 мг-экв./дм³. При оценке жесткости воды ее характеризуют следующим образом (таблица 7).

Таблица 7 – Оценка воды по степени жесткости

Качество воды	Номер пробы	Жесткость, мг-экв./дм ³
Очень мягкая	Нет	До 1,5
Мягкая	Нет	1,5–4,0
Средней жесткости	3–6, 8, 10	4,0–8,0
Жесткая	2, 7, 9, 11–14	8,0–12,0
Очень жесткая	1	Более 12,0

Из результатов анализа проб воды на жесткость следует, что воды р. Салгир от истока и по всему течению претерпевают изменения, которые связаны с возрастанием антропогенной нагрузки. Жесткость увеличивается с 4,78 до 13,37 мг-экв./дм³. Повышенная жесткость отрицательно влияет на растения, так как высокое содержание солей кальция и магния, которые обуславливают повышенную жесткость, приводит к переходу важнейших элементов питания в соединения, недоступные для растений.

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- основными причинами загрязнения вод р. Салгир являются:

а) сброс неочищенных и недостаточно очищенных коммунально-бытовых и промышленных сточных вод непосредственно в водные объекты и через систему городской канализации;

б) поступление в водные объекты загрязняющих веществ от поверхностного стока воды с застроенных территорий и сельхозугодий;

- избыточная антропогенная нагрузка на водные объекты в результате экстенсивного способа ведения хозяйства привела к кризисному уменьшению способности самоочищения реки и истощению ее водоресурсного потенциала;

- каждый из показателей качества воды, отдельно полученный в результате проведения химического анализа, несмотря на то, что несет информацию о составе воды, не может в полной мере охарактеризовать ее качество. Поэтому для определения качества воды необходима комплексная оценка по общепринятым в РФ методикам;

- водные ресурсы, используемые при орошении сельскохозяйственных культур, являются главным фактором воздействия на компоненты природной среды, к которым относятся грунт, растения и элементы оросительной сети. В результате проведения комплексной оценки можно предотвратить негативное влияние на вышеперечисленные компоненты;

- в соответствии с результатами анализов и рассчитанными показателями качества воды антропогенное воздействие на качественные характеристики речной воды наблюдается на всем ее протяжении, т. е. по мере продвижения от истока к устью;

- использование вод р. Салгир для целей орошения возможно, однако в некоторых случаях могут проявляться такие негативные процессы, как осолонцевание, засорение капельниц систем орошения, поэтому необходимо применение дополнительных мер по улучшению качества воды.

Список использованных источников

1 Волкова, Н. Е. Водообеспеченность аграрного сектора республики Крым и пути ее повышения / Н. Е. Волкова, В. И. Ляшевский, В. В. Попович // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – № 1(3). – С. 68–72.

2 Кременской, В. И. Водоотведение сточных вод в бассейне реки Салгир / В. И. Кременской, М. А. Панина, С. В. Подовалова // Водные ресурсы Украины и мелиорация земель: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Киев, 2013. – С. 115–116.

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. – 2015. – № 1(164). – С. 40–49.

4 Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85: утв. Госстроем СССР 17.12.85: введ. в действие 01.07.86. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

5 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: СанПиН 2.1.4.1175-02: утв. Минздравом России 17.11.02: введ. в действие 01.03.03. – М., 2003.

6 СТО НОСТРОЙ 2.33.20-2011. Мелиоративные системы и сооружения. Часть 1. Оросительные системы. Общие требования по проектированию и строительству: стандарт организации. – Введ. 2011-12-05. – М.: Изд-во БСТ, 2012. – 139 с.

УДК 628.125

А. М. Джапарова

Институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПРЕСНЕННОЙ МОРСКОЙ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ

В Республике Крым после вхождения в состав Российской Федерации и перекрытия Северо-Крымского канала остро встал вопрос поиска альтернативных ис-

точников по пополнению запасов пресной воды. В качестве одного из вариантов рассматривается возможность опреснения морской воды, так как Крымский полуостров с северо-востока омывается Азовским, а с юга и запада – Черным морем. Республика Крым испытывает недостаток в энергоресурсах: электроэнергии (отсутствие атомной энергии), природном газе, твердом топливе, поэтому опреснять морскую воду необходимо по самым передовым ресурсосберегающим технологиям. Рассмотрены энергосберегающие методы опреснения морской и высокоминерализованной поверхностной и подземной воды. Если в 2013 г. забор морской воды составил 0,2 % от общего количества, то в 2015 г. он достиг 7,9 %, т. е. произошло увеличение в 40 раз, причем объемом всей забранной воды уменьшился в 6,1 раза.

Ключевые слова: орошение, водные ресурсы, водообеспечение, водоснабжение, использование воды, потери воды, опреснение.

Недостаток в пресной воде испытывают в более чем 80 странах мира, это связано главным образом с ростом промышленного производства, увеличением численности населения, ухудшением экологической обстановки, нерациональным использованием водных ресурсов и климатическими изменениями. Крымский полуостров характеризуется недостаточным увлажнением, относится к территории с засушливым климатом, где выпадает менее 400 мм осадков в год. При таких значениях невозможно ведение сельского хозяйства без дополнительных источников воды. Решение задачи стабильного снабжения питьевой водой населения Крыма нуждается в комплексном подходе, учитывающем множество разноплановых факторов. На данный момент на полуострове существуют два основных варианта получения пресной воды, которая при соответствующей подготовке может использоваться для питьевых, хозяйственно-бытовых нужд и орошения, это вода из водохранилищ естественного стока и вода артезианских скважин и каптированных источников.

В настоящий момент Крымский полуостров не может рассчитывать на днепровскую воду из Северо-Крымского канала по политическим причинам, поэтому рассмотрим возможность получения пресной воды путем опреснения морской. Состояние поверхностных и подземных источников в Крыму по токсикологическим, общесанитарным и органолептическим показателям ухудшается, поэтому очистка и предподготовка обходится не намного дороже, чем опреснение морской воды.

Опреснительные станции строят во многих странах, в которых ощущается недостаток в питьевой и технической воде, самые мощные установки расположены на Ближнем Востоке, например, в Саудовской Аравии работают установки, производящие до 400 тыс. м³ пресной воды в сутки. Сегодня в мире ежегодно около 2 млрд м³ питьевой воды добывается методом опреснения, и в условиях растущего дефицита водных ресурсов это количество постоянно увеличивается. В 2014 г. производство опресненной воды в Саудовской Аравии составило 1107,6 млн м³ в год.

Большая часть опреснительных станций использует метод многоступенчатого мгновенного выпаривания, при котором морская вода испаряется последовательно через множество камер с постепенным понижением давления. Данная технология для больших объемов считается более экономичной, чем обратный осмос, хотя у испарительных технологий существуют проблемы с коррозией и накипью. В Саудовской Аравии на производство 1 м³ опресненной воды затрачивается около 5 кВт·ч электроэнергии.

Из всего объема получаемой в мире опресненной воды 71,5 % приходится на долю дистилляционных опреснительных установок, 19,0 % – обратноосмотических, 9,4 % – электродиализных, 0,1 % – замораживающих и ионообменных [1].

На данный момент ни один из методов опреснения при получении питьевой или технической воды не является универсальным, ресурсосберегающим. В случае отсутствия близлежащих запасов пресной воды альтернативы опреснению нет, поскольку транспортировка пресной воды из естественного источника, удаленного более чем на 160 км, оказывается дешевле опреснения только при водопотреблении до 11 тыс. м³/сут [2]. Оп-

реснение морской воды предполагает строительство установок рядом с водоемом, так как эксплуатация вдали от источника приводит к повышению себестоимости воды. При работе опреснительных установок в море сливается концентрированный рассол, что оказывает на окружающую природную среду неблагоприятное воздействие, поскольку в водоем поступает большое количество загрязняющих веществ, которые вносятся в воду при очистке, и сброс рапы приводит к повышению солености в данном районе.

Современные технологии опреснения морских и минерализованных вод подразделяются на две принципиальные группы: опреснение без изменения агрегатного состояния воды; опреснение, связанное с промежуточным переходом жидкого агрегатного состояния в твердое или газообразное (паровое). К первой группе относятся химические, электрохимические методы, а также ультрафильтрация. Ко второй группе – вымораживание и дистилляция (термическое опреснение) [2].

Рассмотрим преимущества и недостатки наиболее распространенных методов опреснения воды. При ионном обмене получается пресная вода нормативного качества, метод технологически отработан и надежен при различных параметрах исходной воды: минимальные объемы питающей воды и образующихся отходов, небольшие капитальные вложения и энергозатраты. Недостатками ионного обмена считаются применение агрессивных реагентов и необходимость их утилизации, увеличение эксплуатационных расходов при повышении солесодержания опресняемой воды.

При опреснении обратным осмосом образуется вода высокого качества, используется небольшое количество реагентов, возможен сброс рассола без обработки в канализацию, относительно низкие эксплуатационные затраты, высокий уровень автоматизации процессов. К недостаткам обратного осмоса относятся необходимость предварительной подготовки исходной воды, непрерывность работы опреснительной установки, капитальные и энергетические затраты, большой объем сбросных вод, химическая промывка селективного фильтра от накапливающихся примесей.

Термический метод характеризуется минимальным количеством применяемых реагентов и сбросом солей в окружающую среду, высоким качеством опресненной воды, возможностью использовать излишнее тепло. К недостаткам можно отнести необходимость предварительной подготовки, применение антинакипных добавок, тепловое загрязнение окружающей среды и существенные энергетические и капитальные затраты.

Нигде на территории Крыма проблема опреснения морской воды в промышленных масштабах на сегодняшний момент не была решена. В одном из отелей поселка Новый Свет (Судак) в 2013 г. установили первую в Крыму установку по опреснению морской воды. Качество получаемой питьевой воды соответствует СанПиН 2.1.4.1175-02. Комплекс по забору, очистке, обессоливанию, обеззараживанию питьевой воды для централизованного водоснабжения работает по методу обратного осмоса с максимальной мощностью 80 м³/сут, при этом себестоимость питьевой воды составляет 40 руб./м³.

Компания «КрымТЭЦ» в 2014 г. построила на Камыш-Бурунской ТЭЦ в Керчи установку для опреснения морской воды производительностью 50 м³/ч. Полученная таким образом вода будет использоваться для подпитки теплосети и паровых котлов, что значительно снизит нагрузку на сети городского водоканала. Это, в свою очередь, поможет улучшить водоснабжение Керчи. Для осветления морской воды используется мембранная технология ультрафильтрации, для опреснения применяется мембранная технология обратного осмоса, для умягчения – ионообменная технология Na-катионирования.

В Первомайском районе в четырех хозяйствах подземные воды имеют минерализацию 1,6–6,0 г/дм³, поэтому здесь применяются опреснительные установки для удовлетворения потребностей питьевого водоснабжения. В Красноперекопском, Сакском, Бахчисарайском, Раздольненском, Красногвардейском районах соленость подземных вод повышается вследствие увеличения отбора воды и подтягивания высокоминерализованных вод из нижележащих морских водоносных горизонтов [3].

Проблемами строительства опреснительных установок в Крыму становятся

энергоснабжение (строительство электростанции) и забор воды. В зависимости от выбора типа электростанции (тепловой, солнечной, газовой или атомной) возникают различные вопросы как технологического характера, так и связанные с защитой окружающей среды. В частности, современные стандарты возведения безопасных комплексов требуют соблюдения специальных директив, которыми запрещается брать воду непосредственно из морской акватории.

Во Всемирном фонде природы считают, что получение питьевой воды путем опреснения морской является не только слишком дорогим, энергозатратным, но и опасным. Объясняется это тем, что выбросы заводов по опреснению содержат много соли, и если их сбрасывать в приморские районы, можно нанести вред природе. При опреснении возникает проблема неэффективного использования водных ресурсов, поэтому для Республики Крым необходимы капиталовложения в обновление системы водоснабжения, орошения и очистку сточных и коллекторно-дренажных вод. В Крыму ежедневно в канализацию сливается 600 тыс. м³ загрязненных вод, которые после очистки и дезинфекции можно использовать для орошения сельскохозяйственных культур.

Динамика забора воды по основным источникам за период с 2006 по 2015 г. приведена в таблице 1 [4].

Таблица 1 – Динамика забора воды в Республике Крым (без г. Севастополя)

Показатель	Забор воды по годам, млн м ³									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Забрано всего воды, в том числе:	1456,0	1542,0	1396,0	1597,4	1547,4	1591,4	1624,3	1553,8	310,3	253,5
- подземной	106,0	102,4	98,7	92,8	86,7	80,1	79,7	68,5	69,5	95,1
- морской	3,9	3,9	3,3	4,6	4,8	4,6	2,6	2,7	3,8	19,9
- пресной поверхностной	1346,1	1435,7	1294,0	1500,0	1456,0	1506,7	1542,0	1482,6	237,0	138,5

В период с 2009 по 2012 г. наблюдалось увеличение объема забранной свежей воды, это происходило за счет роста забора днепровской воды из Северо-Крымского канала и более интенсивного использования местного стока. В 2013 г. забор воды сократился на 4,34 % за счет уменьшения забранных объемов из поверхностных и подземных источников. С 2012 по 2013 г. отбор морской воды снизился по сравнению с 2011 г. на 44 % [5]. Если в 2013 г. он составил 0,2 % от общего забранного количества, то в 2015 г. он достиг 7,9 %, т. е. произошло увеличение в 40 раз, причем объем всей забранной воды уменьшился в 6,1 раза.

Морская вода используется в основном в промышленности и коммунальном хозяйстве Крыма, а источниками водозабора являются бассейны Черного и Азовского морей. По данным Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым в 2015 г. допустимый объем забора морской воды составил 2,93 млн м³, в том числе из Черного моря – 2,76 млн м³, а было использовано 1,12 млн м³, из Азовского моря лимит отбора равен 0,17 млн м³, а было забрано 18,74 млн м³, что в 11 раз превышает норматив.

Актуальной проблемой охраны водных ресурсов и исключения негативного воздействия коллекторно-дренажных вод на окружающую среду является их повторное использование с предварительным опреснением для полива сельскохозяйственных культур. В соответствии с утвержденной Государственной программой развития водохозяйственного комплекса Республики Крым на 2015–2017 годы от 23 декабря 2014 г. № 539 по обеспечению водными ресурсами населения городов и сел Республики Крым, были изучены возможности использования стока рек Победная (ГК-5), Мирновка (ГК-4), Степная (ГК-4-1) Джанкойского района для орошения (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав коллекторно-дренажных вод

Наименование коллектора	Река	Минерализация, мг/дм ³	рН	Сведения о химизме дренажных вод, $\frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$ $\frac{\text{мг-экв}}{\text{дм}^3}$							Тип воды (по формуле Курлова), % экв.
				Общая жесткость	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	
ГК-4	Мирновка	2438	8,2	25	$\frac{207}{3,4}$	$\frac{768}{16,0}$	$\frac{675}{19,0}$	$\frac{240}{1,2}$	$\frac{158}{13,0}$	$\frac{308}{3,4}$	SO ₄ 42 Cl ₁₉ HCO ₃ 9 Ca ₃₁ Mg ₃₄ Na ₃₅
ГК-5	Победная	3850	8,6	34	$\frac{262}{4,3}$	$\frac{1152}{24,0}$	$\frac{1132}{32,0}$	$\frac{340}{17,0}$	$\frac{207}{17,3}$	$\frac{637}{26,0}$	SO ₄ 39 Cl ₁₂ HCO ₃ 9 Ca ₂₈ Mg ₂₈ Na ₄₄
ГК-4-1	Степная	4853	7,7	55	$\frac{305}{5,0}$	$\frac{2496}{52,0}$	$\frac{781}{22,0}$	$\frac{520}{26,0}$	$\frac{352}{29,0}$	$\frac{552}{24,0}$	SO ₄ 66 Cl ₂₈ HCO ₃ 6 Ca ₃₇ Mg ₃₃ Na ₃₀
ПДК		1000–1500	6,5–8,5	7–10	1000	500	350	100	50	200	
Примечание – Формула читается: хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатная натриево-кальцево-магниевая вода.											

В результате проведенных аналитических исследований установлено, что согласно нормативным документам (ГОСТ 17.1.2.03-90 «Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения», РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям») вода в указанных водоисточниках является непригодной для орошения сельскохозяйственных культур.

На основании первичных данных, полученных в ГБУ РК «Крымская гидрогеолого-мелиоративная экспедиция», вода классифицируется как маломинерализованная (минерализация от 2 до 5 г/дм³), очень жесткая (> 12 мг-экв.), щелочная (pH > 7,5). По качеству оросительная вода относится ко II классу по опасности подщелачивания грунта, так как токсичная щелочность превышает 0,8 мг-экв./дм³, по опасности ее токсического влияния на растения – к III классу, так как концентрация токсичных ионов хлора больше 15 мг-экв./дм³ (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка качества оросительной воды по агрономическим критериям

Коллектор	Река	Концентрация токсичных ионов в мг-экв. хлора	Концентрация, мг-экв./дм ³							Класс воды по опасности			
			Ca(HCO ₃) ₂ , нетоксичная	Mg(HCO ₃) ₂ , токсичная щелочность	CaSO ₄ , нетоксичная	MgSO ₄ , токсичная	MgCl ₂ , токсичная	Na ₂ SO ₄ , токсичная	NaCl, токсичная	Вторичное засоление почвы	Подщелачивание почвы	Токсичное влияние на растения	Осолонцевание почвы
ГК-4	Мирновка	31,4	2,0	1,4	10,0	6,0	5,6	–	13,4	II	II	III	II
ГК-5	Победная	49,0	2,0	2,3	15,0	9,0	6,0	–	26,0	II	II	III	II
ГК-4-1	Степная	28,8	2,0	3,0	24,0	26,0	–	2,0	22,0	II	II	III	II

Наблюдается превышение предельно-допустимой концентрации: по минерализации – в 1,5–3,2 раза, жесткости – 2,5–5,5 раза, хлоридам – 1,9–3,1 раза, сульфатам – 1,6–5,0 раз, натрию и калию 1,5–3,2 раза, т. е. по агрономическим и экологическим критериям вода для полива может использоваться только после предварительной очистки и улучшения ее показателей.

Использование морской воды является перспективным направлением увеличения объемов воды для всех отраслей хозяйства Крыма, но вместе с тем высокочеловеческим, вследствие чего для его развития необходимо привлечение инвестиций. Федеральная целевая программа по социально-экономическому развитию Крыма на 2015–2020 годы включает в себя финансирование водохозяйственных работ, при которых будут использованы технологии по опреснению воды, возведения опреснительных станций и заводов. При этом выбор района в Крыму для строительства такого завода необходимо делать после учета поверхностных и подземных запасов вод, а также подсчета стоимости кубометра опресненной воды по сравнению с другими возможными вариантами водоснабжения.

Необходимо внедрять современные водосберегающие технологии, например, для капельного орошения в сельском хозяйстве, при водоподготовке на очистных станциях и т. д. Для рационального использования воды нужно на государственном уровне обязать промышленные предприятия и другие хозяйственные субъекты вводить оборотные системы водоснабжения.

Опреснение – не единственный способ решения проблемы дефицита воды в Крыму, гораздо дешевле и эффективнее перераспределять уже имеющиеся водные ресурсы. Достаточный объем воды можно получить за счет повторного использования очищенных сточных, дренажных и сбросных вод в промышленности, сельском и коммунальном хозяйстве. Усовершенствование структуры сельскохозяйственного и промышленного производства является источником дополнительных водных ресурсов, полученных за счет экономии и рационального использования воды.

Список использованных источников

1 Мосин, О. В. Современные технологии опреснения морской воды / О. В. Мосин, И. Игнатов // Энергосбережение и водоподготовка. – 2012. – № 3. – С. 13–19.

2 Апельцин, И. Э. Опреснение воды / И. Э. Апельцин, В. А. Клячко. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1968. – 224 с.

3 Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2015 году. – Симферополь: ИП Бондаренко Н. Ю., 2016. – 294 с.

4 Отчеты по вопросам управления, использования и воспроизводства поверхностных водных ресурсов в Республике Крым и г. Севастополе за 2004–2015 гг.

5 Ляшевский, В. И. К проблеме опреснения морской воды в Крыму / В. И. Ляшевский, А. М. Джапарова // Таврический вестник аграрной науки. – 2015. – №1(3). – С. 63–68.

УДК 628.316.13:631.67.03

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

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

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАГЕНТНОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ ОКСИХЛОРИДНЫМ КОАГУЛЯНТОМ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОРОШЕНИЯ

В статье представлены исследования влияния коагуляционной обработки на фракционирование животноводческих стоков. Проанализированы основные виды коагулянтов и флокулянтов, используемых для обработки сточных вод. Установлен эффективный для осветления животноводческих стоков реагент на основе индивидуальных алюмосодержащих коагулянтов марки «Аква-АуратTM14». В статье также рассмотрен способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, основанный на проведенных экспериментальных исследованиях.

Ключевые слова: коагулянты, твердая фракция, полиоксихлорид алюминия, орошение, животноводческие стоки, жидкая фракция, фракционирование.

В настоящее время возросла проблема негативного влияния на окружающую среду скоплений жидких навозных стоков вблизи животноводческих комплексов, а также вторичного загрязнения нитратами и патогенными микроорганизмами почвогрунтов, поверхностных и грунтовых вод. Загрязнение вод местного стока способствует изменению показателей качества кормовых культур на сельскохозяйственных угодьях, которые выращиваются на территориях, непосредственно примыкающих к животноводческим фермам. Животноводство оказывает значительное влияние на загрязнение вод вследствие того, что фермы и комплексы располагаются преимущественно в непосредственной близости от рек и озер. Так как миграционный путь биогенов от их источников до водных объектов носит непродолжительный характер, они не находятся в почве в подвижном состоянии, и их концентрация остается высокой.

На территории животноводческих предприятий России ежегодно образуется бо-

лее 1240 млн т навоза, в своем технологическом цикле они применяют такую схему утилизации жидких животноводческих стоков, как очистка с разделением на твердую и жидкую фракции, то есть обработка сточных вод обычно производится в две стадии, называемые первичной и вторичной обработкой. Приблизительно 10 % сточных вод вообще не получают обработки, около 30 % получают только первичную обработку и около 60 % подвергаются также вторичной обработке [1].

Для коагуляционной обработки сточной воды в качестве основных реагентов используют коагулянты и вспомогательных – флокулянты. В отечественной практике водообработки к коагулянтам принято относить низкомолекулярные или высокомолекулярные органические соединения, интенсифицирующие процесс образования более крупных агрегатов за счет объединения с частично коагулированными и еще не коагулированными частицами примесей воды.

На территории России широкое распространение получили неорганические коагулянты, представляющие собой соли алюминия, железа или их смесей. Органические коагулянты – это катионные полиэлектролиты. Их отличие от флокулянтов заключается в том, что они являются низкомолекулярными водорастворимыми полимерами с молекулярной массой 10000–300000 [2–7].

Достаточно подробно приведен анализ и дана систематизация торговых марок неорганических коагулянтов, выпускаемых в промышленных объемах, в работах В. Л. Драгинского, Л. П. Алексеевой и С. В. Гетманцева [8].

На сегодняшний день в практике подготовки и очистки различных категорий вод, включая и сточные, нашли применения оксихлоридные коагулянты, которые выпускаются в двух товарных формах: в виде раствора и кристаллического порошка. В международной классификации разновидности этого коагулянта получили название – *polyaluminium chlorides* (сокращенно РАС). На территории Российской Федерации данная категория коагулянтов получила названия: оксихлорид алюминия (ОХА) и полиоксихлорид алюминия (ПОХА), выпускаемые в виде раствора ПОХА марки «Аква-АуратTM10», «Аква-АуратTM14» и «Аква-АуратTM18» или в виде кристаллического порошка «Аква-АуратTM30».

С целью выявления эффективных реагентов для осветления животноводческих стоков с помощью индивидуальных алюмосодержащих коагулянтов необходимо провести ряд экспериментов.

В качестве тест-объекта выбраны животноводческие стоки ООО «Аксайская Нива» с характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика животноводческих стоков

Показатель	Животноводческий сток до обработки	
	Проба 1	Проба 2
рН	7,2	7,5
Влажность, %	94,5	95,3
Зольность, %	30,7	31,5
Органическое вещество, %	68,2	68,5
Азот, мг/дм ³		
- общий	578	612
- NH ₄ ⁺	467	486
- NO ₂ ⁻	0	0
- NO ₃ ⁻	23	15
P ₂ O ₅ , мг/дм ³	680	665
K ₂ O, мг/дм ³	600	598

Эксперимент предусматривал введение рабочего раствора коагулянта в животноводческие стоки, перемешивание в течение 3–5 мин с последующим отстаиванием в течение 1 ч. Эксперимент проводили в стандартных цилиндрах объемом 100 мл.

Как показали результаты опытных исследований (таблица 2), при одинаковой дозе ПОХА с различной основностью наиболее высокая эффективность разделения животноводческих стоков на жидкую и твердую фракции наблюдалась в опыте 1, а именно – при обработке низкоосновным ПОХА. В общем процесс отстаивания во всех трех опытах длился 60 мин. Исследования физических параметров осадка (твердой фракции) показали, что наиболее низкое значение удельного сопротивления наблюдалось в опыте 1 и составило $3,5 \cdot 10^5$ см/г, тогда как в опыте 2 и 3 удельное сопротивление имело показатели $13,7 \cdot 10^5$ см/г и $16,8 \cdot 10^5$ см/г соответственно. С учетом полученных значений можно сделать вывод, что при обработке животноводческих стоков предпочтительнее использовать низкоосновные ПОХА, так как чем ниже значение удельного сопротивления осадка, тем легче происходит процесс обезвоживания осадка в естественных условиях. Характеристики жидкой фракции также имели лучшие показатели в опыте 1: она прозрачна, с зеленоватым оттенком и отсутствием плавающих твердых включений.

Таблица 2 – Результаты исследований эффективности применения ПОХА различной основности

Низкоосновный ПОХА «Аква-Аурат TM 14»	Среднеосновный ПОХА «Аква-Аурат TM 18»	Высокоосновный ПОХА «Аква-Аурат TM 30»
Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Доза 3 мг/дм ³		
Объем осадка после 5 мин отстаивания		
80	Объем осадка распределился по объему жидкости не равномерно	80
Объем осадка после 30 мин отстаивания		
50	70	45
Объем осадка после 60 мин отстаивания		
30	60	30
Описание процесса седиментации		
Разделение фракций активное, хлопья крупные, осадок рыхлый, жидкая фракция была прозрачной с зеленоватым оттенком	Интенсивность оседания хлопьев имела медленный характер, хлопья всплывали на поверхность, жидкая фракция была мутной с зеленоватым оттенком	Разделение фракций равномерное, осадок плотный, жидкая фракция была мутной с темно-зеленым оттенком
Влажность осадка, %		
96	99	97
Удельное сопротивление осадка, см/г		
$3,5 \cdot 10^5$	$13,7 \cdot 10^5$	$16,8 \cdot 10^5$

На основании проведенных экспериментальных исследований разработан способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, включающий в себя двухэтапную реагентную обработку [9]. На первом этапе жидкие отходы свиноводческих хозяйств обрабатывают подкисляющим реагентом – суспензией фосфогипса с дозой 9–35 г/дм³ до pH 6,5–7,5, а на втором вводят низкоосновный ОХА марки «Аква-АуратTM14» в виде 5–10%-го раствора с дозой 3–30 мг/дм³ по Al₂O₃. В процессе реагентной обработки формируются коллоидные частицы, которые под воздействием гравитационных сил выпадают в осадок. В качестве отстойного сооружения выбран метод тонкослойного отстаивания, что значительно сокращает время отстаивания.

Процесс отстаивания протекает в течение 20–40 мин, в результате чего смесь разделяется на прозрачную жидкую фракцию и осадок – органическое удобрение. Получаемая жидкая фракция не требует дополнительного обеззараживания, так как в результате реагентной обработки микроорганизмы высадятся вместе с коллоидными частицами в осадок.

С целью обеззараживания осадок подают в аппарат вихревого слоя с подвижными ферромагнитными частицами, в котором подводимая извне энергия локализуется в отдельных зонах, например в местах соударения ферромагнитных частиц, где удельная мощность достигает чрезвычайно больших значений. В зоне удара создаются условия для протекания таких физических и химических процессов, которые в обычных условиях затруднены или невозможны, т. е. деформируется кристаллическая решетка твердых тел, приводящая к разрушению защитных оболочек микроорганизмов.

Выводы. Коагуляционная обработка животноводческих стоков по-прежнему остается наиболее ресурсосберегающим видом подготовки животноводческих стоков, позволяющая предотвратить деструкцию биогенных элементов. Как показали результаты экспериментальных исследований, при одинаковой дозе ПОХА с различной основностью наиболее высокая эффективность разделения животноводческих стоков на жидкую и твердую фракции наблюдалась при обработке низкоосновным ПОХА маркой «Аква-АуратTM14». На основании полученных результатов разработан способ подготовки животноводческих стоков свиноводческих хозяйств для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий, включающий в себя двухэтапную реагентную обработку. На первом этапе вводят суспензию фосфогипса с дозой 9–35 г/дм³ до pH 6,5–7,5, а на втором – низкоосновный ОХА марки «Аква-АуратTM14» в виде 5–10%-го раствора с дозой 3–30 мг/дм³ по Al₂O₃.

Список использованных источников

1 Губейдуллин, Х. Х. Аэрация сточных вод в животноводческих фермах / Х. Х. Губейдуллин, И. И. Шигапов, А. М. Кадырова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 114–118.

2 Ясониди, О. Е. Водоснабжение при орошении: монография / О. Е. Ясониди. – Новочеркасск, 2004. – 473 с.

3 Федорченко, М. А. Экотехнология утилизации сточных вод свинокомплексов с использованием отходов производства / М. А. Федорченко, О. А. Суржко // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2003. – № 1. – С. 67–73.

4 Бабаенко, Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабаенко. – М.: Наука, 1977. – 355 с.

5 Кульский, Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – Киев: Вища шк., 1981. – С. 150–185.

6 Николадзе, Г. И. Водоснабжение / Г. И. Николадзе, М. А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.

7 Линевич, С. Н. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование / С. Н. Линевич, С. В. Гетманцев. – М.: Наука, 2007. – 230 с.

8 Драгинский, В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. – М.: Науч. изд., 2005. – 576 с.

9 Способ подготовки жидких отходов свиноводческих хозяйств для сельскохозяйственного использования: пат. 2424985 Рос. Федерация: МПК С 02 F 9/12, С 02 F 1/52 / Суржко О. А., Домашенко Ю. Е. – № 2008122872/15; заявл. 13.04.09; опубл. 20.10.10, Бюл. № 29. – 5 с.

УДК 626.81

Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев, Т. С. Пономаренко

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

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩЕГО
 ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА КРЫМА
 ДЛЯ НУЖД ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

В статье представлен анализ состояния и возможностей существующего водохозяйственного комплекса Крыма. Рассмотрены основные источники водоснабжения полуострова и их процентное соотношение. Приведен анализ объемов орошаемых земель Крыма за ряд лет, представлена характеристика наполняемости водохранилищ и ориентировочная оценка объемов воды, которые могут быть направлены для целей орошения в средневзвешенный по обеспеченности год.

Ключевые слова: водохозяйственный комплекс, дефицит, водные ресурсы, орошение, сток.

На территории Крыма насчитывается 81 река, 481 ручей, 874 пруда и 315 озер [1]. Местный речной сток в средневзвешенный год составляет 0,91 км³, а маловодный год – всего 0,43 км³, что явно недостаточно для удовлетворения нужд региона.

По имеющимся данным суммарные эксплуатационные ресурсы подземных вод, пригодных к использованию (минерализация до 1 г/л) по состоянию на 01.01.2002 составляли 343,7 млн м³, однако, почти все они связаны с поверхностным стоком и не могут рассматриваться как дополнительные и оказывающие существенное влияние на решение проблем водообеспечения.

По разным оценкам в средневодный год запасы местных водных источников могут обеспечить потребности народного хозяйства на 15–20 %.

Ранее дефицит водных ресурсов Крыма восполнялся за счет подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу (СКК) (таблица 1). Потребности населения и отраслей экономики в воде в 2001 г. составили до 1,66 км³, они удовлетворялись водозабором из пресных поверхностных источников на 80,4 % (в т. ч. из СКК – 72,9 %, подземных горизонтов – 6,5 %, моря – 0,5 %) и за счет привлечения воды в оборотные системы водоснабжения – 12,5 %.

Таблица 1 – Анализ объемов орошаемых земель Крыма по годам

Район	Общая площадь орошаемых земель в 1991 г., га	В т. ч. из СКК в 1991 г., га	Фактически полито в 2009 г., га	Фактически полито в 2015 г., га
1	2	3	4	5
Бахчисарайский	9417	–	4100	3149
Белогорский	6939	–	3000	700
Джанкойский	71804	70914	35600	180
Кировский	13952	13519	3335	58
Красногвардейский	40023	39985	28900	1066
Красноперекопский	37083	37083	19231	0
Ленинский	5821	5801	2213	0
Нижнегорский	34651	26033	16200	1470
Первомайский	37184	37184	14670	0
Раздольненский	32754	32754	15198	0
Сакский	44386	43865	18630	141
Симферопольский	15730	6880	11300	1513

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Советский	18899	17952	5628	0
Черноморский	2838	1217	320	0
Сельскохозяйственная зона г. Судака	2183	–	755	578
Сельскохозяйственная зона г. Алушты	1680	–	1436	1426
Сельскохозяйственная зона г. Симферополя	162	–	0	0
Сельскохозяйственная зона г. Ялты	384	–	256	90
Сельскохозяйственная зона г. Феодосии	195	95	180	0
Сельскохозяйственная зона г. Севастополя	383	–	790	315
Итого по Крыму	379926	333282	181689	10686

Основным объектом отраслевого водопользования является сельское хозяйство, удельный вес которого в общем объеме составляет 82,4 %.

Как видно из таблицы 1, после прекращения подачи воды по СКК, в 17 раз по сравнению с уровнем 2009 г. сократились площади орошаемых земель. В связи с чем возникла необходимость оценки всех имеющихся водных резервов, в том числе для обеспечения орошаемого земледелия.

В настоящий момент в Крыму имеется 31 водохранилище, восемь из них являются наливными, наполнявшимися водами СКК. В настоящий момент шесть из этих водохранилищ наполняются за счет переброски стока из Тайганского и Белогорского водохранилищ.

СКК используется для нужд коммунального и питьевого водоснабжения населения. Два из наливных водохранилищ (Межгорное и Сокольское) в настоящий момент не наполняются и практически утратили водохозяйственную значимость.

15 водохранилищ различной емкости наполняются за счет естественного стока. Основная масса данных регулирующих емкостей используется для коммунального и питьевого водоснабжения. Однако имеются водохранилища, которые могут быть задействованы для нужд орошаемого земледелия.

К таким объектам относятся: Бахчисарайское, Альминское, Балановское и Львовское водохранилища (таблица 2). Также при достаточной обеспеченности возможно использование части стока Симферопольского водохранилища для дополнительного питания Салгирской оросительной системы.

Таблица 2 – Характеристика наполняемости водохранилищ и ориентировочная оценка объемов воды, которые могут быть направлены для целей орошения в средневзвешенный по обеспеченности год

Наименование водохранилища	Полный проектный объем, млн м ³	Ориентировочный объем воды, который может быть направлен для целей орошения, млн м ³
Бахчисарайское	6,89	До 2,0 (при реконструкции до 4,0)
Альминское	6,20	До 4,5
Балановское	5,07	До 4,0
Львовское	2,20	До 1,5
Итого		12,0–14,0

Салгирская оросительная система предназначалась для орошения 20 тыс. га. Вода для орошения поступает из реки Салгир, а также из Симферопольского водохранилища. В настоящий момент Симферопольское водохранилище задействовано для целей водоснабжения Симферополя. На текущий момент общая площадь орошаемых земель на Салгирской ОС не превышает 1500 га. Однако, в годы достаточной обеспеченности часть объема, накопленного в водохранилище, может быть использовано для питания Салгирской ОС. Повысить гарантии водообеспеченности в зоне ответственности Салгирской ОС возможно при устройстве дополнительных регулирующих емкостей (деривационных водохранилищ), в которые будет накапливаться избыточный в паводковый период сток и затем использоваться для полива сельскохозяйственных культур. Таким образом, появляется возможность довести площади орошаемых площадей до проектных 20 тыс. га.

Особые условия складываются при эксплуатации Альминского водохранилища. Его наполнение осуществляется за счет сброса воды из Партизанского водохранилища. Однако в настоящий момент такой сброс не осуществляется, несмотря на то что, в Партизанском водохранилище накапливается достаточный объем водных ресурсов. При рациональном подходе к управлению вышеназванной водохозяйственной системой каскада водохранилищ возможно дополнительно аккумулировать до 4,5 млн м³ воды для нужд сельского хозяйства и орошаемого земледелия.

Необходимо учитывать значительный ресурс, накапливаемый в прудах. В 874 прудах [1], расположенных на различных водосборах, накапливается объем воды, составляющий по некоторым оценкам до 143 млн м³. При рациональном подходе с учетом расположения земель сельскохозяйственного назначения имеется возможность использовать данные запасы. Однако достоверно оценить объем, который можно направить на нужды сельского хозяйства из прудов, в настоящий момент не осуществимо, поскольку для этого необходима соответствующая инвентаризация, оценка технического состояния, реальной наполняемости данных водных объектов, а также наличия земель сельскохозяйственного назначения в географической близости от рассматриваемых прудов.

Анализ архивных источников [2] показывает, что в 1991 г. объем орошаемых площадей в Крыму на местном стоке составлял 45–50 тыс. га. Таким образом, при рациональном подходе к использованию ресурсов местного стока Крыма представляется вполне реальным увеличить существующий массив орошаемых площадей (10686 га) почти в пять раз, до показателей, достигнутых сельским хозяйством Крыма ранее, а при использовании ресурса сточных вод и превзойти достигнутый результат.

Список использованных источников

1 Водное хозяйство Крыма: справочные материалы / Республиканский комитет по водному хозяйству АР Крым. – Симферополь, 2002. – 65 с.

2 Орошаемое земледелие и водное хозяйство Крымской АССР / сост. А. Ф. Шавин; Гос. комитет Украины по водному хозяйству, Общество мелиорации Крыма. – Симферополь, 1992. – Ч. 1. – 68 с.

УДК 635.81:631.811:631.587

В. А. Кулыгин

Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Рассвет, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ УРОВНЕЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРНЕПЛОДНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Опыт проводился в ФГУП «Семикаракорское» в 2012–2013 гг. Целью исследования являлось установление влияния ресурсосберегающих вариантов минерального питания корнеплодных культур (столовая свекла, морковь) на изменение показателей

урожайности, путей повышения эффективности использования удобрений. Изучались три фона минерального питания: полная норма удобрений (NPK), половинная норма (0,5 NPK) и вариант без удобрений. Уровни водного режима почвы представлены интенсивным режимом орошения и вариантом минимального орошения. Применявшаяся агротехника соответствовала зональным рекомендациям. При проведении полевых опытов использовались общепринятые методики. Установлено, что интенсивный вариант орошения способствовал увеличению урожайности корнеплодных культур в 1,6–3,1 раза по сравнению с условиями минимального увлажнения. При интенсивном орошении отмечены высокие показатели произведенной дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. При выращивании столовой свеклы половинная норма удобрений обеспечивала получение 29,9 кг дополнительной продукции на 1 кг удобрений, а при полной норме – 27,2 кг. Аналогичные показатели были получены при возделывании моркови и составили 22,6 и 23,2 кг/кг. Отмечено более значительное увеличение объема полученной продукции при применении удобрений в условиях интенсивного орошения. На посевах корнеплодных культур наибольший эффект от использования удобрений в условиях орошения наблюдался в варианте 0,5 NPK, здесь дополнительной продукции при возделывании столовой свеклы получено больше в 1,95 раза, моркови – 3,70 раза, чем в варианте с минимальным орошением. В условиях полной нормы внесения NPK аналогичные показатели были несколько ниже (соответственно больше в 1,56 и 3,22 раза).

Ключевые слова: столовая свекла, морковь, фон удобрений, уровни увлажнения, урожайность, прибавка, эффективность использования, отдача.

Корнеплодные культуры, в частности столовая свекла и морковь, являются востребованной сельскохозяйственной продукцией на продовольственном рынке. По хозяйственному и пищевому значению эти культуры занимают основное место среди корнеплодов, содержат наибольшее количество витаминов, являются ценным диетическим продуктом, находят широкое применение в медицине [1]. Производственное возделывание столовой свеклы и моркови в зоне недостаточного увлажнения, в которой расположена Ростовская область, экономически целесообразно лишь при наличии орошения. Орошение в сочетании с комплексом эффективных агротехнических мероприятий, в частности, с применением научно обоснованных норм удобрений, способствует получению стабильных и высоких урожаев корнеплодов [2]. Значительные тепловые и природные ресурсы Юга России позволяют получать корнеплодную продукцию в значительно более ранние сроки по сравнению с другими регионами страны, что обуславливает экономическую перспективность данного производства. В то же время неблагоприятная для сельхозпроизводителей конъюнктура цен на удобрения, ядохимикаты, ГСМ, электроэнергию, сельскохозяйственную технику и дождевальные машины при стабильно низких ценах на продукцию растениеводства характеризует неустойчивое экономическое положение аграриев-производителей [2, 3]. В связи с этим актуальной проблемой остается совершенствование элементов технологии возделывания сельскохозяйственных, в частности, корнеплодных культур на орошаемых землях в аспекте ресурсосбережения [2–4].

Известно, что столовая свекла и морковь отзывчивы на применение удобрений, эффективность которых зависит от влагообеспеченности растений, конкретных почвенно-климатических условий, комплекса технологических приемов, сроков и способов внесения [1, 5]. Исследования по выявлению оптимальных норм внесения удобрений под корнеплоды, выращиваемые в условиях орошения, показали, что гарантированные прибавки урожайности при увеличении уровня минерального питания, как правило, происходят до определенного уровня, после которого соответствующий прирост сводится к минимуму или прекращается [1, 5–7].

Столовая свекла и морковь являются влаголюбивыми культурами. В послепосевной период высокая влажность почвы необходима для нормального прорастания семян и получения дружных всходов корнеплодных растений. С этой целью в зоне недос-

таточного увлажнения при дефиците почвенной влаги проводятся поливы небольшими нормами, хотя, как показывает практика, при достаточном количестве атмосферных осадков в данный период вегетации корнеплодов необходимость в орошении может не возникнуть [1, 5, 8].

В условиях дефицита водных и минеральных ресурсов актуальным остается выявление ресурсосберегающих уровней минерального питания при возделывании корнеплодов в условиях орошения, обеспечивающих стабильную урожайность при рациональных затратах природных и материальных ресурсов.

В связи с этим исследования, проведенные в ФГУП «Семикаракорское» Семикаракорского района Ростовской области в 2012–2013 гг., были направлены на установление влияния ресурсосберегающих вариантов минерального питания столовой свеклы и моркови в условиях орошения на изменение показателей урожайности культур, путей повышения эффективности использования удобрений.

Исходя из вышесказанного, нами исследовались три уровня минерального питания столовой свеклы и моркови:

- норма, рекомендованная для зоны возделывания (NPK);
- половинная от рекомендованной норма удобрений (0,5 NPK);
- контроль – без удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Уровни минерального питания корнеплодных культур

В кг д. в.

Культура	Фон минерального питания		
	Без удобрений	0,5 NPK	NPK
Столовая свекла	–	N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀
Морковь	–	N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀

Эти три варианта питания изучались на фоне интенсивного и минимального уровней увлажнения почвы. Интенсивный уровень увлажнения предусматривал поддержание высокого предполивного порога влажности почвы на уровне 80 % НВ в расчетном слое почвы 0,6 м в течение всего периода вегетации культур. При минимальном уровне увлажнения при выращивании столовой свеклы и моркови имело место дождевое орошение поливными нормами 120–150 м³/га, направленное на получение дружных всходов корнеплодных культур в условиях дефицита почвенной влаги.

Опыт проводился в четырехкратной повторности. При возделывании столовой свеклы использовался сорт Детройт, моркови – сорт Шантане. Предшественниками культур были: у столовой свеклы – суданская трава, моркови – озимая пшеница. Внесение норм удобрений в вариантах опыта осуществлялось под основную обработку. Способ основной обработки – отвальная вспашка на 25–27 см с помощью плуга ПЛН-4-35. Посев столовой свеклы и моркови проводился сеялкой точного высева «Агриколо». Норма высева столовой свеклы – 8 кг/га, моркови – 4 кг/га. Орошение проводилось дождеванием с помощью дождевальной машины ДДА-100ВХ. Во всех вариантах опыта применялась рекомендованная зональными системами земледелия агротехника [9]. При проведении исследований использовались общепринятые методики [10, 11].

Почвы опытного участка представлены черноземами обыкновенными, по гранулометрическому составу они относятся к разряду тяжелых глинистых почв. Средняя величина емкости поглощения – 33–39 мг на 100 г почвы. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см составляет 3,35 %; элементы питания: N-NO₃ – 5,3 мг/кг; N-NH₄ – 12,7 мг/кг; P₂O₅ – 39,0 мг/кг; K₂O – 550,0 мг/кг, что указывает на низкую обеспеченность черноземов азотом; среднюю – подвижным фосфором и высокую – обменным калием. Эти черноземы не проявляют солонцовых свойств, реакция их слабощелочная (рН 7,2–7,5).

По совокупности метеорологических факторов вегетационные периоды изучаемых культур в годы исследований по степени тепловлагообеспеченности характеризова-

лись: для столовой свеклы – как сухой (0,22) и очень сухой (0,12), аналогично для моркови – сухой (0,22) и очень сухой (0,12).

Для поддержания интенсивного режима орошения в годы исследований при выращивании столовой свеклы потребовалось проведение шести поливов оросительной нормой 2180 м³/га, моркови – семи поливов оросительной нормой 2210 м³/га. В вариантах минимального орошения аналогичная норма составила: для столовой свеклы – 300 м³/га; моркови – 330 м³/га.

Разные уровни минерального питания и условия увлажнения нашли отражение в показателях урожайности корнеплодных культур (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность корнеплодных культур в зависимости от фонов минерального питания и уровней увлажнения

Культура	Уровень увлажнения	Фон удобрений		
		Без удобрений	0,5 NPK	NPK
Столовая свекла (НСР ₀₅ = 1,81)	Минимальный	15,97	18,04	20,66
	Интенсивный	24,63	28,67	31,98
Морковь (НСР ₀₅ = 1,52)	Минимальный	5,17	5,99	7,11
	Интенсивный	15,32	18,37	21,58

В т/га

Анализ приведенных данных показывает, что интенсивный вариант орошения способствовал увеличению урожайности корнеплодных культур по сравнению с условиями минимального увлажнения при возделывании столовой свеклы в 1,5–1,6 раза, моркови – 3,0–3,1 раза.

Разные фоны минерального питания корнеплодных культур отразились на показателях урожайности. При возделывании столовой свеклы в условиях интенсивного режима орошения в варианте с половинной и полной нормой удобрений прибавка урожайности составила соответственно 4,04 т/га (16,4 %) и 7,35 т/га (29,8 %) по сравнению с контролем. В условиях минимального увлажнения аналогичные прибавки оказались ниже – 2,07 т/га (13,0 %) и 4,69 т/га (29,4 %). При выращивании моркови на фоне интенсивного орошения варианты минерального питания 0,5 NPK и NPK способствовали повышению урожайности культуры на 3,05 т/га (19,9 %) и 6,26 т/га (40,9 %) по сравнению с контролем. В условиях минимального увлажнения соответствующие прибавки не превысили 0,82 т/га (15,9 %) и 1,94 т/га (37,5 %).

Для рассматриваемых культур характерно увеличение прибавки урожайности при применении удобрений по мере возрастания интенсивности уровня увлажнения. Наиболее наглядно данная закономерность просматривается при сравнении показателей эффективности использования удобрений в вариантах интенсивного и минимального уровня увлажнения (таблица 3).

Наиболее высокая эффективность использования удобрений при выращивании столовой свеклы получена при внесении половинной нормы (N₆₀P₃₀K₄₅) на фоне интенсивного орошения, за счет чего произведено 29,9 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. Дополнительная продукция свеклы на фоне применения полной нормы удобрений (N₁₂₀P₆₀K₉₀) оказалась несколько ниже, составив 27,2 кг.

В условиях минимального увлажнения наблюдалась иная тенденция: при половинной норме внесения удобрений получено 15,3 кг дополнительной продукции на 1 кг удобрений, а при полной норме этот показатель был выше и составил 17,4 кг/кг. Интенсивное орошение повышало эффективность использования удобрений при полной норме внесения в 1,56 раза, а при половинной – 1,95 раза по сравнению с вариантом минимального орошения.

При возделывании моркови наиболее высокая эффективность применения удобрений отмечена в варианте интенсивного орошения на фоне внесения полной нормы

(N₁₂₀P₉₀K₆₀), за счет чего произведено 23,2 кг дополнительной продукции на 1 кг удобрений. Количество дополнительной продукции на фоне половинной нормы удобрений (N₆₀P₉₅K₃₀ кг д. в./га) оказалось несколько ниже и составило 22,6 кг. В условиях минимального орошения моркови внесение полной нормы удобрений способствовало получению 7,2 кг дополнительной продукции на 1 кг удобрений, а половинной нормы – 6,1 кг. При этом интенсивное орошение повышало эффективность использования удобрений при полной норме внесения в 3,22 раза, а при половинной – 3,70 раза по сравнению с условиями возделывания при минимальном орошении.

Таблица 3 – Эффективность использования минеральных удобрений на посевах корнеплодных культур при разных уровнях увлажнения

Фон удобрений	Вариант минимального орошения		Вариант интенсивного орошения			Отдача от удобрений, кг/кг		Эффективность удобрения при интенсивном орошении, раз
	урожайность, т/га	прибавка от удобрений, т/га	урожайность, т/га	прибавка, т/га от удобрений от орошения		минимальное орошение	интенсивное орошение	
Столовая свекла								
Без удобрения	15,97	–	24,63	–	8,66	–	–	–
N ₆₀ P ₃₀ K ₄₅ (0,5 NPK)	18,04	2,07	28,67	4,04	10,63	15,3	29,9	1,95
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (NPK)	20,66	4,69	31,98	7,35	11,32	17,4	27,2	1,56
Морковь								
Без удобрения	5,17	–	15,32	–	10,15	–	0	–
N ₆₀ P ₄₅ K ₃₀ (0,5 NPK)	5,99	0,82	18,37	3,05	12,38	6,1	22,6	3,70
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀ (NPK)	7,11	1,94	21,58	6,26	14,47	7,2	23,2	3,22

Таким образом, интенсивное орошение корнеплодных культур в зависимости от фона минерального питания способствовало повышению урожайности столовой свеклы в 1,5–1,6, моркови – 3,0–3,1 раза по сравнению с вариантом минимального увлажнения.

В условиях интенсивного орошения отмечен высокий показатель произведенной дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. При возделывании столовой свеклы половинная норма удобрений обеспечивала получение 29,9 кг дополнительной продукции на 1 кг удобрений, а полная норма – 27,2 кг. Аналогичные данные для моркови составили соответственно 22,6 и 23,2 кг/кг.

Сравнивая показатели эффективности использования минеральных ресурсов корнеплодными культурами при разных уровнях увлажнения почвы, следует отметить значительное увеличение объема продукции при применении удобрений в условиях интенсивного орошения. При этом на посевах корнеплодных культур наибольший эффект от использования удобрений в условиях орошения обеспечивался в варианте 0,5 NPK, здесь дополнительной продукции при возделывании столовой свеклы получено больше в 1,95 раза, моркови – 3,70 раза, чем в варианте с минимальным орошением. В условиях полной нормы внесения NPK аналогичные показатели были несколько ниже (соответственно больше 1,56 и 3,22 раза).

Список использованных источников

- 1 Ковалева, Т. Д. Перспективные технологии возделывания овощных культур на Дону / Т. Д. Ковалева, В. М. Назарова. – Ростов н/Д., 1988. – 160 с.
- 2 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.
- 3 Щедрин, В. Н. Состояние и перспективы развития мелиорации земель на Юге России / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 3(15). – С. 1–15. – Режим доступа: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=273&id=274>.
- 4 Шишкин, В. О. Организационно-экономические основы развития мелиорации / В. О. Шишкин. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 164 с.
- 5 Овощеводство открытого грунта на черноземах / под общ. ред. С. С. Литвинова. – М.: Росинформагротех, 2006. – 212 с.
- 6 Щедрин, В. Н. Влияние разных доз удобрений на урожайность овощных культур / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, В. А. Кулыгин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 30–32.
- 7 Бабичев, А. Н. Особенности возделывания лука репчатого на орошаемых землях Ростовской области / А. Н. Бабичев, Е. А. Бабичева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2011. – № 65(01). – С. 282–291. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/02.pdf>. – Шифр Информрегистра 0421100012\0021.
- 8 Кулыгин, В. А. Влияние элементов технологии на продуктивность и водопотребление свеклы в условиях орошения / В. А. Кулыгин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2014. – № 2(14). – С. 42–53. – Режим доступа: http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec256-field6.pdf.
- 9 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / С. С. Авдеенко [и др.]; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Рост. обл. – Ростов н/Д., 2013. – 375 с.
- 10 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
- 11 Горянский, М. М. Методика полевого опыта на орошаемых землях / М. М. Горянский. – Киев, 1970. – 43 с.

УДК 631.67

В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко, Н. Е. Волкова, Н. М. ИванютинНаучно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация**ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ КРЫМА:
ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Прекращение поставок днепровской воды привело к усилению дефицита водных ресурсов на территории Республики Крым. Наиболее негативно это отразилось на подотрасли орошаемого земледелия и повлекло за собой необходимость оценить эколого-экономическую эффективность использования собственных водных ресурсов, расставить приоритеты в направлении покрытия дефицита водного баланса, в том числе и в сельском хозяйстве. На территории региона можно выделить несколько источников воды, которую возможно использовать для целей орошения после ее предварительной подготовки: сточные, коллекторно-дренажные, слабоминерализованные подземные и морские воды. Исходя из количественной оценки и минимизации затрат на водоподготовку, наиболее перспективным направлением покрытия дефицита вод-

ных ресурсов в сельском хозяйстве являются очищенные сточные воды. Их использование позволит не только повысить водообеспеченность агропромышленного комплекса, но и улучшить общую экологическую обстановку в регионе.

Ключевые слова: дефицит водных ресурсов, орошаемое земледелие, дополнительные источники воды, сточные воды, канализационные очистные сооружения.

Введение. Крымский полуостров относится к мало водообеспеченным регионам Российской Федерации. В общем балансе забора пресных вод до 2014 г. на долю местных источников приходилось 20–25 % и 75–80 % – на внешний водоисточник (р. Днепр) [1]. Прекращение поставок днепровской воды по системе Северо-Крымского канала привело к необходимости оценки эколого-экономической эффективности использования собственных водных ресурсов и расстановки приоритетов в направлении покрытия дефицита водного баланса, в том числе в отрасли сельского хозяйства.

Обострение дефицита водных ресурсов сильнее всего затронуло подотрасль орошаемого земледелия. На рисунке 1 отражена динамика использования воды за период с 2007 по 2015 г., а на рисунке 2 представлены результаты поливного сезона 2015 г., исходя из показателя площади орошаемых земель.

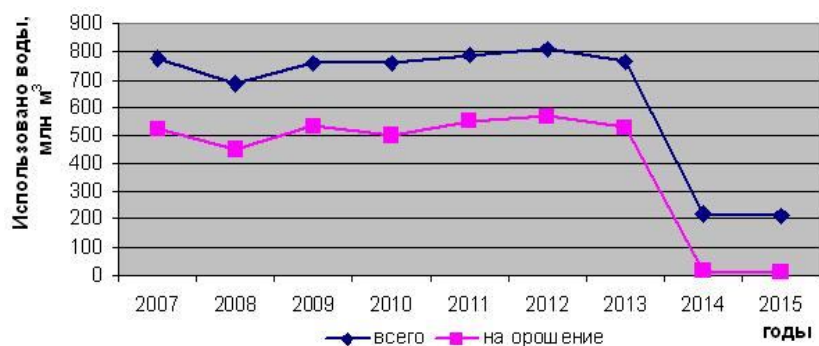


Рисунок 1 – Динамика использования воды в Республике Крым

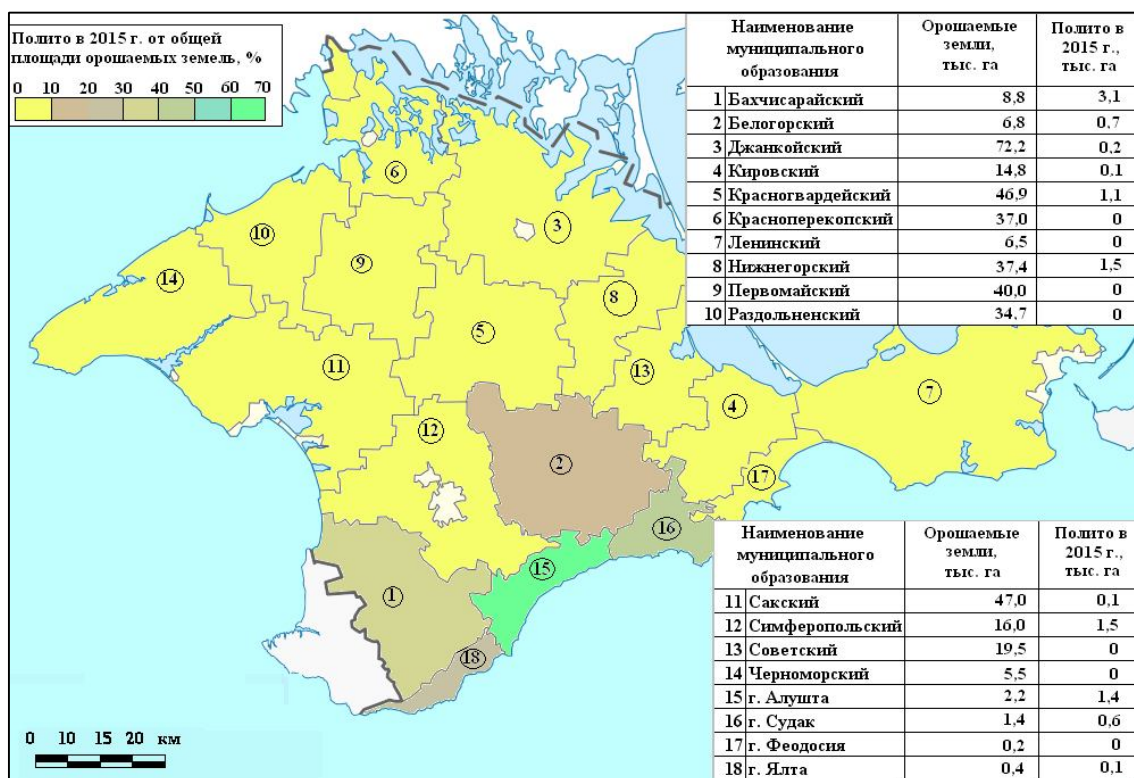


Рисунок 2 – Итоги поливного сезона 2015 г.

В последние два года значительно сократился забор воды для целей орошения и, как следствие, уменьшились площади орошаемых земель. При анализе рисунка 2 наглядно видно, что наиболее эффективно орошаемые земли используются на территории Бахчисарайского, Белогорского районов и в сельскохозяйственных зонах городов Алушты, Судака, Ялты, то есть на территориях, которые изначально были привязаны только к местному стоку. Если рассматривать всю территорию Крымского региона, согласно проектным данным, за счет собственных водных ресурсов поливалось около 40 тыс. га, но по ряду причин не все они используются сейчас [2]. Таким образом, в настоящее время из 397 тыс. га орошаемых земель поливается только около 10–12 тыс. га. Это означает, что простаивает дорогостоящая дождевальная техника, не используются уже смонтированные системы капельного орошения, сокращаются рабочие места, не эксплуатируется значительная часть оросительных систем и т. п.

Результаты и обсуждения. Согласно мнению специалистов водохозяйственной отрасли площадь фактически поливаемых земель может быть доведена до 45–55 тыс. га, но для этого необходимо использовать дополнительные (альтернативные) источники воды. На территории Крымского региона для этих целей могут применяться очищенные сточные, коллекторно-дренажные, опресненные подземные слабominерализованные и морские воды. Рассмотрим возможность использования этих источников.

Сточные и коллекторно-дренажные воды. Данный вид ресурса ранее применялся для целей орошения на территории Республики Крым. На рисунке 3 приведена динамика сброса коллекторно-дренажных и сточных вод на территории региона, а на рисунке 4 – их использование, в том числе для целей орошения.

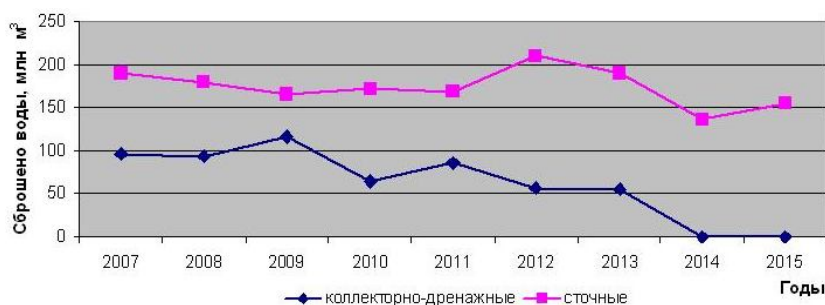


Рисунок 3 – Динамика сброса коллекторно-дренажных и сточных вод за период с 2007 по 2015 г.

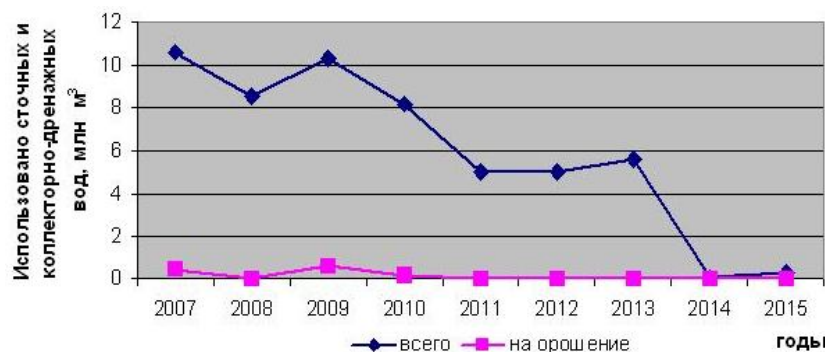


Рисунок 4 – Динамика использования коллекторно-дренажных и сточных вод для целей орошения за период с 2007 по 2015 г.

При анализе рисунков 3 и 4 видно, что данные категории вод использовались ранее для целей орошения в незначительном количестве. К тому же сброс коллекторно-дренажных вод в последние два года сильно снизился. В 2015 г. было отведено около 15 млн м³ вод данной категории. Это объясняется в первую очередь тем, что коллекторно-дренажные системы сосредоточены на территории районов, которые в основном поливались

за счет внешнего источника воды (Красноперекоский, Красногвардейский, Нижнегорский, Советский), и сейчас фактически не используются по своему прямому назначению.

Очищенные сточные воды являются более гарантированным источником водоснабжения орошаемого земледелия. Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты согласно отчетности 2-ТП (водхоз) составил более 130 млн м³ воды. При этом необходимо отметить, что не все территории Крымского региона канализованы, и не все очистные сооружения работают эффективно. В таблице 1 приведена информация по очистным сооружениям Республики Крым.

Таблица 1 – Очистные сооружения Крымского региона

Принадлежность предприятий	Кол-во предприятий	Кол-во очистных сооружений	Суммарная производительность, тыс. м ³ /сут	Техническое состояние очистных сооружений	
				неудовлетворительное	удовлетворительное
Государственная	39	40	596,96	23	17
Муниципальная	33	33	55,43	21	12
Частная	35	36	9,17*	19*	15*
Итого	107	109	661,56*	63*	44*

Примечание – * – нет данных о суммарной производительности и техническом состоянии очистных сооружений по ООО «Рапан-Курортное» и пансионату «Золотой берег».

Из анализа таблицы 1 видно, что суммарная производительность очистных сооружений региона составляет около 250 млн м³, при этом большая часть из них (около 60 %) находится в неудовлетворительном техническом состоянии. На рисунке 5 приведено распределение возможных сбросов очищенных сточных вод (в соответствии с проектными мощностями) по группам водоприемников.

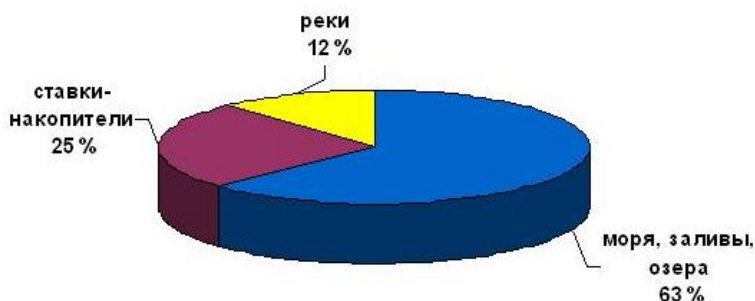


Рисунок 5 – Распределение возможных сбросов очищенных сточных вод по группам водоприемников

Исходя из проектных характеристик, основным водоприемником, на долю которого приходится более 60 %, являются Черное и Азовское моря. В настоящее время сбросы с данных очистных сооружений фактически не вовлечены в хозяйственный оборот, но могут стать существенным заделом на будущее. Поскольку в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации [3], для целей орошения могут быть использованы 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 том числе тяжелые металлы, в количествах, не превышающих ПДК для хозяйственно-питьевого водопользования, могут применяться для орошения без ограничений. К тому же необходимо отметить наличие на территории Республики Крым значительного числа пустых водоаккумулирующих сооружений (прудов), которые возможно частично использовать для сбора вод

данной категории [4]. Следует подчеркнуть, что применение отработанных коммунально-бытовых стоков населенных пунктов позволит не только получить дополнительные объемы воды для орошения, но и улучшить общую экологическую обстановку в регионе. Как было отмечено выше, не все населенные пункты Крымского региона канализованы. На данных территориях широко используются сливные и выгребные ямы, а это, в свою очередь, оказывает негативное воздействие на верхние незащищенные горизонты подземных вод, почву на прилегающих к данным сооружениям участках и т. п.

Морские воды. В 2015 г. более чем в 5 раз возрос забор морской воды, но данная категория ресурса (после предварительной подготовки) применяется в основном для промышленных и коммунально-хозяйственных нужд прибрежных территорий. В настоящее время существующий уровень технологий по опреснению морской воды не позволяет конкурентоспособно использовать этот источник для эффективного ведения орошаемого земледелия, так как затраты на выращивание продукции будут значительно превышать полученную прибыль. На данном этапе развития экономики Крымского региона бюджет республики не готов предоставить средства на компенсацию разницы в тарифах.

Слабоминерализованные подземные воды. Одним из резервов повышения водообеспеченности аграрного комплекса региона могут быть запасы слабоминерализованных подземных вод.

Часть подземных водозаборов Крыма, особенно в его северной и западной частях, находятся в сложных условиях эксплуатации. Это, прежде всего, загрязнение воды и повышенная минерализация, которая наблюдается на 186 водозаборах и в отдельных местах достигает 5 г/дм^3 [5]. Использовать такую воду для целей орошения без дополнительной подготовки нельзя, поэтому возникает вопрос о возможности доведения этих вод до соответствующего качества. На практике для обессоливания воды применяют четыре метода: выпаривание, ионный обмен, обратный осмос и электродиализ. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, однако передовыми и наиболее эффективными являются способы опреснения воды на основе технологии обратного осмоса и электродиализа.

Для доведения некондиционных вод до необходимых норм требуются определенные материальные затраты и, прежде всего, это затраты на электроэнергию и соответствующее оборудование. Одним из главных факторов, снижающих активное внедрение таких установок, является высокое потребление энергии в ходе процесса. Так, например, на удаление 1 кг соли необходимо около 2 кВт·ч электроэнергии. Также немаловажно и то, что при увеличении солесодержания в исходной воде энергопотребление установок также будет возрастать. В конечном итоге стоимость 1 м^3 воды, по разным данным, будет колебаться в пределах 0,5–1,0 долл. США.

При низком содержании соли в исходной воде и необходимости получения значительного объема воды предпочтение отдается технологии электродиализа. В случаях малой производительности следует применять обратный осмос. При обессоливании почти любых типов вод, предназначенных для хозяйственно-питьевого водоснабжения или орошения, капитальные затраты на установки обратного осмоса ниже, чем на установки электродиализа. Однако другие факторы, в частности, подготовка воды, низкий выход очищенной воды и т. п. сводят на нет преимущества первичных капитальных вложений. В любом случае в каждой конкретной ситуации в зависимости от показателей и свойств исходной воды, ее необходимых объемов и требований к ее качеству после опреснения необходимо просчитывать, какой метод очистки выбрать.

Возможность использования данного дополнительного источника воды пока только прорабатывается. При этом следует отметить, что значительное преимущество применения обессоленных слабоминерализованных подземных вод в сравнении с опресненными морскими водами заключается в исключении или существенном сокращении затрат на транспортировку подготовленной воды к месту водовыдела – на орошае-

мый участок (основной массив орошаемых земель сосредоточен в степной центральной зоне Республики Крым), а также снижении стоимости самого процесса обессоливания, так как рассматривается вариант использования слабоминерализованных вод (до 5 г/л).

Выводы. Орошение является неотъемлемым фактором устойчивого социально-экономического развития региона. В результате проведенных аналитических исследований для стабильного функционирования подотрасли орошаемого земледелия необходимо:

- повысить водообеспеченность сельскохозяйственной отрасли за счет использования дополнительных (альтернативных) источников;
- максимально использовать для целей орошения имеющиеся очищенные сточные воды и при необходимости аккумулировать их в пустых прудах, расположенных на территории полуострова;
- проводить своевременные текущие и капитальные ремонты на очистных сооружениях, а при надобности их реконструкцию и модернизацию;
- повысить степень канализования сельских и городских населенных пунктов с установкой при потребности локальных очистных сооружений;
- оценить эффективность использования обессоленных слабоминерализованных подземных и поверхностных вод для целей орошения в степной зоне Крымского региона.

Список использованных источников

1 Крым в параметрах устойчивого развития / Крымская академия наук, Крымская республиканская ассоциация «Экология и мир». – Симферополь: Оригинал-М, 2008. – 192 с.

2 Волкова, Н. Е. Повышение роли водопользователя в системе орошаемого земледелия на примере Республики Крым / Н. Е. Волкова, Р. Ю. Захаров // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр. – Симферополь, 2015. – № 1(53). – С. 124–133.

3 СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. – Москва: Минздрав России, 1997. – 13 с.

4 Захаров, Р. Ю. Очищенные сточные воды как альтернативный источник наполнения прудов РК / Р. Ю. Захаров, Н. Е. Волкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – Новочеркасск, 2015. – № 2(58). – С. 100–106.

5 Иванютин, Н. М. Подземные воды Крыма. Проблемы и перспективы использования / Н. М. Иванютин // Таврический вестник аграрной науки. – Симферополь. – 2015. – № 2. – С. 95–101.

УДК 631.432.21:631.53.032

А. Г. Лапшова

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

ОРОШЕНИЕ СОИ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПОВОЛЖЬЯ

Целью исследований являлось изучение поливного режима по схеме 70–80–70 % НВ. На посевах сои указанный режим был применен для трех перспективных для выращивания в Поволжском регионе сортов с различными периодами вегетации: Чера 1, Соер 4, Арлета. Выделены три основные фазы развития культуры: первая – сев – начало цветения; вторая – начало цветения – молочная спелость зерна; третья – молочная спелость – полная спелость зерна. В течение вегетации культуры слой увлажнения на уровне корнеобитаемых слоев почвы изменялся от 0,4 до 0,6 м, при постоянной верхней границе 100 % от НВ нижняя граница влажности дифференцировалась от 70 до 80 % НВ. Поливы каждого сорта проводились поочередно, нормы и сроки назначались согласно складывающимся условиям микроклимата на экспериментальных делянках. Установлена величина суммарного водопотребления каждого сорта: максимальное зна-

чение у сорта Соер 4 – 415,6 мм, минимальное значение у сорта Чера 1 – 371,5 мм и рассчитаны коэффициенты водопотребления. Сорт сои Арлета оптимально расходовал влагозапасы при режиме орошения 70–80–70 % НВ, коэффициент водопотребления составил 1523 м³/т при урожайности 2,58 т/га. Исследуемый режим орошения по схеме 70–80–70 % НВ способствует получению высоких урожаев сортов сои с различными периодами вегетации в сухостепном Поволжском регионе: Чера 1, Соер 4, Арлета. При данном оросительном режиме рационально используются водные ресурсы, что отвечает требованиям сохранения благоприятной мелиоративной обстановки на посевных площадях сои.

Ключевые слова: режим орошения, сорта сои, период вегетации, фазы развития, суммарное водопотребление, коэффициент водопотребления, урожайность.

В условиях сухостепной зоны на орошаемых площадях Поволжского региона перспективно возделывание сои.

Разработка режимов орошения в процессе выращивания сортов сои проводится в рамках реализации научно-технического обеспечения федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» [1].

Водопотребление сельскохозяйственных культур, в том числе и сои, напрямую зависит от метеорологических условий района произрастания.

Исследования по изучению орошения сои проводились в 2013–2015 гг. в сухостепной зоне Поволжья Саратовской области на полях ОПХ ВолжНИИГиМ. Водоем – река Волга, Энгельская оросительная система.

В 2015 г. проводились исследования по установлению урожайности и суммарного водопотребления сои при дифференцированном режиме орошения. Изучались перспективные сорта сои для сухостепной зоны с различными периодами вегетации: Чера 1, Соер 4, Арлета (таблица 1).

Таблица 1 – Период вегетации сортов сои при орошении в условиях сухостепной зоны Поволжского региона, 2015 г.

Наименование сорта	Оригинатор	Период вегетации, дни
Чера 1	ФГБНУ «Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока», ФГБНУ «Чувашский НИИСХ»	99
Соер 4	ФГБНУ «Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока»	107
Арлета	ООО Компания «Соевый комплекс», г. Краснодар	114

Почвы опытного участка темно-каштановые, суглинистые, типичные для орошаемого массива Саратовского Поволжья.

Мощность перегнойного горизонта (А + В) колеблется от 40 до 50 см, содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 2,53 %. В поглощенном комплексе содержится обменный натрий. В связи с этим структура непрочная, комковатая, верхний слой часто распылен. Реакция почвенного раствора пахотного горизонта слабощелочная.

Характеристика водно-физических свойств почвы опытного участка: плотность пахотного горизонта – 1,24–1,30 т/м³, метрового – 1,39–1,41 т/м³; пористость – 48 %; плотность твердой фазы – 2,63–2,68 г/см³; наименьшая влагоемкость (НВ) – 20,7–21,2 %; влажность завядания – 8,7 % к абсолютно сухой почве.

Слабоминерализованные грунтовые воды залегают на глубине 15–16 м. Полив сои осуществлялся ДМ-394-80 «Фрегат».

В период проведения исследований фиксировались основные метеопараметры: температура воздуха, атмосферные осадки, влажность воздуха.

Исследования по орошению с назначением норм и сроков поливов проводились в сухостепной зоне Поволжья на полях ОПХ ВолжНИИГиМ, расположенных в Энгельсском районе Саратовской области, в соответствии с календарным планом исследований на 2015 г. и общепринятыми методиками опытного дела («Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», 1985; «Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте» НИИСХ Юго-Востока, 1973; ВНИИМК, 1983; «Методика полевого опыта» [1–7]).

В опытах применен систематический метод размещения вариантов по деланкам прямоугольной формы площадью 100 м² в четырехкратной повторности, расположенным в разных секторах, полив проводился дождевальной машиной «Фрегат». Водопотребление сои определяли по методу водного баланса [3].

Отбор почвенных образцов производился в соответствии с общепринятыми методиками и нормативами (ГОСТ 17.4.3.01-83). Контроль влажности почвы в каждом из вариантов осуществлялся на основе термостатно-весового метода (ГОСТ 28268-89). Наблюдения велись послойно через 0,1–1,0 м. Общая влажность в слое рассчитывалась исходя из результатов влажности отдельных слоев. Образцы почвы на влажность отбирались в четырехкратной повторности непосредственно перед поливом, через 1–3 сут после полива или выпадения большого количества осадков.

В межполивной период контроль влажности почвы проводился через 5 сут.

На протяжении всего вегетационного периода сои осуществлялись наблюдения за фенологическими фазами развития культуры.

В опыте изучался поливной режим для трех сортов сои (таблица 2). В основные фазы развития сои слой увлажнения на уровне корнеобитаемых слоев почвы изменялся от 0,4 до 0,6 м, нижняя граница влажности дифференцировалась от 70 до 80 % НВ, верхняя граница была постоянной – 100 % НВ.

Таблица 2 – Оптимальный режим орошения сои 70–80–70 % НВ

Сорт	Период развития культуры (по фазам)	Расчетный слой, м	Верхняя граница влажности, % от НВ	Нижняя граница влажности, % от НВ
Чера 1 Арлета Соер 4	Сев – начало цветения	0,4	100	70
	Начало цветения – молочная спелость	0,6		80
	Молочная спелость – полная спелость			70

Вегетационный период сои разделен на три подпериода: первый – сев – начало цветения; второй – начало цветения – молочная спелость зерна; третий – молочная спелость – полная спелость зерна.

В течение вегетации для всех сортов сои влажность в основные фазы развития поддерживалась в пределах 70–80–70 % от НВ. Глубина отбора проб почвы во все периоды равнялась 1,0 м.

Поливы каждого сорта проводились поочередно, нормы и сроки устанавливались согласно складывающимся условиям увлажнения почвы на экспериментальных деланках. Поливной режим представлен в таблице 3.

Величина суммарного водопотребления (ЕТ) колебалась у исследуемых сортов от 371,5 до 415,6 мм [6]. Максимальные значения этого показателя наблюдались у сорта Соер 4 (415,6 мм), минимальные – у сорта Чера 1 (371,5 мм). Значения параметров, составляющих водный баланс посевов изучаемых сортов сои, представлены в таблице 4.

В варианте сорта сои Соер 4 оросительная норма составила 89,0 % от водопотребления, осадки – 17,6 %, использованные естественные влагозапасы – 5,8 % от ЕТ.

Проведенные нами исследования позволили выявить потенциальные способности урожайности сортов сои при дифференцированном орошения по схеме 70–80–70 % НВ.

Таблица 3 – Поливной режим сортов сои, 2015 г.

Вариант	Оросительная норма (за период вегетации), м ³ /га	Средняя полив- ная норма, м ³ /га	Число поливов, шт.
Сорт Черя 1	2850	350	2
		400	4
		600	1
Сорт Арлета	3220	350	2
		400	5
		600	1
Сорт Соер 4	3700	350	2
		400	6
		600	1

Таблица 4 – Суммарное водопотребление сои, 2015 г.

Элемент водного баланса	Вариант увлажнения					
	Сорт Черя 1		Сорт Арлета		Сорт Соер 4	
	мм	% от ЕТ	мм	% от ЕТ	мм	% от ЕТ
Атмосферные осадки	73	19,7	73	18,6	73	17,6
Оросительная норма	285	76,7	322	81,9	370	89,0
Использованные влагозапасы	19	5,1	16	4,1	24	5,8
Инфильтрация	5,5	1,5	18,0	4,6	51,4	12,4
Суммарное водопотребление	371,5	100,0	393,0	100,0	415,6	100,0

Максимальная урожайность сои выявлена у сорта Соер 4 (2,64 т/га), минимальная урожайность получена у сорта Черя 1 (2,21 т/га).

Исследуемые сорта сои неодинаково проявили себя по коэффициентам водопотребления (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность и коэффициент водопотребления сои, 2015 г.

Параметр	Вариант сортов		
	Черя 1	Арлета	Соер 4
Водопотребление, м ³ /га	3715	3930	4156
Урожайность, т/га	2,21	2,58	2,64
Коэффициент водопотребления, м ³ /т	1681	1523	1574

Максимальный коэффициент водопотребления был у сорта Черя 1 (1681 м³/т), минимальный – в варианте сорта Арлета (1523 м³/т).

В варианте сорта Соер 4 урожайность достигала 2,64 т/га при коэффициенте водопотребления 1574 м³/т, а у сорта Арлета с урожайностью 2,58 т/га коэффициент водопотребления составил 1523 м³/т, что характеризует эффективность использования сортом влажности почвы.

Выводы. Исследуемый дифференцированный режим орошения сои по схеме 70–80–70 % НВ в сухостепном Поволжском регионе способствовал получению высоких урожаев сортов сои Черя 1, Соер 4, Арлета с различными периодами вегетации при рациональном использовании водных ресурсов, что отвечает экологическим требованиям сохранения благоприятного мелиоративного состояния почвы на посевных площадях сои.

Список использованных источников

1 Возделывание семенных посевов перспективных сортов сои в условиях орошения сухостепной зоны Поволжского региона / В. А. Шадских и [др.] // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2015. – Вып. 4(20). – С. 57–72.

2 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.

3 Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от влагообеспеченности / А. В. Кравчук и [др.] // Основы рационального природопользования: материалы IV междунар. науч.-практ. конф. – 2013. – С. 239–242.

4 Кравчук, А. В. Роль верхнего порога влажности при назначении режимов орошения сельскохозяйственных культур / А. В. Кравчук // Научное обозрение. – 2015. – № 3. – С. 29–32.

5 Кравчук, А. В. Зона активной работы корневой системы / А. В. Кравчук, Е. Н. Бессмольная, Д. В. Васильченко // Научное обозрение. – 2013. – № 12. – С. 11–14.

6 Суммарное водопотребление сои на темно-каштановых почвах сухой степи / А. В. Кравчук, Ю. В. Бондаренко, Ф. В. Серебренников, А. Г. Лапшова // Научная жизнь. – 2015. – № 6. – С. 127–133.

7 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2010. – 352 с.

УДК 626.8.083.74

М. В. Власов

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

РАСЧЕТ НОРМАТИВНЫХ ЗАТРАТ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ОТДЕЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Целью исследований являлся расчет удельных нормативных затрат на эксплуатацию государственных мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. В процессе исследований проведен расчет удельных нормативных затрат на содержание и ремонт гидротехнических сооружений, содержание, очистку и окашивание межхозяйственных оросительных каналов и коллекторов, содержание и текущий ремонт насосных станций, содержание и ремонт транспортных средств, содержание и ремонт основных фондов.

Ключевые слова: нормативные затраты, выполнение государственной работы, мелиоративные системы, гидротехнические сооружения, государственное задание.

Одним из важнейших факторов эффективного выполнения государственного задания является выделение экономически обоснованных объемов средств на выполнение государственных работ.

Отсутствие современных нормативно-методических документов является серьезной проблемой, затрудняющей экономическое обоснование расчетов при выделении средств из бюджетов всех уровней и других источников финансирования и, как следствие, организацию эффективного выполнения государственных работ при выполнении государственного задания.

Анализ действующей нормативно-правовой и нормативно-методической документации показал, что в настоящее время научно-исследовательскими и проектными организациями Минсельхоза России продолжают работы по созданию нормативно-методической базы в мелиорации (в том числе два нормативно-методических документа разрабатывает в настоящий момент ФГБНУ «РосНИИПМ»). Вместе с тем в разрабатываемых нормативах не рассматриваются вопросы нормирования затрат на выполнение государственных работ федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя.

В данной работе приведены рассчитанные основные удельные нормативные затраты на выполнение работ, входящих в состав государственной работы «Эксплуатация государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление».

Для расчета удельных нормативных затрат использованы следующие исходные материалы:

- правительственное постановление, приказы министерств [1–3];
- сметные расчеты на выполнение государственных работ;
- паспорта мелиоративных систем (<http://mcx-dm.ru/gts>);
- отчетные данные, предоставленные федеральными государственными бюджетными учреждениями по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению.

При расчетах применялся аппарат математической статистики, а также аппроксимация и интерполяция.

Рассчитанные удельные нормативные затраты не предусматривают расходы на капитальный ремонт каналов, гидротехнических и других сооружений оросительных систем. Удельные нормативные затраты представлены в форме таблиц 1–6 и содержат показатели удельных затрат по отдельным видам расходов и мероприятий и устанавливают зависимость размера этих затрат от показателей технической оснащенности оросительных систем. Удельные нормативные затраты на выполнение государственных работ устанавливаются с учетом наличия обслуживаемых системами орошаемых (осушаемых) площадей.

Таблица 1 – Показатели удельных затрат на содержание и ремонт гидротехнических сооружений

В руб./га орошаемых земель

Площадь, обслуживаемая одним головным водозабором, тыс. га	Вид затрат	Удельное количество гидротехнических сооружений на межхозяйственных оросительных каналах и коллекторах					
		1	3	5	10	15	20
До 1	Всего	140,06	166,48	199,52	272,19	358,08	430,75
	в том числе текущий ремонт	79,28	85,88	99,10	145,34	158,56	191,59
1–3	Всего	158,56	183,66	220,66	303,90	395,08	478,32
	в том числе текущий ремонт	97,77	103,06	120,24	163,84	195,55	239,16
Более 3	Всего	192,91	220,66	265,68	358,08	463,79	562,89
	в том числе текущий ремонт	132,13	140,06	165,16	224,62	264,28	323,72

Таблица 2 – Показатели удельных затрат на содержание, очистку и окашивание межхозяйственных оросительных каналов и коллекторов

В руб./га

Тип местности и район расположения систем	Средний % механизации очистки	При удельной протяженности межхозяйственных каналов, м/га						
		2	3	5	7	10	15	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Содержание и нивелировка межхозяйственных оросительных каналов и коллекторов								
В любом районе	–	10,6	16,9	26,4	36,4	52,9	79,9	105,7

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Очистка и окашивание оросительных каналов								
В бассейнах рек Терек и Кубань	90	136,1	198,2	290,7	375,3	495,5	703,0	885,3
В бассейнах остальных рек	50	44,90	63,40	100,40	117,60	163,80	228,59	286,70
Верхние предгорные и горные районы	80	17,2	25,1	37,0	47,6	60,8	91,2	113,6
Дельты рек и приморские низменности	98	260,3	375,3	549,7	656,3	932,9	1326,6	1692,6
Очистка и окашивание коллекторов								
В любом районе	98	112,3	134,8	251,1	323,7	422,8	627,6	714,2

Таблица 3 – Показатели удельных затрат на содержание и текущий ремонт насосных станций (включая энергетические устройства при насосных станциях)

Вид затрат	Руб./тыс. м ³ воды, поднимаемой на высоту 1 м при манометрическом напоре, м		Руб./1 кВт установленной мощности для насосных станций с электродвигателями; руб./1 л.с. для насосных станций с тепловыми двигателями; при установленной мощности каждой насосной станции: тыс. кВт – для электрифицированных, тыс. л.с. – для тепловых						
	< 10	> 10	< 0,25	0,5	1	2	5	10	20
А. При насосах с электродвигателями									
Всего	9,2	6,6	3316,6	2352,0	1638,5	1057,0	555,0	383,2	330,3
в том числе текущий ремонт	–	–	673,9	502,1	317,1	277,5	211,4	198,2	185,0
Б. При насосных станциях с тепловыми двигателями									
Всего	17,2	13,2	3964,0	3500,6	3012,7	2299,0	1347,8	832,4	766,4
в том числе текущий ремонт	–	–	924,93	858,90	753,20	673,90	581,40	528,50	462,50

Таблица 4 – Показатели удельных затрат на содержание и ремонт транспортных средств

В руб./га орошаемых земель

Вид затрат	Затраты при площади орошения земель, тыс. га			
	до 5	5–10	11–20	Более 20
При самотечном орошении				
Всего	237,84	142,70	99,10	84,56
в том числе текущий ремонт	85,88	47,56	34,35	29,06
При механическом водоподъеме				
Всего	330,33	184,98	129,49	101,74
в том числе текущий ремонт	112,31	62,10	43,60	34,35

Таблица 5 – Удельная балансовая стоимость транспортных средств при полной обеспеченности ими

В руб./га орошаемых земель

Способ орошения	Площадь орошения, тыс. га			
	до 5	5–10	11–20	Более 20
Самотечный	231,23	130,81	95,13	81,92
Машинный	321,08	177,05	122,88	97,77

Таблица 6 – Показатели удельных затрат на содержание и ремонт основных фондов, не учтенных таблицами 1–5

В руб./га орошаемых (осушаемых) земель

Вид основных фондов	Эксплуатационные затраты	
	всего	в том числе на текущий ремонт
Средства автоматизации управления системой	100,42	70,03
Объекты энергетического хозяйства (кроме энергетических устройств при насосных станциях)	52,85	39,64
Наблюдательные скважины	21,14	13,21
Эксплуатационные дороги (улучшенные)	203,48	166,48
Дамбы оградительные	46,24	40,96

Показатели таблицы 1:

- учитывают затраты на содержание всех видов гидротехнических сооружений на межхозяйственных оросительных каналах и коллекторах, включая головные водозаборы (кроме насосных станций);

- включают расходы на содержание гидрометрических постов всех видов при регулирующих сооружениях;

- не учитывают затраты на текущий ремонт облицовок каналов, показатели этих расходов приведены в пояснениях к таблице 2;

- соответствуют условиям среднепересеченного рельефа; при спокойном рельефе (плоская, слабопересеченная местность) показатели корректируются коэффициентом 0,95, при пересеченном рельефе (резко всхолмленная, пересеченная оврагами и ложбинами местность с наличием бессточных впадин) соответственно корректируются коэффициентом 1,25;

- не учитывают затраты на ремонт сооружений, связанный с просадочными явлениями, а также их повторный ремонт по причине повреждения селевыми потоками. Эти расходы следует определять отдельными сметными расчетами.

Показатели таблицы 2:

- соответствуют среднему уровню механизации очистки. При снижении процента механизации показатели следует увеличивать на 0,6 %, а при повышении – сокращать на 0,6 % за каждый процент изменения уровня механизации;

- не включают в себя затраты на текущий ремонт облицовки каналов, которые следует учитывать дополнительно из расчета 18,5 руб./пог. м облицованного канала;

- не учитывают расходы по повторной очистке каналов и коллекторов, заиляемых селевыми потоками, а также затраты на ремонт каналов, связанный с просадочностью грунтов.

В таблице 3:

- расходы на содержание и текущий ремонт определяются отдельно по каждой насосной станции с суммированием затрат, зависящих от количества подаваемой воды и напора (графы 2, 3) и затрат, зависящих только от установленной мощности насосной станции (графы 4–10). При этом показатели граф 2, 3 следует умножить на величину манометрического напора, м;

- при дизельных насосных станциях, скомплектованных из отдельных агрегатов с насосами малой производительности, показатели раздела «Б» графы 4–10 следует корректировать поправочным коэффициентом 1,5;

- показателями могут быть определены затраты на эксплуатацию всех видов оросительных и дренажных насосных станций, кроме вертикального дренажа. Затраты на эксплуатацию скважин вертикального дренажа определяются в каждом случае соответствующим сметным расчетом; при отсутствии данных для каждого расчета могут быть использованы следующие показатели затрат на содержание и текущий ремонт (без включения расходов на установку и замену электро- и гидромеханического оборудования): на одну скважину, независимо от высоты подъема и количества поднятой воды – 264,260 тыс. руб., в том числе текущий ремонт – 42,283 тыс. руб.; на подъем воды – по нормативам граф 2, 3 с применением поправочного коэффициента 1,15;

- затраты на эксплуатацию насосных станций мощностью более 20 тыс. кВт следует определять отдельным сметным расчетом;

- показатели граф 2 и 3 раздела «А» соответствуют расходу электроэнергии на 1 тыс. м³ воды, поднимаемой на высоту 1 м, при напоре до 10 м – 6,5 кВт·ч, при напоре более 10 м – 4,6 кВт·ч (расход электроэнергии принимается по показаниям счетчика питающей электростанции). При ином расходе электроэнергии показатели граф 2 и 3 следует корректировать пропорционально изменению расхода электроэнергии;

- для автоматизированных электрифицированных насосных станций с дистанционным управлением показатели граф 2–10 по строке «Всего» следует корректировать коэффициентом 0,7, а по строке «В том числе текущий ремонт» – 1,05;

- для плавучих насосных станций показатели граф 4–10 следует корректировать коэффициентом 1,2;

- для насосных станций, расположенных в высокогорных районах или размещенных вдали от населенных пунктов и поселков эксплуатационных участков, показатели по графам 4–10 разделов «А» и «Б» следует корректировать коэффициентом 1,12.

В таблице 4 показатели рассчитаны для условий полной обеспеченности оросительных систем средствами транспорта. В этом случае удельная балансовая стоимость транспортных средств выражается показателями, приведенными в таблице 5. В случае иной обеспеченности оросительных систем транспортными средствами нормативы эксплуатационных затрат изменяются пропорционально изменению их удельной балансовой стоимости.

Рассчитанные удельные нормативные затраты позволяют производить экономически обоснованные расчеты расходов на выполнение государственной работы «Эксплуатация государственных мелиоративных систем, отдельно расположенных гидротехнических сооружений и другого государственного имущества, переданного учреждению в оперативное управление» федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя и, как следствие, организацию эффективного выполнения государственной работы при реализации государственного задания.

Список использованных источников

1 О порядке формирования государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) в отношении федеральных государственных учреждений и финансового обеспечения выполнения государственного задания: Положение о формировании государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ) в отношении федеральных государственных учреждений и финансовом обеспечении выполнения государственного задания: утв. постановлением Правительства РФ от 26 июня 2015 г. № 640 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

2 Об утверждении общих требований к определению нормативных затрат на оказание государственных (муниципальных) услуг, осуществление которых предусмотрено бюджетным законодательством Российской Федерации и не отнесенных к иным видам деятельности, применяемых при расчете объема финансового обеспечения выполнения государственного (муниципального) задания на оказание государственных (муниципальных) услуг (выполнение работ) государственным (муниципальным) учреждением: приказ Минфина России от 1 июля 2015 г. № 104н // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

3 Об утверждении Порядка определения нормативных затрат на выполнение государственных работ федеральными государственными бюджетными учреждениями, в отношении которых Минсельхоз России осуществляет функции и полномочия учредителя: приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 20 июня 2016 г. № 245 // Гарант Эксперт 2016 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2016.

УДК 628.334.51

Е. А. Дугин

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация; Научно-производственное объединение «Ортех-ЖКХ», Волгоград, Российская Федерация

А. Е. Новиков

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация; Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Российская Федерация

В. И. Пындак

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Российская Федерация

МОДЕРНИЗАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ПО УТИЛИЗАЦИИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЧАСТНЫХ ДОМОВЛАДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ

В работе рассматривается вопрос совершенствования системы водоотведения хозяйственно-бытовых сточных вод от частных домовладений и их последующая утилизация. После модернизации существующих септиков и накопителей локальной системы очистки образовавшаяся вода может служить для орошения садового участка, а иловый осадок – в качестве удобрения. Разработанное технологическое решение позволяет улучшить экологическую безопасность в области отходов хозяйственно-бытовых сточных вод. Взамен образования жидких бытовых отходов с неприятным запахом и последующей необходимостью их регулярного вывоза при применении локальной системы очистки достигается глубокая минерализация илового осадка с возможностью его использования в качестве удобрения-мелиоранта, вторичное потребление водных ресурсов на технические нужды и полив.

Ключевые слова: частные домовладения, хозяйственно-бытовые сточные воды, биологическая очистка, канально-модульный отстойник, канальный илоотделитель.

Хозяйственно-бытовые сточные воды от частных домовладений представляют собой благоприятную среду для развития микроорганизмов, следовательно, появления процессов гниения и неприятного запаха, которые являются источником серьезной санитарной опасности. Важность регулярного сбора и своевременной утилизации жидких отходов в результате жизнедеятельности человека зависит от типа их происхождения, степени токсичности, гигиенической опасности, вида территории (промышленная зона, населенный пункт), а также температуры окружающей среды и времени года. Необхо-

димостью своевременного вывоза отходов является важнейшим показателем санитарного благополучия города, его экологической безопасности. Утилизация жидких отходов осуществляется методом их слива на специально отведенные сливные станции.

Существуют способы и локальные системы, которые позволяют произвести очистку сточных вод до допустимого по санитарным нормам уровня, исключая все негативные процессы, которые присущи при эксплуатации накопителей в виде септиков или выгребных ям [1–3]. Установка станций локальной очистки в большей степени возможна при новом строительстве, когда планируются будущий ландшафт и система водоотведения.

Для модернизации существующих септиков предлагается система автономной биологической очистки в виде канально-модульного отстойника (КМО), монтаж которого не требует выполнения дорогостоящих и трудоемких работ, как в случае строительства новых станций.

КМО устанавливается в существующий накопитель сточных вод (выгребная яма, септики, накопительные емкости). Основным условием при монтаже КМО в существующий накопитель является его герметичность, поэтому при отсутствии данного условия накопитель предварительно герметизируется.

КМО представляет собой компактную емкость с герметичным дном, на котором установлено технологическое оборудование для локализации системы очистки (мелко- и крупнопузырчатые аэраторы, эрлифты). КМО работает по принципу стандартных станций биологической очистки сточных вод [4]. При установке КМО в накопитель образуются две технологические зоны: аэротенк и вторичный отстойник. Стены существующего септика служат модульным корпусом образованной станции (рисунок 1).

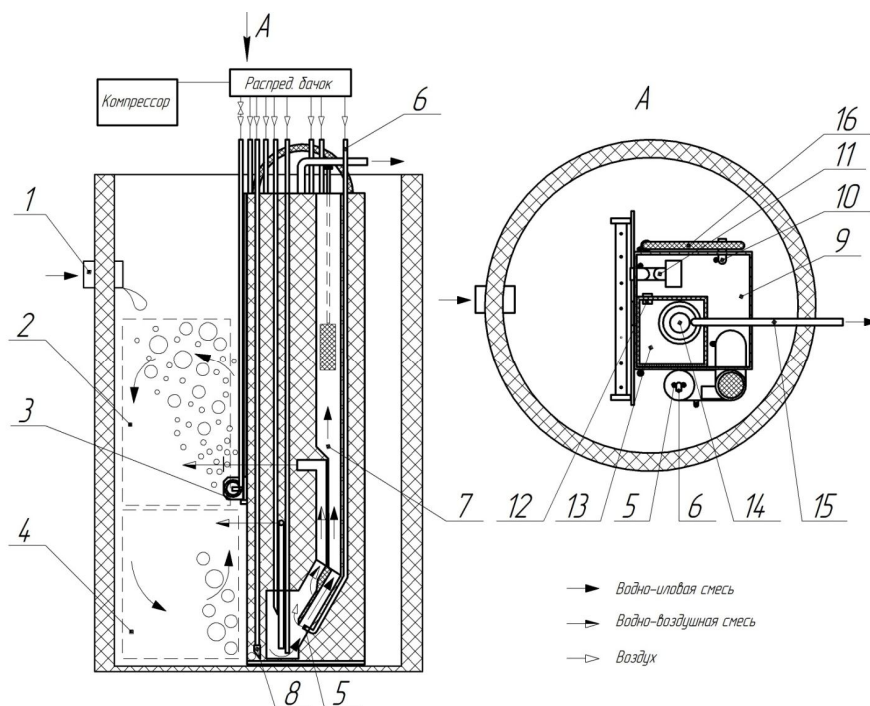


Рисунок 1 – КМО, смонтированный в накопительном колодце

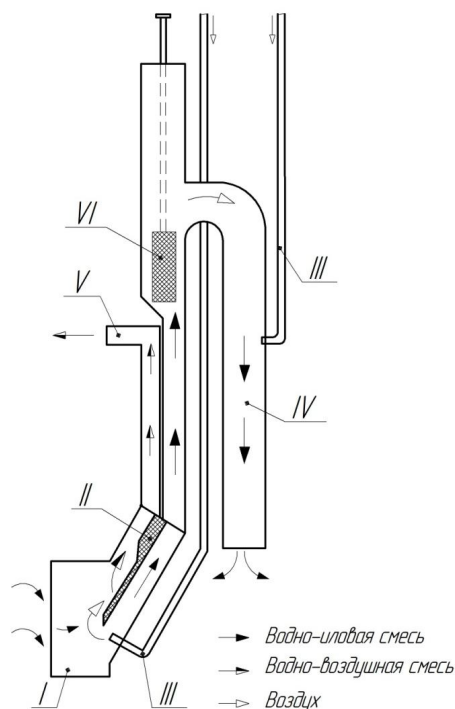
Аэрационный элемент 3, установленный на средней высоте с внешней стороны отстойника, разделяет «рабочий» объем станции на верхнюю (аэробную) 2 и нижнюю (анаэробную) 4 зоны, функционально создавая вертикально-зональную аэрацию.

В верхней зоне создаются условия для нитрификации и регенерации, а в нижней (подаэраторной) части образуется зона денитрификации. Для обеспечения перемешивания водно-иловой смеси у придонной части анаэробной зоны установлены крупнопузырчатые аэраторы 8.

Корпус КМО 9 (осуществляющий функции вторичного отстойника) выполнен из полипропиленовых листов и представляет собой вертикальную емкость с герметичным дном. Для удаления осевшего активного ила и образованной на поверхности биопленки внутри отстойника установлены эрлифты. Анаэробная зона аэротенка и вторичный отстойник технологически связаны между собой посредством канального илоотделителя 7. Все технологические элементы станции выполнены из полимерных материалов. Для системы аэрации и работы эрлифтов к КМО подключен мини-компрессор. Подача воздуха осуществляется в постоянном режиме. Через воздухораспределительный бачок воздух распределяется по технологическим элементам станции через шланги ПВХ, подсоединенные к жиклерам технологических элементов. Для регулирования производительности мелкопузырчатого аэратора 3 на подводящем трубопроводе установлена запорная арматура.

Принцип работы КМО заключается в следующем. Загрязненные сточные воды через входной патрубок 1 поступают в зону окисления 2 приемной камеры аэротенка, где за счет вертикально-ступенчатой аэрации поддерживается высокий уровень растворенного кислорода. Под действием мелкопузырчатого аэратора 3 в приемной камере происходит процесс не только окисления и разложения органики, но и процесс регенерации иловой смеси, поступающей из вторичного отстойника. Далее сточные воды попадают в нижнюю, подаэраторную анаэробную зону 4. Из-за недостатка кислорода биоценоз в анаэробной зоне начинает поглощать кислород из образованных в зоне окисления нитритов и нитратов.

Через воздушную пробку, образованную обдувкой 5 циркуляционного эрлифта 6, водно-иловая смесь под действием потока поступает в канальный илоотделитель 7, который отдельно вынесен на рисунок 2. Большая часть ила задерживается и перемешивается с помощью крупнопузырчатого аэратора 8 в анаэробной зоне.



I – делитель потока; *II* – перегородка; *III* – обдувка;
IV – канальный успокоитель; *V* – канал рециркуляции; *VI* – плавающая биоагрузка

Рисунок 2 – Канальный илоотделитель

Водно-иловая смесь в канальном илоотделителе проходит по трем последовательно установленным камерам: делитель потока, плавающая биоагрузка и канальный

успокоитель. В делителе потока под действием пузырьков воздуха образуется спиральное движение восходящего потока. Здесь же установлена перегородка, которая позволяет отделять вихревой поток от общего потока, тем самым вынося с собой взвешенные вещества в рециркуляционный канал, направленный в аэробную зону. Пройдя через делитель потока, сточная вода по восходящей траектории проходит через плавающую биоагрузку. Биоагрузка позволяет иммобилизовать активный ил, удерживая на себе медленно растущие формы микроорганизмов. Образующаяся биопленка, состоящая как из аэробных, так и анаэробных микроорганизмов, создает дополнительный контур доочистки от остаточных загрязнений. Далее уже осветленная вода поступает через перелив в канальный успокоитель, откуда по нисходящей траектории отводится в придонную часть вторичного отстойника 9.

К верхней части успокоителя подается воздух. Пузырьки воздуха, образующие обратный течению воды противоток, частично отталкивают взвеси ила от успокоителя, возвращая их на плавающую биоагрузку. Трехступенчатая система канального илоотделителя позволяет интенсифицировать процесс илоотделения и тем самым в целом повысить эффективность очистки сточных вод.

Накапливаемый во вторичном отстойнике осадок принудительно по рециркуляционной линии 10 перекачивается в аэробную зону, где в паузах между поступлением сточных вод проводится регенерация активного ила. При подаче сточных вод активный ил перемешивается с загрязненной сточной водой, обеспечивая высокую скорость окисления загрязняющих веществ.

На поверхности вторичного отстойника в результате отстаивания образуется биопленка. Для ее удаления на уровне выходного патрубка в виде U-образного эрлифта установлен удалитель биопленки 11. Далее очищенные сточные воды через переливной патрубок 12 поступают в накопительную емкость чистой воды 13. В накопителе установлен погружной насос 14, который в автоматическом режиме перекачивает воду по напорному трубопроводу 15 за пределы установки.

Удаление избыточного активного ила из придонной части анаэробной зоны производится эрлифтом 16 (режим откачки определяется по результатам эксплуатации установки). Опытный образец КМО в различных ракурсах показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Опытный образец КМО с суточной производительностью 1 м³ (автор фото Е. А. Дугин)

Удаляемый из станции избыточный активный ил абсолютно безвреден для окружающей среды, что обусловлено отсутствием «сырого» осадка. Применяемая технология позволяет нейтрализовать нитриты и нитраты, получить глубоко минерализованный ил, который может использоваться в качестве удобрения-мелиоранта [5], в том числе и для приусадебного хозяйства. Вода, прошедшая биологическую очистку, пригодна для технических нужд и полива.

Использование КМО при модернизации существующих выгребных ям, септиков и других накопителей позволяет улучшить санитарное благополучие, а вместо жидких бытовых отходов получить источник водного ресурса и высокоэффективное органоминеральное удобрение.

Список использованных источников

1 Ламскова, М. И. Возможности и перспективы очистки сточных, оборотных и хозяйственно-бытовых вод природными алюмосиликатами / М. И. Ламскова, А. Е. Новиков // Известия ВолгГТУ. Сер. Реология, процессы и аппараты химической технологии. – 2014. – № 1. – С. 77–80.

2 Электролизер для очистки сточных вод от примесей / А. Б. Голованчиков, Ю. В. Аристова, С. Б. Воротнева, А. Е. Новиков // Известия ВолгГТУ. Сер. Реология, процессы и аппараты химической технологии. – 2012. – Вып. 5. – № 1. – С. 91–93.

3 Модернизация и снижение энергоемкости станций очистки сточных вод / В. И. Пындак, Ю. А. Чернова, А. Е. Новиков, Е. А. Дугин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2016. – С. 27–29.

4 Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М.: Акварос, 2003. – 512 с.

5 Пындак, В. И. Решение проблем отходов и плодородия деградированных земель (на примере Нижнего Поволжья) / В. И. Пындак, А. Е. Новиков, Ю. А. Степкина // Научное обозрение. – 2013. – № 4. – С. 85–89.

УДК 631.671; 631.674; 631.675

В. О. Пешкова, Н. А. Тимофеева, А. Г. Лапшова, Ю. А. Лукашунас

Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

ОРОШЕНИЕ РАЙОНИРОВАННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПОВОЛЖЬЯ

Цель исследований заключалась в оптимизации норм и сроков поливов посевов сои на опытном участке в ОПХ ВолжНИИГиМ. Выбран оптимальный режим орошения для районированных и перспективных сортов сои по фазам развития растений. Предусмотрен умеренный режим орошения, при котором в первую и последнюю стадии роста и развития растений поддерживается предполивной порог влажности до 70 % НВ. Интенсивный режим орошения (75–80 % НВ) пришелся на фазу развития сои начало налива – молочная спелость зерна. Поливной режим носит зональный характер и зависит от почвенно-гидрологических и погодных условий, способа и техники полива. В зависимости от складывающихся весной погодных условий можно проводить предпосевной или провокационный полив нормой 250–300 м³/га. Далее назначаются вегетационные поливы, которые приурочиваются к влагозатратным фазам развития культуры. Определена биологическая урожайность районированных сортов сои, возделываемых при оптимальном орошении 70–80–70 % НВ. У двух районированных сортов сои по региону 8 из Госреестра селекционных достижений (сорт Соер 4 и сорт Грация) и у перспективных сортов Чера 1 и Арлета биологическая урожайность дос-

тигала от 2,5 до 3,5 т/га при коэффициенте водопотребления от 1000 до 1307 м³/т в условиях нормированного орошения, что характеризует эти сорта как высокопродуктивные и урожайные. Прекращение поливов в фазу полной спелости позволяет закладывать зерно без подсушивания или предуборочной десикации на хранение с влажностью не более 14 %. Содержание протеина во всех сортах сои составляло в пределах 36,7–41,0 %, что характеризует зерно как высокобелковое, а содержание жира – 15,8–19,2 %. По результатам исследований представлены нормы орошения и количество вегетационных поливов культуры в разные по влагообеспеченности годы сухостепной зоны Поволжского региона.

Ключевые слова: соя, сорта, орошение, влагообеспеченность, водопотребление.

Введение. Соя является перспективной культурой для возделывания при орошении в условиях сухостепной зоны Поволжского региона.

Получение высоких урожаев сои осложнено нестабильным обеспечением территории атмосферными осадками. В этих условиях орошению принадлежит решающее значение в комплексе агромероприятий по возделыванию этой культуры. Поливной режим носит зональный характер и зависит от почвенно-гидрологических, погодных условий и способа полива [1].

Нормирование орошения и назначение сроков поливов – это основные этапы ресурсосберегающей технологии возделывания, позволяющие получать планируемые урожаи зерна сои, а также являются приемом положительного воздействия на орошаемые площади [2].

Разработка ресурсосберегающего орошения в технологическом процессе возделывания районированных и перспективных сортов сои в сухостепной зоне Поволжского региона проводится в рамках реализации научно-технического обеспечения федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» для повышения эффективности использования мелиорированных земель Российской Федерации и расширения посевов сои.

Материалы и методы. Исследования по разработке ресурсосберегающего орошения в технологическом процессе возделывания посевов районированных и перспективных сортов сои проводились в сухостепной зоне Поволжья на полях ОПХ ВолжНИИГиМ, расположенных в Энгельском районе Саратовской области (2013–2015 гг.).

Наблюдения в опытах проводились в соответствии с календарным планом исследований и общепринятой методикой опытного дела («Рекомендации по методике проведения наблюдений и исследований в полевом опыте» НИИСХ Юго-Востока, 1973; ВНИИМК, 1983; «Методика полевого опыта») [3].

Образцы для характеристики водно-физических свойств почвы отбирались в слое 0–30 см, средний образец взят из десяти почвенных проб по ГОСТ 28268-89.

Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом в 5-кратной повторности, периодичность наблюдений составляла 5–10 дней, глубина определения – до 1,0 м [4]. Суммарное водопотребление рассчитывали по уравнению водного баланса из слоя почвы 1,0 м. Уравнение водного баланса активного слоя почвы следующее:

$$E = \sum M + P + (W_{\text{нач}} - W_{\text{кон}}) \pm B,$$

где E – суммарное испарение за расчетный период, м³/га;

$\sum M$ – сумма поливных норм за расчетный период, м³/га;

P – сумма осадков за расчетный период, м³/га;

$W_{\text{нач}}$ – влагозапасы в слое почвы 1,0 м в начале расчетного периода;

$W_{\text{кон}}$ – влагозапасы в слое почвы 1,0 м в конце расчетного периода;

B – влагообмен активного слоя почвы с нижележащими слоями, м³/га.

В опытах принят оптимальный по глубине увлажнения и предполивному порогу влажности режим орошения по схеме 70–80–70 % НВ.

Вегетационный период сои разделен на три подпериода: первый – всходы – начало цветения; второй – начало цветения – молочная спелость зерна, третий – молочная – восковая спелость зерна.

Проводили исследования по орошению для двух районированных сортов сои селекций ФГБНУ «ВНИИ сои» Россельхозакадемии (г. Благовещенск), ФГБНУ «Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока» (г. Ершов, Саратов), а также для двух перспективных сортов селекций ФГБНУ «Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока» (г. Ершов, Саратов), ООО Компания «Соевый комплекс» (г. Краснодар) (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика сортов сои по данным оригинаторов

Наименование сорта	Оригинатор	Характеристика сорта по данным оригинатора
Районированные сорта сои в регионе 8 (Нижеволжский)		
1 Грация	ФГБНУ «ВНИИ сои» Россельхозакадемии (г. Благовещенск)	Скороспелый сорт, период вегетации – 94 дня, урожайность – 3,30 т/га
2 Соер 4	ФГБНУ «Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока» (г. Ершов, Саратов)	Скороспелый сорт, период вегетации – 104 дня, урожайность – 2,03 т/га
Перспективные сорта сои		
3 Черя 1	ФГБНУ «Ершовская ОСОЗ НИИСХ Юго-Востока» (г. Ершов, Саратов)	Ультраскороспелый сорт, период вегетации – 94–116 дней, урожайность – 3,10 т/га
4 Арлета	ООО Компания «Соевый комплекс» (г. Краснодар)	Среднеспелый сорт, период вегетации – 108 дней, урожайность – 3,40 т/га

Полевой опыт заложен для четырех сортов сои в 3-кратной повторности на площади 216 м², площадь опытной делянки – 18 м², защитные полосы – 0,60 м, междурядье – 0,30 м (18 м² × 4 сорта × 3 повторности = 216 м²).

Биологическая урожайность зерна определялась с каждой делянки по пробным снопам с 1 м² в 10-кратной повторности для каждого сорта. Зерно с 1 м² приведено к стандартной 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте, и определен вес в 10-кратной повторности.

Определение содержания протеина и жира в зерне сои проводили в агрохимической лаборатории ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» по ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина», по ГОСТ 13496.15-97 «Корма, комбикорма, кормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира» с изменением № 1, принятым в марте 2004 г. (ИУС 6-2004).

Результаты и обсуждение. Исследования по режиму орошения районированных и перспективных сортов сои проводились на основании результатов экологического сортоиспытания в условиях сухостепной зоны Поволжского региона. Водный режим почвы на посевах сои формировался в зависимости от исходных запасов влаги, осадков и проведенных поливов.

Почвы опытного участка темно-каштановые суглинистые, типичные для орошаемого массива Саратовского Поволжья [5]. Посев сои производился при среднесуточной температуре воздуха плюс 14–16 °С. В течение сезона вегетации для всех сортов сои влажность почвы в слое 1,0 м в зависимости от фазы развития растений поддерживалась в пределах: всходы – цветение – 70 % от НВ, цветение – молочная спелость – 80 % от НВ и молочная спелость – начало созревания – 70 % от НВ. В зависимости от складывающихся весной погодных условий можно производить предпосевной или провокационный полив нормой 250–300 м³/га. Вегетационные поливы в начале, в середине и в конце развития культуры сои проводили поливными нормами от 250 до 500 м³/га; в период максимального водопотребления норма составляла порядка 550 м³/га.

Сроки поливов сои назначались с учетом наступления нижнего порога влажности

почвы. Для поддержания необходимого уровня увлажнения почвы проведение предпосевного полива в 2013–2015 гг. не требовалось, а осуществлялись вегетационные поливы [1, 6]. Во влажном 2013 г. оросительная норма составила 900 м³/га. Выпавшие осадки в объеме 2291 м³/га в этот период и два вегетационных полива обеспечили требуемое увлажнение корнеобитаемого слоя. Суммарное водопотребление на посевах сои за период вегетации в слое 0–100 см с учетом почвенной влаги составило 3702 м³/га.

В умеренно засушливом вегетационном периоде 2014 г. оросительная норма составила 1350 м³/га. Выпавшие осадки объемом 1105 м³/га в этот период и три вегетационных полива обеспечили необходимое увлажнение корнеобитаемого слоя культуры. Водопотребление на посевах сои за период вегетации в слое 0–100 см с учетом почвенной влаги составило 3858 м³/га.

В умеренно засушливом вегетационном периоде 2015 г. кратковременные засухи чередовались в течение вегетации с осадками, оросительная норма составила 1250 м³/га. Количество выпавших осадков в начале вегетации – 0,3 мм, в середине оно изменялось от 44,0 до 85,0 мм, в конце вегетационного периода –13,0 –11,4 мм, за весь вегетационный период сои выпало 153,7 мм осадков.

По данным метеопункта ВолжНИИГиМ в таблице 2 представлены среднесуточные температуры, относительная влажность воздуха, сумма осадков за периоды вегетации сои в 2013–2015 гг. [7].

Таблица 2 – Метеорологические показатели по периодам вегетации сои (метеопункт ОПХ ВолжНИИГиМ, Энгельский район, Саратовская область, 2013–2015 гг.)

Месяц	Год	Среднесуточная температура, °С	Относительная влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм
Май	2013	21,4	57,1	47,3
	2014	22,1	54,9	0,1
	2015	14,0	59,7	0,3
Среднегодовое значение		17,2	58,3	12,3
Июнь	2013	22,1	66,0	73,6
	2014	20,6	65,0	51,4
	2015	24,1	68,0	85,0
Среднегодовое значение		22,6	66,4	68,5
Июль	2013	22,6	68,3	27,6
	2014	23,1	76,3	15,5
	2015	22,2	71,0	44,0
Среднегодовое значение		22,9	70,6	32,0
Август	2013	22,4	68,3	11,1
	2014	23,5	63,6	43,5
	2015	20,2	72,0	13,0
Среднегодовое значение		21,5	68,3	22,7
Сентябрь	2013	15,5	82,5	69,5
	2014	15,5	82,5	0,0
	2015	17,1	71,0	11,4
Среднегодовое значение		16,3	72,0	19,4
Сумма осадков за вегетационный период сои в 2013 г.				229,1
Сумма осадков за вегетационный период сои в 2014 г.				110,5
Сумма осадков за вегетационный период сои в 2015 г.				153,7

По данным метеопараметров 2013 г. был влажный, 2014 и 2015 гг. – умеренно засушливые.

Орошение методом дождевания проводили с использованием многоопорной дождевальной машины кругового действия «Фрегат».

В умеренно влажном 2015 г. осадки в количестве 1537 м³/га, выпавшие за период роста и развития сои, и три вегетационных полива обеспечили требуемое увлажнение корнеобитаемого слоя культуры. Водопотребление на посевах сои за период вегетации в слое 0–100 см с учетом почвенной влаги составило 3459 м³/га. При засушливых явлениях возможны небольшие отклонения в назначении сроков поливов, которые не приводят к потере урожая [2, 8].

Выбранный оптимальный режим орошения сортов сои 70–80–70 % НВ позволил распределить сроки и нормы поливов, при этом энергозатраты одного из ресурсоемких этапов агротехнологии уменьшились.

Вегетационные поливы, суммарное водопотребление и оросительные нормы представлены в таблице 3.

Суммарное водопотребление у всех сортов находилось в интервале от 3459 до 3858 м³/га во все периоды вегетации.

Таблица 3 – Оптимальный режим орошения сортов сои 70–80–70 % НВ (ОПХ ВолжНИИГиМ, Энгельский район, Саратовская область, 2013–2015 гг.)

Год	Полив			Оросительная норма за вегетационный сезон	Суммарное водопотребление
	1-й вегетационный полив	2-й вегетационный полив	3-й вегетационный полив		
	Поливная норма				
	Всходы – цветение	Цветение – молочная спелость	Молочная спелость – начало созревания		
2013	–	550	350	900	3702
2014	250	550	550	1350	3858
2015	250	500	500	1250	3459

Прекращение поливов в фазу полной спелости позволяет закладывать зерно без предуборочной десикации или подсушивания на хранение с влажностью не более 14 %, уборка урожая проводилась при полном созревании семян (влажность 14–16 %).

Биологическая урожайность зерна сои изучаемых сортов варьируется в пределах 2,81–3,67 т/га. При соблюдении принятого режима орошения все сорта проявляют себя как высокоурожайные, перспективные для возделывания в сухостепной зоне Поволжского региона при орошении (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность, биохимические показатели зерна сои в зависимости от коэффициентов водопотребления (ОПХ ВолжНИИГиМ, Энгельский район, Саратовская область, 2013–2015 гг.)

Сорт	Биологическая урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Жир, %	Протеин, %
1 Соер 4	3,40	1080,3	16,93	41,0
2 Грация	3,32	1106,3	17,76	36,7
3 Чера 1	2,81	1307,1	15,75	38,6
4 Арлета	3,67	1000,8	19,17	36,8
НСР ₀₅	0,331		0,877	2,81
Примечание – НСР ₀₅ при 95%-ном уровне вероятности.				

Наименьшие коэффициенты водопотребления, которые находились в диапазоне от 1000 до 1106 м³/т при урожайности 3,5 т/га, выявлены у трех сортов: Соер 4, Грация,

Арлета, что характеризует их как эффективные по использованию влажности почвы. У сорта Чера 1 урожайность достигала до 2,8 т/га при более высоком коэффициенте водопотребления – 1307 м³/т.

Одним из важнейших критериев оценки качества зерна является содержание в нем протеина. Самым высоким этот показатель был у сорта Соер 4, составив 41,0 %, у остальных сортов содержание протеина колеблется от 36,7 до 38,6 %, что характеризует выращенное зерно как качественное и высокобелковое. По содержанию жира от 15,75 до 19,17 % изучаемые сорта относятся к среднемасличным.

Выводы. Выбран оптимальный режим орошения для районированных и перспективных сортов сои по фазам развития растений.

Поливные нормы в начале и в конце вегетации сои умеренные – 250–350 м³/га, в период максимального водопотребления они увеличиваются до 500–550 м³/га. Сроки поливов сои распределяют с учетом наиболее ответственных периодов развития, когда растения особенно чувствительны к влагообеспеченности, сроки и нормы полива строго выдерживаются с учетом складывающихся погодных условий в фазы: ветвление, цветение, бобообразование и налив зерна. Оросительные нормы для различных погодных условий в зависимости от атмосферных осадков: во влажный год – 800–1300 м³/га; в умеренно засушливый год – 1300–2700 м³/га.

В результате проведенных исследований разработан режим орошения, позволяющий подобрать оптимальные оросительные нормы для получения планируемых урожаев (от 2,5 т/га до 3,5 т/га) для районированных и перспективных сортов сои в условиях сухостепной зоны Поволжского региона. Режим орошения сои должен быть ресурсосберегающим, способствовать повышению производительности посевов, получению урожая высокого качества с использованием потенциальных возможностей сортов и отвечать требованиям сохранения благоприятной мелиоративной обстановки на посевных площадях сои.

Список использованных источников

1 Возделывание семенных посевов перспективных сортов сои в условиях орошения сухостепной зоны Поволжского региона / В. А. Шадских, А. В. Кравчук, В. О. Пешкова, В. Е. Кижаяева, Л. Г. Романова, А. Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 4(20). – С 57–72.

2 Шадских, В. А. Особенности типового технологического процесса возделывания сои на зерно в Саратовском Поволжье / В. А. Шадских, В. О. Пешкова, В. Е. Кижаяева // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы междунар. конф. / МичГАУ. – Мичуринск, 2014. – С. 62–69.

3 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2010. – 352 с.

4 Алпатьев, А. М. Влагообороты в природе и их преобразование / А. М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 323 с.

5 Шадских, В. А. Применение дифференцированных режимов орошения при возделывании сельскохозяйственных культур на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья / В. А. Шадских, В. К. Брель, В. О. Пешкова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 52. – С. 19–26.

6 Рекомендации по рациональным экологически обоснованным оросительным нормам на планируемую урожайность силосной кукурузы, люцерны, озимой пшеницы, сои, гречихи и кормовых смесей для Саратовской области / сост. Н. А. Пронько, В. К. Брель, В. А. Шадских, В. В. Корсак, С. В. Затицацкий, Ю. И. Панченко. – Саратов: СГАУ им. Н. И. Вавилова, 2011. – 33 с.

7 Давид, Р. Э. Сельскохозяйственная метеорология / Р. Э. Давид. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 406 с.

8 Возделывание перспективных сортов сои на основе ресурсосберегающей технологии в Поволжье / В. А. Шадских, О. В. Пешкова, В. Е. Кижяева, А. Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – № 3(59). – С. 87–91.

УДК 626.82

Э. И. Чембарисов

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

Р. Т. Хожамуратова

Каракалпакский государственный университет, Нукус, Республика Каракалпакстан

С. Р. Шодиев

Навийнский государственный педагогический институт, Навои, Республика Узбекистан

А. П. Лесник

Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Республика Узбекистан

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ СУРХАН-ШЕРАБАДСКОГО ОАЗИСА

В статье представлены характеристики уровня залегания, минерализации и химического состава грунтовых вод орошаемой зоны Сурхан-Шерабадского оазиса. Проведен анализ многолетних изменений этих характеристик по отдельно выделенным районам.

Ключевые слова: Сурхан-Шерабадский оазис, уровень залегания, грунтовые воды, минерализация, химический состав.

По условиям формирования подземных вод рассматриваемый бассейн разделяется на два бассейна второго порядка: бассейн собственно р. Сурхандарьи с обеспеченным стоком грунтовых вод и Шерабадский бассейн, включающий террасы р. Амударьи, конус выноса р. Шерабад, высокую структурную равнину (Каттакум) и предгорную равнину, примыкающую к Келиф-Сарыкамышской гряде.

В долине р. Сурхандарьи грунтовые воды, формирующиеся в виде подруслового потока в узких горных долинах рек Каратаг, Тупаланг, Сангардак и других, при выходе на равнину образуют ряд расходящихся потоков и галечниковую часть конуса выноса этих рек; по мере движения в направлении к периферии конусов выноса потоки встречаются на своем пути менее водопроницаемые отложения (переслаивание суглинка и галечника), создающие подпор и условия для образования субнапорных вод. На этих участках одна часть потока грунтовых и субнапорных вод переходит в поверхностный сток (зона выклинивания), другая перемещается к оси долины Сурхандарьи и вниз по долине. Сурхандарья на всем протяжении от конуса выноса р. Каратаг до впадения в р. Амударью является естественной дренажной для поверхностного и подземного стока. В верхней части ее долины наблюдается интенсивное выклинивание подземных вод; в средней и нижней частях река также дренирует, но в меньшей степени [1–4].

Земельный фонд орошаемой зоны Сурхандарьинской области представлен почвами сероземного пояса и пустынной зоны. В верхнем и среднем течении Сурхандарьи развиты преимущественно староорошаемые типичные, светлые сероземы и луговые почвы сероземного пояса. Особенность химизма луговых почв заключается в невысокой их карбонатности. Низовья Сурхандарьи заняты такырными и луговыми почвами пустынной зоны.

Начиная с пояса светлых сероземов, в луговых почвах проявляется засоление. В пустынной зоне засолены все орошаемые почвы. В долине Сурхандарьи нет больших массивов сильнозасоленных почв и солончаков. Они встречаются в комплексе с почвами меньших степеней засоления и имеют подчиненное значение. Соленакпление идет в основном за счет сульфатов, а содержание хлоридов остается невысоким, что определяет сульфатный тип засоления. В пахотном горизонте слабозасоленных почв, как правило, содержится небольшое количество гипса.

Шерабадский конус выноса расположен в пустынной зоне. Верхняя его часть занята такырными орошаемыми почвами. В понижениях формируются такырно-луговые почвы, обычно засоленные. Естественная дренированность долины р. Шерабаддарьи значительно хуже, чем долины р. Сурхандарьи [1, 2]. Центральную часть конуса занимают преимущественно солончаки современного режима, а периферию – орошаемые засоленные луговые почвы.

Конус выноса Шерабаддарьи отличается повышенной засоленностью, связанной с соленостью пород бассейна этой реки. В солевом составе почв заметную роль играют хлориды. Среди почвенных солей преобладают хлорид и сульфат натрия. Гипс в почвенном профиле обычно отсутствует. Он содержится только в горизонтах интенсивного соленакпления некоторых сильнозасоленных почв.

Долина Сурхандарьи сложена в основном легкими и средними почвогрунтами. Тяжелые почвы занимают 11,5 % ее площади. Наибольшая площадь (49,6 %) приходится на средние по гранулометрическому составу почвы. Конус выноса Шерабаддарьи и прилегающие к нему земли Музрабадской степи и покато́й равнины сложены преимущественно тяжелыми почвогрунтами (67,5 % территории). Средние почвогрунты занимают 29,9 %.

Таким образом, особенности почвенного покрова долины Сурхандарьи не сильно ограничивают использование подземных вод. Большое внимание следует уделить количеству кальция в воде. Почвы здесь обеднены карбонатами и не содержат гипса. Поэтому на них нельзя проводить поливы даже с очень невысоким содержанием соды. В пределах Шерабадского конуса и прилегающей к нему территории орошение минерализованными водами ограничивается высоким засолением и тяжелым гранулометрическим составом почвогрунтов.

Солевой баланс в долине р. Сурхандарьи отрицательный. Здесь происходит процесс выщелачивания, несмотря на то, что в верхних слоях почвы на нижних террасах местами накапливаются соли (в дельте наиболее интенсивно).

В Шерабадской части депрессии основной поток грунтовых и субнапорных вод формируется в пределах Шерабадского конуса выноса, незначительные по мощности потоки грунтовых вод – в Кызырыкдарьинской и Музрабадской степях.

При выходе из узкого ущелья на предгорную равнину р. Шерабад образует обширный конус выноса, в котором формируются грунтовые и субнапорные воды. Грунтовые воды формируются в привершинной части конуса выноса, образуя поток в галечниковых отложениях, веерообразно растекающийся к периферии конуса. Источники питания грунтовых вод – подрусловой поток р. Шерабад, фильтрационные потери поверхностных вод, особенно паводковых (в вершинной галечниковой части конуса), сток подземных вод со стороны предгорий, инфильтрация атмосферных осадков.

При движении к периферии поток грунтовых вод поступает в центральную часть конуса (слоистая толща суглинков, песков и гравийно-галечниковых отложений), где водопроницаемые слои имеют меньшее удельное значение. Таким образом, создаются условия для подпора потока грунтовых вод, что приводит к его частичной разгрузке. По окраине галечниковой части конуса образуются заболоченные площади. Ниже поток расчленяется на грунтовые (в верхней части разреза) и субнапорные (в слоистой толще) воды средней и нижней части разреза четвертичных отложений.

Далее при движении к периферии конуса выноса фронт веерообразно растекающегося потока грунтовых вод увеличивается, и интенсивность притока на единицу поперечного сечения уменьшается. Это приводит к снижению уровня грунтовых вод до 7–20 м.

В привершинной части конуса выноса грунтовые воды получают основное питание за счет фильтрации воды из р. Шерабад. Вода в ней в паводок пресная (плотный остаток менее 1,00 г/дм³), а в межень – солоноватая (плотный остаток 2,69 г/дм³). Конус выноса образовался частично в результате денудации в бассейне гипсоносных и соленосных пород кайнозойского и мезозойского возрастов. Таким образом, солоноватые поверхностные воды и пролювиальные отложения, содержащие водорастворимые соли, обусловили образование солоноватых грунтовых вод хлоридно-натриевого и хлоридно-сульфатного натриево-кальциевого типа.

Южнее, в зоне выклинивания грунтовых вод и на прилегающих площадях, под влиянием испарения минерализация грунтовых вод возрастает. Преобладают воды с плотным остатком 10–25 г/дм³ хлоридно-натриевого типа.

В центральной и периферийной части конуса выноса р. Шерабад разведочными работами выявлены пресные субнапорные воды с плотным остатком от 0,8 до 1,5 г/дм³. Эти воды находятся в песчано-гравийно-галечниковых отложениях в основном на глубине 120–200 м. Запасы их невелики, но позволяют организовать централизованное водоснабжение существующих фермерских хозяйств. Данные о балансе грунтовых вод приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Структура регионального баланса грунтовых вод Шерабадского бассейна до орошения

Приход		Расход	
Подземный приток	15000	Суммарное испарение	99000
Инfiltrация атмосферных осадков	79000	Дренированность р. Карасу	30000
Фильтрация из реки	82000	Подземный отток	57000
Итого	176000	Итого	176000

В м³/сут

Из таблицы 1 видно, что грунтовые воды расходуются преимущественно на испарение, что позволяет отнести эту территорию к площади естественного соленакопления.

В долине Амударьи аллювиальный водоносный горизонт представлен песками, гравием, суглинком, супесями с прослоями глин. Основной водоносный горизонт представлен песками в нижних слоях с примесью гравия и мелкой гальки. Суммарная мощность четвертичных отложений в долине достигает 630 м (в дельте Сурхандарьи). В них формируется подрусловой поток подземных вод, движущийся вниз по долине, который принимает притоки со стороны предгорных равнин и из долины Сурхандарьи.

Геолого-структурные и геоморфолого-литологические особенности территории, а также физико-географические условия способствуют формированию самостоятельных региональных потоков грунтовых и субнапорных вод, которые отличаются друг от друга географическим положением, условиями образования и принадлежностью к различным морфологическим типам.

Юго-западная часть рассматриваемого бассейна ограничивается с трех сторон горными сооружениями. На юге территория обращена в сторону современной долины р. Амударьи. Границами ее являются: на западе и северо-западе – Келиф-Шерабадская и Сарыкамьшская гряды; на севере – хребты Кагны и Кената; на северо-востоке – окончание степи Кызырыкдара; на востоке – подпитие Хаудаг; на юге – периферия аллювиальной равнины современных террас р. Амударьи.

Изменения уровня и степени минерализации грунтовых вод орошаемых площадей в зоне орошения бассейна Сурхандарьи приведены в таблице 2, из которой видно, что за 35 лет регулярного орошения увеличились площади с глубиной 1–3 и 3–10 м, а также с минерализацией 1–3 г/дм³ и более 10 г/дм³.

Таблица 2 – Изменение орошаемых площадей по уровню и степени минерализации грунтовых вод орошаемой зоны бассейна р. Сурхандарья

Показатель	Орошаемая площадь, га		
	1954 г.	1965 г.	1990 г.
Уровень грунтовых вод, м			
1–3	16960	1024	33920
3–10	38160	14840	114780
> 10	96520	122836	–
Степень минерализации, г/дм ³			
0–1	–	4240	4420
1–3	43980	80160	104120
3–5	23230	1240	13780
5–7	23290	23100	–
7–10	25250	21200	–
> 10	13850	15460	18080

В верхней части долины Сурхандарья подземные воды пресные (0,2–0,4 г/дм³), гидрокарбонатно-кальциевые. Вблизи Южно-Сурханского водохранилища количество солей в воде увеличивается до 1,0–1,5 г/дм³ при сульфатно-гидрокарбонатном натриево-кальциевом типе минерализации. Южнее этого водохранилища воды содержат до 3 г/дм³ солей при гидрокарбонатном сульфатном кальциево-натриевом типе засоления. Вдоль реки и больших каналов сосредоточены пресные воды. С удалением от Сурхандарья минерализация их возрастает. На левобережье этой реки воды более минерализованы (4–6 г/дм³), а в низовьях различны по минерализации, с преобладанием слабоминерализованных (1–3 г/дм³). Воды с минерализацией более 4 г/дм³ распространены на покатой правобережной равнине и высоких террасах Сурхандарья.

Основным фактором, ограничивающим использование подземных вод в долине Сурхандарья, является минерализация. Содержание хлора в них обычно невысоко. Среди катионов преобладает кальций. Воды, опасные с точки зрения развития солонцеватости, встречаются редко.

По количеству пригодных для орошения вод выделяются верховья Сурхандарья. Здесь преобладают высокодебитные скважины. В основном это район, обеспеченный водами хорошего качества.

В среднем течении Сурхандарья расходы откачиваемых вод меньше, чем в верхнем. Несмотря на то, что здесь много скважин с хорошим дебитом, количество малодебитных скважин увеличивается. В низовьях реки подземных вод становится еще меньше. Здесь преобладают скважины с небольшими расходами.

Подземные воды Шерабадского конуса выноса отличаются повышенной по сравнению с водами Сурхандарья минерализацией, обусловленной выщелачиванием залежей поваренной соли.

В этих условиях поверхностный и подземный стоки имеют повышенную хлоридность, не связанную с условиями оттока, но слабая отточность накладывает отпечаток на степень минерализации подземных вод.

В верхней части Шерабадского конуса формируются слабоминерализованные воды с повышенным содержанием хлоридов (таблица 3), в то время как эти части конуса в других районах имеют пресные и ультрапресные воды.

В центральной и периферической частях Шерабадского конуса верхние слои подземных вод сильноминерализованные. С глубиной минерализация их снижается. В зоне выклинивания слабоминерализованные воды залегают на глубине 30 м, на периферии конуса – 70 м и более. Пригодные для орошения воды расположены ближе

к руслу Шерабаддарьи; по мере удаления от него они становятся более минерализованными. Воды не могут быть использованы для поливов воды в пределах покато́й пролювиальной равнины и третьей террасы Амударьи.

Таблица 3 – Химический состав грунтовых вод Сурхан-Шерабадского бассейна (среднестатистические данные института ГИДРОИНГЕО)

Минерализация, г/л	Ионный состав, мг/дм, экв./дм, экв. (%)					
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺ + K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
0,3	0,18	20,00	176,30	20,00	19,00	15,00
	0,01	0,40	2,89	0,90	1,60	0,80
	0,3	12,1	87,6	27,3	48,8	24,2
0,5	30,00	120,00	109,80	40,00	24,00	30,00
	0,90	2,50	1,80	1,70	2,00	1,50
	17,3	48,1	34,6	32,7	38,5	28,8
1,0	80,00	450,00	48,30	95,00	44,00	84,00
	2,30	9,40	0,30	4,10	3,70	4,20
	19,3	78,8	2,5	34,2	30,8	35,0
2,0	230,00	1000,00	67,10	200,00	80,00	260,00
	6,50	20,80	1,10	8,70	6,70	13,60
	22,9	73,2	3,9	30,6	23,6	45,8
3,0	500,00	1600,00	146,40	380,00	165,00	390,00
	14,10	33,30	2,40	16,50	13,80	19,50
	28,3	66,7	4,8	33,1	27,7	39,2
4,5	1300,00	2250,00	152,50	880,00	260,00	520,00
	36,60	46,90	2,50	38,30	21,70	26,00
	42,6	54,5	2,9	44,5	25,3	30,2
5,0	1910,00	2480,00	–	1000,00	295,00	480,00
	53,80	51,70	–	43,50	24,60	24,00
	51,0	49,0	–	47,2	26,7	26,1
8,0	3300,00	3750,00	–	1800,00	420,00	700,00
	93,10	78,00	–	78,30	34,60	34,90
	55,0	45,0	–	52,8	23,4	23,8
10,0	4250,00	4500,00	–	2350,00	515,00	820,00
	120,00	93,70	–	102,20	42,40	40,90
	56,1	43,9	–	54,4	22,7	22,9

В Музрабадской степи минерализация подземных вод различная. Большинство их непригодно для орошения. В степи Кызырыкдара воды имеют минерализацию 5–30 г/дм³ при хлоридно-сульфатном и сульфатно-хлоридном магниевом или натриевом типе и также непригодны для поливов сельскохозяйственных культур.

Расходы скважин в пределах Шерабадского конуса и прилегающей территории небольшие. Геоморфологические районы в этом отношении резко не различаются. Несколько больше воды можно получить на правобережье конуса.

Многолетние данные, собранные Ш. О. Мурадовым [2], свидетельствуют о том, что в этом бассейне, как и в других природных водохозяйственных районах наблюдается увеличение площадей с залеганием грунтовых вод на глубине 2,0–3,0 м. В верхнем природном водохозяйственном районе глубина грунтовых вод составляет 3,0–5,0 м, в то время как в нижнем происходит сокращение таких площадей, за счет чего в целом по бассейну площади этой градации стабильны. При грациях менее 1,0; 1,0–1,5; 1,5–2,0 м площади уменьшаются в нижних природных водохозяйственных районах и по бассейну, в остальных они незначительны и в отдельные годы вообще отсутствуют.

Стабильны площади минерализации с градацией менее 1,0 г/дм³ в верхнем при-

родном водохозяйственном районе (80 %), подрайоне (76–82 %), и это отразилось на бассейне (39–50 %) . В нижнем районе они незначительны, постоянно уменьшаются и в ряде случаев отсутствуют. Во всех природных водохозяйственных районах происходит увеличение площадей с уровнем минерализации 1,0–3,0 г/дм³. В верхнем районе они составляют 18–20 %, подрайоне – 18–23 %, нижнем – 75–82 % и по бассейну – 49–53 %. Площади с минерализацией 3,0–5,0 г/дм³ достаточно стабильны в нижнем природно-водохозяйственном районе и по бассейну, однако в верхних районах и подрайоне (1,0 %) они незначительны и почти отсутствуют. Площади с уровнем минерализации грунтовых вод 5,0–10,0 г/дм³ и более в верхнем природно-водохозяйственном районе почти отсутствуют и не наблюдаются в подрайоне, а в нижнем сокращаются и с градиацией более 10,0 г/дм³ в последние годы отсутствуют.

Орошение сельскохозяйственных культур в Сурхан-Шерабадском бассейне оказывает весьма существенное влияние на динамику уровня и минерализацию грунтовых вод, которое четко прослеживается по всему бассейну. Итак, во всех природных водохозяйственных районах отмечено увеличение площадей с залеганием грунтовых вод на глубину 2,0–3,0 м. В верхнем природном водохозяйственном районе эти площади составляют 18–19 %, подрайоне – 23–26 %, нижнем – 67–72 % и по бассейну – 46–48 %. В подрайоне также наблюдается сокращение площадей с уровнем грунтовых вод на глубине более 5,0 м, хотя в остальных природных водохозяйственных районах количество этих площадей стабильно (65 % – верхний, 35 % – подрайон, 15 % – нижний, 30 % – по области).

Изучение динамики уровней и минерализации грунтовых вод в Сурхан-Шерабадском бассейне в период с 1984 по 2012 г. и построение полиномиального тренда позволили составить прогноз на перспективу. Почти во всех природных водохозяйственных районах и по бассейну будет ощущаться увеличение площадей с залеганием грунтовых вод от 2,0 до 3,0 м. Также будут стабильны площади с глубиной грунтовых вод более 5,0 м, кроме подрайона, в котором ожидается уменьшение. Площади с залеганием грунтовых вод на 3,0–5,0 м в верхнем природном водохозяйственном районе будут увеличиваться, а в нижнем – уменьшаться. В нижнем районе и в целом по бассейну сократятся площади с залеганием менее 1,0; 1,0–1,5, 1,5–2,0 м. В верхнем природном водохозяйственном районе и подрайоне таких уровней грунтовых вод наблюдаться не будет.

В то же время площади с минерализацией менее 1,0 г/дм³ будут стабильны в верхнем природном водохозяйственном районе и подрайоне, в нижнем они будут отсутствовать. Повсеместно будут увеличиваться площади с минерализацией 1,0–3,0 г/дм³. В нижнем природном водохозяйственном районе будут стабильны площади с градиацией 3,0–5,0 г/дм³, градиации от 5,0–10,0 и более 10,0 г/дм³ в целом в перспективе не будут наблюдаться во всем бассейне [2].

Выводы. Среди факторов, определяющих динамику и минерализацию грунтовых вод Сурхан-Шерабадского оазиса, следует отметить фильтрацию из магистральных каналов (Аму-Занг, Занг, Бабатаг, Шерабад). Из природных факторов в первую очередь необходимо учитывать влияние испарения и транспирации. Действие этих факторов на динамику залегания и минерализации грунтовых вод более ощутимо по сравнению с действием атмосферных осадков.

Сезонное максимальное положение уровня грунтовых вод наблюдается в основном в июле и августе, когда увеличивается общая водоподача на орошение почвы, а минимальное – в конце вегетационного и в течение невегетационного периодов – с ноября по февраль – март. Эти данные могут служить основой как для долгосрочных прогнозов изменений показателей уровня грунтовых вод, так и для определения их динамики с учетом временной и пространственной детализации.

Список использованных источников

1 Азимбаев, С. А. Пути улучшения фосфорного питания деградированных земель / С. А. Азимбаев, Т. Ю. Лесник, А. Сайымбетов // Направления развития современных систем земледелия: междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Херсон, 11 декабря 2013 г. – Херсон: ХГАУ, 2013. – С. 83–88.

2 Мурадов, Ш. О. Научное обоснование водоустойчивости аридных территорий юга Узбекистана / Ш. О. Мурадов. – Ташкент: Фан, 2012.

3 Методика гидроэкологического мониторинга оценки качества поверхностных вод / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник // Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад, 2005. – № 1. – С. 32–36.

4 Генезис, формирование и режим поверхностных вод Узбекистана и их влияние на засоление и загрязнение агроландшафтов (на примере бассейна реки Амударья) / Э. И. Чембарисов, А. Б. Насрулин, Т. Ю. Лесник, Р. Т. Хожамуратова. – Нукус: Изд-во «Qaraqalpaqstan», 2016. – 188 с.

УДК 631.62; 626.86

А. С. Капустян

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

ОБОСНОВАНИЕ ОБЪЕМА И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД НА ЛОКАЛЬНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В статье рассмотрен порядок обоснования использования дренажных вод для орошения на локальных оросительных системах. Приведены варианты расчета объема дренажного стока с орошаемых территорий в зависимости от типа облицовки оросительного канала, включающие расчет потерь воды на фильтрацию из оросительной сети, расчет модуля и объема дренажного стока с оросительной системы, а также расчетную эффективность от экономии оросительной воды. Предложены технические приемы использования дренажных вод на орошение и технологические схемы их очистки.

Ключевые слова: объем дренажного стока, фильтрация из оросительной сети, повторное использование дренажных вод, технологические схемы очистки дренажных вод, типы облицовок оросительного канала.

Существующая технология орошения предусматривает изъятие воды из источника орошения, при этом объем безвозвратного использования воды равен разности между забором и возвратом ирригационного стока.

В условиях дефицита водных ресурсов среди альтернативных источников орошения важное место занимает дренажный сток с орошаемых территорий, его объем в России оценивается в 4–5 км³ в год [1].

Ирригационное питание грунтовых вод на орошаемой территории следует считать основным искусственным фактором, формирующим объем дренажного стока, который находится в прямой зависимости от КПД системы, применяемых способов и режимов орошения, техники и технологии полива и величины оросительной нормы.

Фильтрационные потери из всех элементов оросительной сети являются основным сосредоточенным источником фильтрационного питания грунтовых вод. Потери воды из межхозяйственной и внутрихозяйственной сетей зависят от типа облицовки, периодичности работы, литологического сложения грунтов, в которых проложена оросительная сеть.

Рассмотрим варианты расчета объема дренажного стока с орошаемых территорий при локальной системе орошения по обобщенным показателям: площадь ороси-

тельной – системы 4835 га, оросительная норма – 5200 м³/га, КПД системы – 0,77, 0,93, 0,97.

Согласно нормативным документам потери воды на фильтрацию из оросительных каналов можно определить по следующей зависимости [2, 3]:

$$V_e = \frac{1-\eta_t}{\eta_t} \cdot Jnt, n, \quad (1)$$

где η_t – коэффициент полезного действия внутривозвратной оросительной сети;

Jnt, n – величина оросительной нормы.

В соответствии с существующими на оросительных системах типами облицовок оросительных каналов, потери на фильтрацию из оросительной сети составят от 160,82 до 1552,25 м³/га (таблица 1).

Таблица 1 – Потери воды на фильтрацию из оросительной сети в зависимости от типа облицовки оросительного канала

Показатель	Тип облицовки оросительного канала		
	В земляном русле (вариант 1)	Бетонно-монолитная облицовка (вариант 2)	Облицовка из полимерных материалов (вариант 3)
Величина оросительной нормы, м ³ /га	5200	5200	5200
КПД оросительной сети	0,77	0,93	0,97
Потери воды на фильтрацию из оросительной сети, м ³ /га	1552,25	391,40	160,82

При отсутствии специальных наблюдений на орошаемых массивах для оценочных расчетов объема дренажного стока следует использовать метод водного баланса.

Модуль дренажного стока за расчетный период определяется по формуле [2, 3]:

$$q_d = \frac{W}{10000t}, \text{ м}^3/\text{сут с } 1 \text{ м}^2, \quad (2)$$

где W – нагрузка на дренаж, м³/га;

t – продолжительность расчетного периода, сут.

Так как потери воды на фильтрацию из оросительной сети являются основной нагрузкой на дренаж, модуль дренажного стока в зависимости от типа облицовки канала изменяется от 0,000089 до 0,000862 м³/сут с 1 м² (таблица 2).

Таблица 2 – Модуль дренажного стока на оросительной системе при различных облицовках оросительного канала

Показатель	Тип облицовки оросительного канала		
	В земляном русле (вариант 1)	Бетонно-монолитная облицовка (вариант 2)	Облицовка из полимерных материалов (вариант 3)
Модуль дренажного стока, м ³ /сут с 1 м ²	0,000862	0,000217	0,000089

Расчетный объем дренажного стока с оросительной системы в данных условиях составит от 4303,15 до 41677,70 м³/сут (таблица 3).

При организации повторного использования дренажных вод для целей орошения в течение поливного сезона расчетная экономическая эффективность от экономии поливной воды составит от 11618,51 до 112529,79 руб. (таблица 4).

В рассмотренных условиях выделяются следующие основные технические приемы использования дренажных вод на орошение:

- повторное использование без разбавления дренажного стока;
- повторное использование с последовательным разбавлением дренажного стока;
- повторное использование или сброс дренажных вод в водоприемники после их очистки от вредных примесей.

Таблица 3 – Расчетный объем дренажного стока с оросительной системы

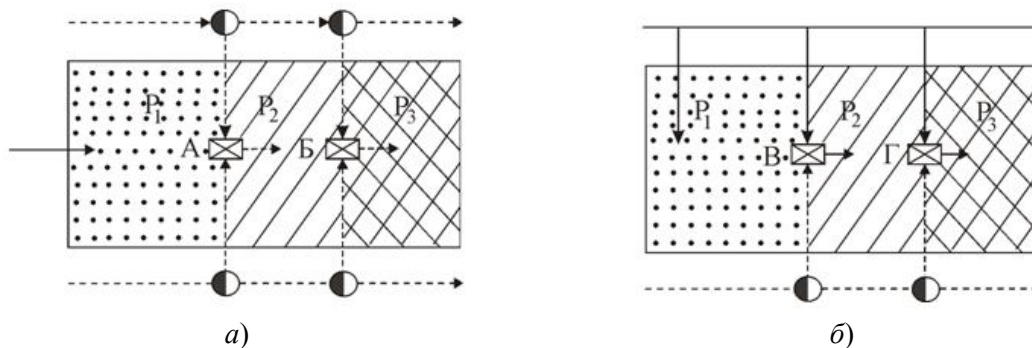
Показатель	Тип облицовки оросительного канала		
	В земляном русле (вариант 1)	Бетонно-монолитная облицовка (вариант 2)	Облицовка из полимерных материалов (вариант 3)
Объем дренажного стока, м ³ /сут	41677,70	10491,95	4303,15

Таблица 4 – Расчетная эффективность от экономии оросительной воды за счет использования дренажных вод на оросительной сети

Показатель	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Объем дренажного стока, м ³ /сут	41677,70	10491,95	4303,15
Стоимость подачи 1 м ³ оросительной воды, руб.	2,70	2,70	2,70
Эффективность от экономии оросительной воды, руб.	112529,79	28328,26	11618,51

Схема повторного использования дренажной воды предусматривает не менее двух поливных участков, оборотного – один участок. Под поливным участком понимается массив, подвешенный к гидротехническому узлу, в котором производится выдел пресной или дренажной воды (или их смеси) на орошение этого массива.

Схема повторного использования воды без разбавления дренажного стока приведена на рисунке 1, а.



Условные обозначения

- - оросительная вода
- → - дренажный сток
- ⊠ - узлы, через которые дренажно-сбросной сток подается на орошение
- - 1-й поливной участок
- /// - 2-й поливной участок
- XXX - 3-й поливной участок
- - насосная станция

а – без разбавления дренажного стока;

б – с разбавлением дренажного стока поливной водой

Рисунок 1 – Схемы повторного использования дренажных вод

Первый участок P₁ орошается пресной водой. Дренажный сток с него через узел А подается на ниже расположенный участок P₂, сток с которого через узел Б на участок P₃ и т. д.

В неразбавленном виде дренажные воды направляются на орошение только

в тех случаях, когда их минерализация не превышает предельно-допустимой величины, например, на незасоленных землях и при выращивании солеустойчивых сельскохозяйственных культур. Так как дренажный сток не разбавляется пресной водой, его многократное использование ограничено.

На рисовых системах этот сток может служить для орошения без разбавления пресной водой, как правило, не более одного раза.

Схема повторного использования дренажных вод с последовательным ее разбавлением представлена на рисунке 1, б.

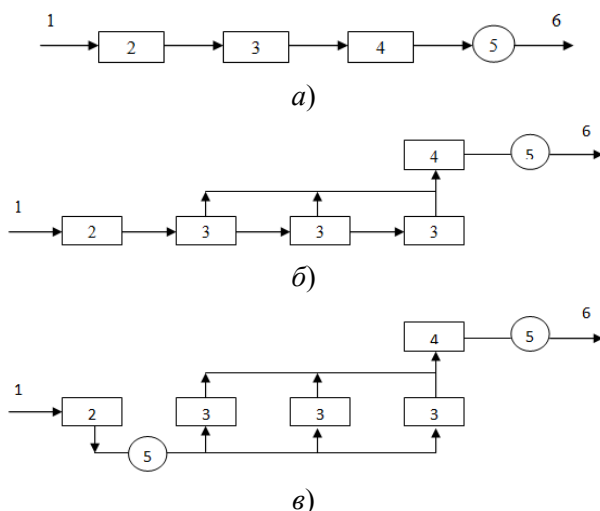
На первый участок P_1 подается только пресная вода, разбавленный пресной водой дренажный сток с него – на нижерасположенный второй участок P_2 , сток с которого (также разбавленный) – на участок P_3 и т. д.

На схеме повторного использования воды, которая изображена на рисунке 1, б, разбавление дренажного стока может осуществляться в точках В и Г, при большом количестве поливных участков – соответственно перед каждым из них.

В зависимости от природных и водохозяйственных условий задача повторного или оборотного использования воды может рассматриваться в двух вариантах – расширение площади орошения за счет дренажных вод без увеличения безвозвратного забора воды из источника или уменьшение забора воды из источника за счет дренажных вод при сохранении площади орошения неизменной. Принимается, что в первом варианте безвозвратный забор пресной воды из источника при использовании на орошение дренажных вод должен быть таким же, как и при однократном (обычном) использовании воды, обеспечивающем орошение заданной площади.

В последние годы резко возросла загрязненность водных объектов сточными водами сельскохозяйственного производства. В районах орошаемого земледелия основным поставщиком в водные объекты пестицидов, металлов, биогенных элементов и минеральных солей являются дренажно-сбросные воды, которые практически без очистки сбрасываются в открытые водоемы. Разработка мер защиты поверхностных вод от загрязнения возвратными водами сельскохозяйственного производства является важнейшей проблемой, решение которой требует создания новых эффективных технологий по их очистке. Перспективными в этом направлении являются сорбционные методы с применением местных фильтрующих материалов.

Для локальной оросительной системы можно предложить следующие технологические схемы очистки дренажных вод (рисунок 2) [4, 5].



1 – исходная вода; 2 – механическая очистка (осветлительный пруд); 3 – сорбционная очистка; 4 – наполнительная емкость; 5 – насосная станция; 6 – очищенный сток

Рисунок 2 – Технологические схемы очистки дренажных вод

С учетом количественных и качественных характеристик дренажных вод технологические схемы их очистки должны включать сооружения механической и сорбционной очистки. При больших объемах дренажных вод (вариант 1) для нормальной бесперебойной работы очистные сооружения должны располагаться не только на дренах, но и на крупных коллекторах, имеющих водовыпуски в естественные водоприемники (реки, балки, овраги, пруды и пр.). На закрытых коллекторах можно отказаться от механической очистки, достаточно предусмотреть защитные решетки.

Физико-механическая очистка может включать одну, две ступени и более, состоять из наполнительной емкости и системы сорбционных фильтров.

При принятии решения о технологической схеме очистки необходимо учитывать также и ряд факторов социально-экономического характера: площади отторгаемых земель, избыток или дефицит рабочей силы, воздействие на окружающую среду и т. п. Следует принимать во внимание и такие технические факторы, как надежность работы очистных сооружений, возможность их расширения и реконструкции в перспективе при увеличении нагрузок и др.

В качестве очистного сооружения на закрытых коллекторах (вариант 2, 3) рекомендуется схема *а*, представленная на рисунке 2, включающая в себя: собирательную емкость с блоком механической очистки, сорбционную очистку (блочные сменные фильтры или адсорбер), наполнительную емкость и насосную станцию.

Схемы *б* и *в* на рисунке 2 предусматривают две ступени очистки дренажно-сбросных вод из открытых коллекторов: первая – от механических примесей; вторая – от растворенных загрязнений.

Очистка от механических примесей возможна посредством пропускания дренажных вод через предварительные фильтры (префильтры) или путем осаждения в отстойниках. После очистки от механических примесей вода подается в систему сорбционных фильтров, число и размеры которых определяются в каждом конкретном случае.

Очистка по схеме рисунка 2, *б* предусматривает подачу воды на очистные сооружения, представляющие собой инфильтрационные пруды, дно которых покрыто сорбционным материалом. Для повторного использования дренажных вод под прудами закладываются перфорированные трубы, и вода отводится в собирательную емкость. При очистке по схеме рисунка 2, *в* ложе прудов выполняется из водонепроницаемого материала (полиэтиленовая пленка, бетон и др.). Подача воды осуществляется через насыпной фильтр восходящим потоком с отводом ее в собирательную емкость или на сброс.

Возможность повторного использования очищенной от вредных примесей воды должна оцениваться по результатам дополнительного исследования стока.

При выборе оптимальной схемы использования дренажно-сбросного стока для орошения следует учитывать все критерии ее эффективности в совокупности с конкретными природными и хозяйственными условиями и отдавать предпочтение той из них, которая наилучшим образом отвечает требованиям охраны водных ресурсов от истощения и загрязнения и характеризуется лучшими экономическими показателями. При определении последних необходимо иметь в виду, что использование дренажного стока и сокращение забора пресной воды на единицу орошаемой площади позволяют снизить потребную мощность насосных станций, соответственно, затраты на их строительство и эксплуатацию, а также уменьшить сечение каналов, вследствие чего сократятся объемы земляных работ и расход бетона на гидротехнические сооружения.

Список использованных источников

1 Кирейчева, Л. В. Повторное использование дренажного стока для локальных участков орошения [Электронный ресурс] / Л. В. Кирейчева. – Режим доступа: <http://eeca-water.net/content/view/501/52/lang,russian>, 2010.

2 Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на оросительных землях.

Нормы проектирования: ВСН 33-2.2.03-86: утв. Минводхоз СССР 30.07.86: введ. в действие с 01.01.87. – М., 1987. – 115 с.

3 Обоснование объемов и качества дренажных вод с орошаемых земель: пособ. к ВСН 33-2.2.03-86. – М., 1994. – 128 с.

4 Щедрин, В. Н. Очистка дренажно-сбросных вод от вредных примесей / А. С. Капустян, В. Н. Щедрин // Мелиорация и водное хозяйство. – 1998. – № 6. – С. 32–34.

5 Капустян, А. С. Очистка и утилизация дренажно-сбросных вод оросительных систем / А. С. Капустян, В. П. Пальцев, А. В. Щедрина. – М., 2000. – 242 с.

УДК 626.80; 626.81/.84

Г. А. Сенчуков, Т. С. Пономаренко, А. Н. Рыжаков, А. В. Бреева

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

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЗОНЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРОЛЕТАРСКОГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлена динамика различных показателей (водозабор в систему и потери при транспортировке, изменения площади орошаемых земель и количества дождевальной техники и др.), характеризующих водохозяйственный комплекс Пролетарской оросительной системы. Проведен анализ этих показателей и сделаны общие выводы о состоянии водохозяйственного комплекса данной оросительной системы.

Ключевые слова: водохозяйственный комплекс, оросительная система, орошаемые площади, рис, магистральный канал.

В рамках государственного задания ФГБНУ «РосНИИПМ» проводились научно-исследовательские работы, включающие водохозяйственные исследования на участке Пролетарского магистрального канала. В ходе НИР выполнялся комплекс работ, в том числе:

- сбор и анализ материалов, характеризующих изученность объекта – представителя;
- инженерно-геодезические изыскания в створах каналов на орошаемых землях, согласно требованиям СП 47.13330.2012;
- наблюдения за режимом водного потока в звене головное водозаборное сооружение – канал – орошаемые участки – сброс (ГВС – К – ОУ – С).

В настоящей статье приводятся некоторые результаты проведенных изысканий.

Пролетарская оросительная система функционирует ежегодно с третьей декады апреля по третью декаду октября. Общий объем водозабора составляет порядка 650 млн м³ в год (по данным эксплуатации за 2014 г.).

На рисунке 1 представлены данные по водозабору в систему и потерям при транспортировке за период с 1998 по 2014 г.

За указанный период наблюдений наибольший объем подачи воды отмечался в 2014 г. (более 650 млн м³), но и потери вместе с тем также были самыми высокими (порядка 15 %). Наименьший объем водозабора, составившего порядка 450 млн м³, наблюдался в 1998 г.

Основными статьями расхода воды из Пролетарского канала являются следующие: передача в другие системы – 7,0 %, подпитка водохранилищ – 29,7 %, заполнение прудов – 0,3 %, орошение – 48,0 %, потери при транспортировке – 15,0 %.

На рисунке 2 представлены основные статьи расхода воды из Пролетарского канала за период с 1998 по 2014 г., за исключением потерь на транспортировку.

В период с 1998 по 2005 г. включительно водозатраты на подпитку водохрани-

лиц и орошение практически совпадали и были в пределах 180–240 млн м³. Начиная с 2006 г. произошло значительное снижение водозатрат на подпитку водохранилищ (до 120–110 млн м³), при этом затраты на орошение увеличились (до 310–350 млн м³), равно как и передача воды в другие системы.

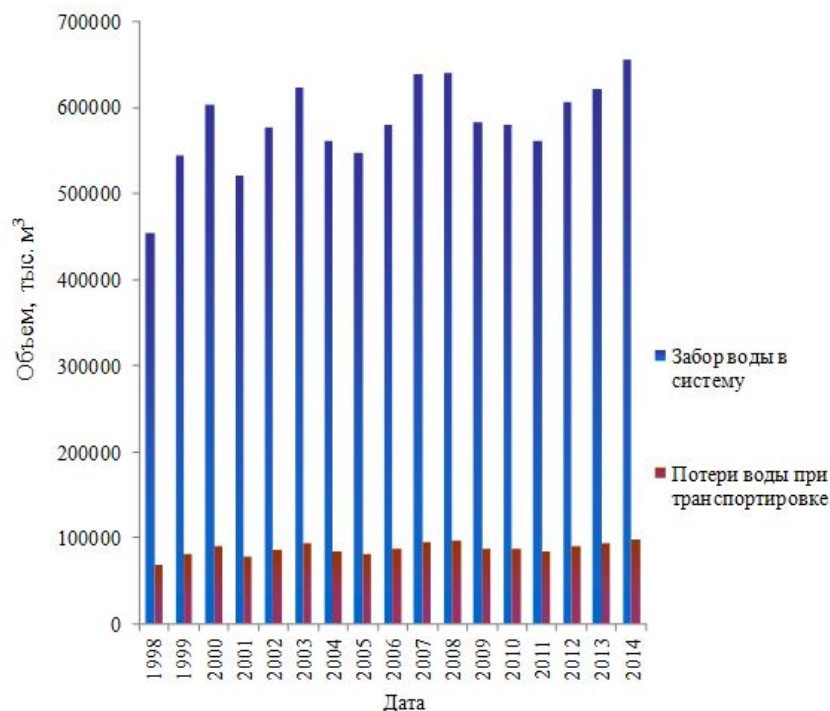


Рисунок 1 – Водозабор в систему и потери при транспортировке

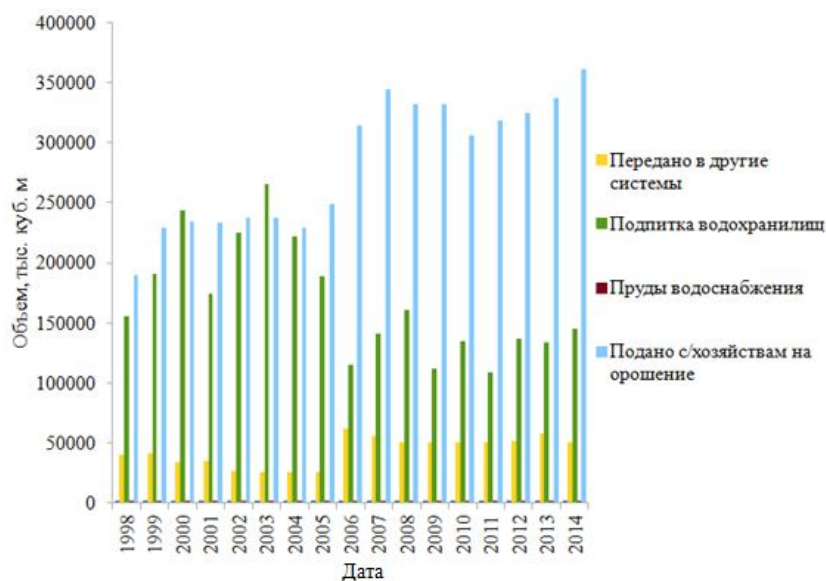


Рисунок 2 – Основные статьи расхода воды из Пролетарского канала

Согласно материалам, представленным службой эксплуатации Пролетарской оросительной системы (рисунок 3), минимальное значение площади орошаемых земель за весь ряд наблюдений (с 1966 по 2015 г.) было отмечено в 1966 г. и составляло 7765 га. Вплоть до 1977 г. наблюдался постоянный рост орошаемых площадей, значение которых достигло 34793 га. Затем на протяжении семи лет этот показатель держался на одном уровне, но после 1984 г. произошло его снижение, продолжавшееся вплоть до 2002 г., до значения 22836 га, после чего оставался неизменным до настоящего времени.

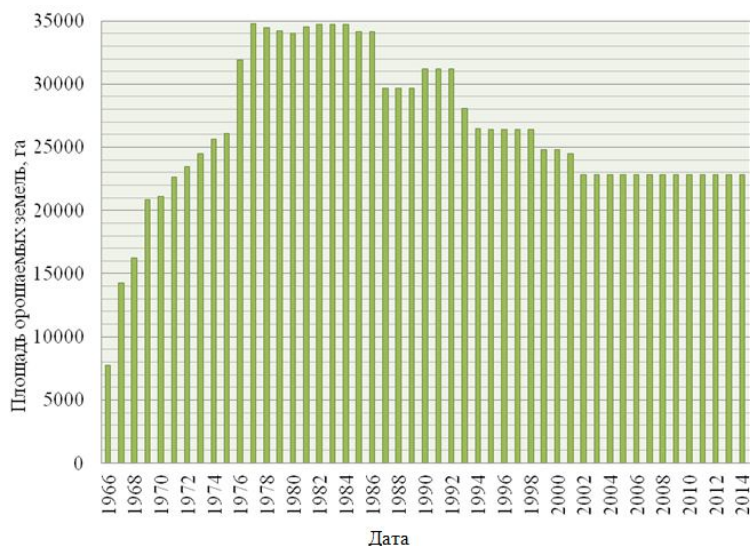


Рисунок 3 – Динамика изменения площади орошаемых земель Пролетарской оросительной системы

Первые данные об использовании дождевальной техники относятся к 1966 г. (рисунок 4), на тот момент количество машин составляло 33 шт. Затем в течение четырех лет (до 1970 г.) происходил стабильный небольшой прирост количества техники (до 42 шт.). Начиная с 1971 г., наблюдалось значительное увеличение числа машин (порядка 20–30 шт. в год), составившего к 1978 г. 205 шт., что явилось максимальным количеством используемых дождевальных машин в зоне Пролетарского канала, после чего начался спад, который продолжался вплоть до 1989 г. (на тот момент число машин составило 98 шт.). В 1990 г. наблюдалось небольшое увеличение единиц техники (до 122 шт.), но после этого началось постепенное понижение, которое длилось до 2001 г., когда количество машин достигло 39 шт. В 2002 г. отмечалось резкое сокращение числа дождевальных машин (до 15 шт.), после этого рост уже не наблюдался, а происходило медленное снижение. В настоящее время на всей территории Пролетарского района имеется всего 10 дождевальных машин. Таким образом, полив дождеванием в зоне работы Пролетарского магистрального канала на данный момент практически не осуществляется.

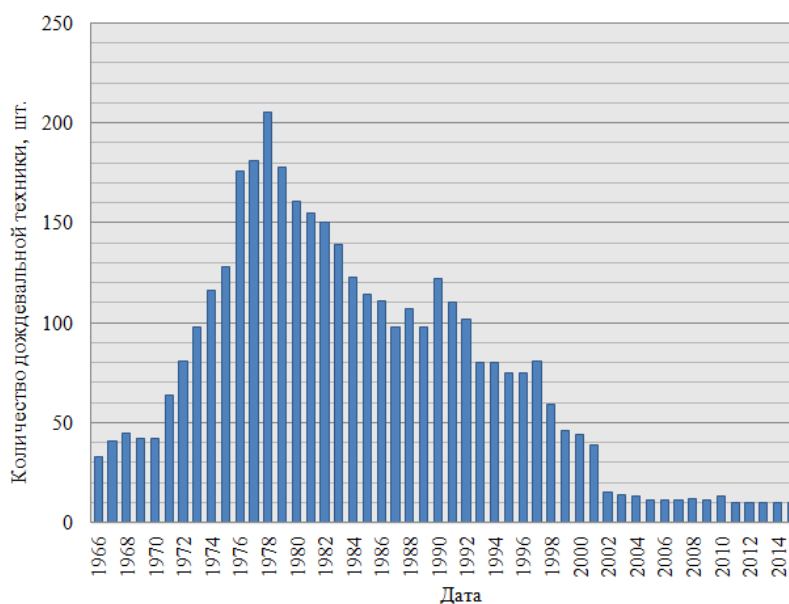


Рисунок 4 – Динамика изменения количества дождевальной техники в хозяйствах Пролетарского района

Как видно из представленных материалов, в настоящее время в зоне ответственности Пролетарского магистрального канала составляющая дождевания практически утрачена, и основным целевым направлением использования водных ресурсов является рисоводство.

Сведения по динамике изменения площади сева риса содержат в себе полные данные только по Пролетарскому району. Данные по Мартыновскому району имеются только с 2000 г. (рисунок 5).

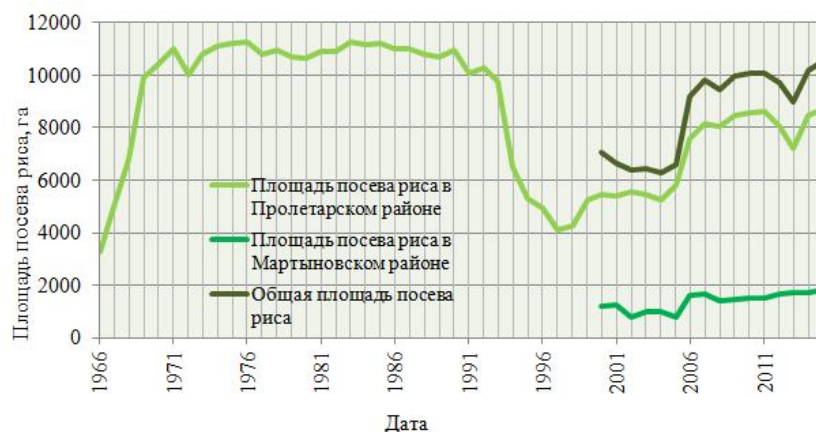


Рисунок 5 – Динамика изменения площади посева риса в зоне Пролетарской оросительной системы

Анализ полученных данных показал, что площадь посева риса в Пролетарском районе с 1966 по 1970 г. увеличилась с 3295 до 10464 га. Затем вплоть до 1993 г. эта величина держалась на уровне 10–11 тыс. га, после чего постоянно снижалась (до уровня 5 тыс. га в 2004–2005 гг.). А начиная с 2006 г., вновь возросла до 7,5–8,5 тыс. га и остается на этом уровне до настоящего времени. Площадь посевов риса в Мартыновском районе, согласно представленным сведениям, колеблется в интервале 800–1700 га и в настоящее время достигла своего максимума – 1800 га. Таким образом, общая площадь посевов риса в зоне Пролетарского канала составляет 10551 га.

Оросительная норма риса на протяжении всего ряда наблюдений колебалась в интервале 20–40 тыс. м³/га (рисунок 6). Своего минимума она достигла в 1977 г., сократившись с 36900 м³/га (в 1966 г.) до 22205 м³/га. Затем оросительная норма увеличивалась, достигнув своего максимума в 1997 г., когда она составила 41100 м³/га, после чего до настоящего времени она колеблется в пределах 37–38 тыс. м³/га.

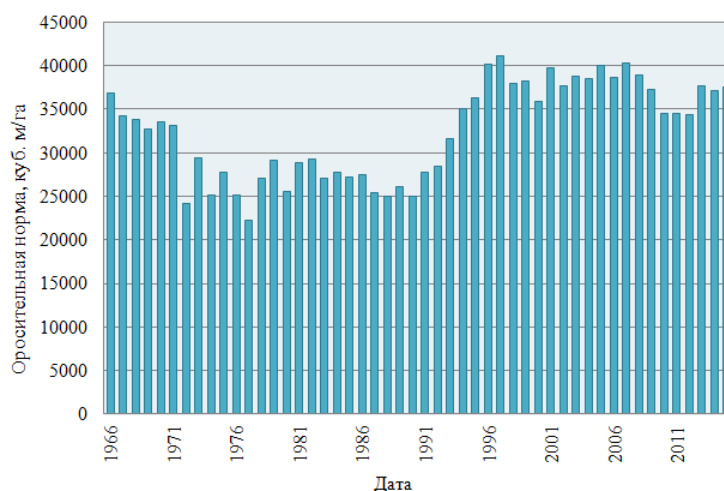


Рисунок 6 – Динамика изменения оросительной нормы риса на Пролетарской оросительной системе

Как видно на рисунке 7, урожайность риса на всем протяжении наблюдений составляет в среднем 30–40 ц/га. Своего минимума она достигла в 90-е гг., в 1996 г. снизившись до показателя 19 ц/га. Однако, начиная с 2000 г., урожайность вернулась до среднего уровня и даже достигла в 2010 г. максимума – 54 ц/га.

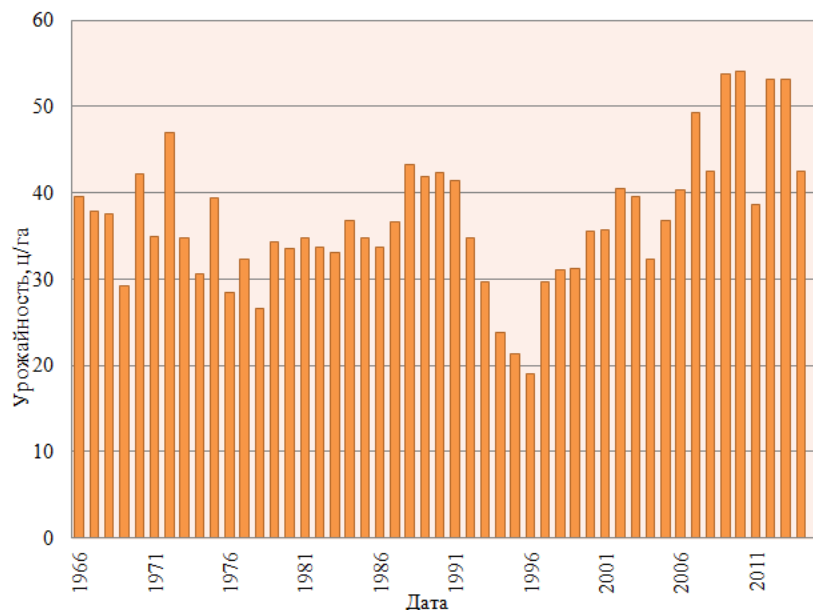


Рисунок 7 – Динамика изменения урожайности риса на Пролетарской оросительной системе

Объем подачи воды рисоводческим хозяйствам Пролетарского района (рисунок 8) в 2000 г. составил 234,2 млн м³ и стабильно увеличивался до 2007 г. (344,2 млн м³). Затем в течение трех лет отмечается некоторое сокращение объема водоподачи (до 306,5 млн м³), но далее – его возрастание, и на данный момент он составляет 361,5 млн м³. А в Мартыновском районе объем подачи воды за тот же период после увеличения в 2006 г. с 25 млн м³ сохраняет средний показатель – 50 млн м³.

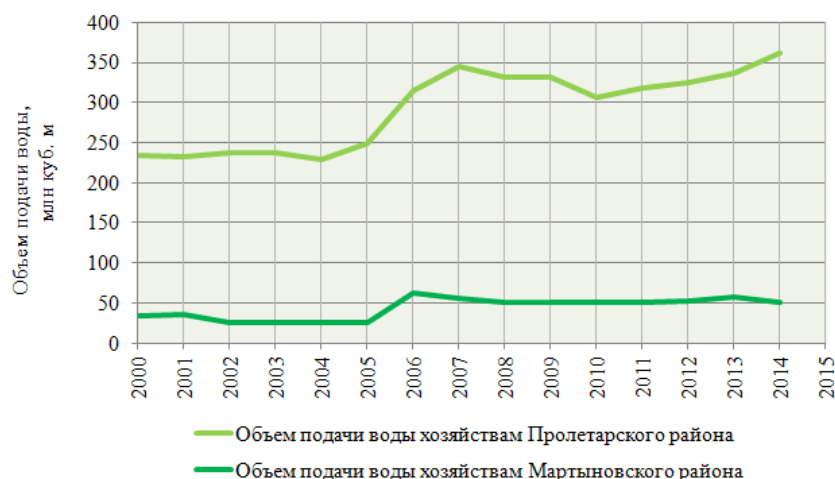


Рисунок 8 – Динамика изменения объема подачи воды рисоводческим хозяйствам на Пролетарской оросительной системе

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- объемы забора воды через головное водозаборное сооружение Пролетарского магистрального канала за период с 1998 по 2014 г. относительно постоянны и колеблются в интервале от 460 до 650 млн м³, при этом потери воды на фильтрацию составили около 70–80 млн м³;

- начиная 1978 г., доля орошения дождеванием постоянно снижается и в настоящее время его составляющие практически полностью утрачены;

- основными статьями расхода воды в данный период являются подпитка Веселовского водохранилища и подача воды на рисовые орошаемые массивы. При этом доля на подпитку водохранилища постоянно снижается при росте объемов подачи на орошение;

- площади рисовых орошаемых массивов в настоящий момент преодолели сокращение, происходящее в 1991–1998 гг., и практически вышли на дореформенный уровень (10551 га);

- урожайность риса достигла максимума в 2009–2010 г. (54 ц/га), однако имеет место ее снижение до уровня около 40 ц/га в 2011 и 2014 гг. При этом объемы подаваемой воды, начиная с 2010 г., постоянно росли, а оросительная норма риса колебалась от 34–36 тыс. м³/га.

УДК 66.014: 66.067.1:628.16

Н. А. Антонова, С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко

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

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА КОМПОЗИТНОГО ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Представлены результаты исследования сравнительного химического состава горелой породы терриконов, выступающей в качестве основного компонента фильтрующего элемента при очистке природной воды систем капельного орошения и кварцевого песка. Горелая порода терриконов в большей степени состоит из оксидов кремния, алюминия и железа, что соответствует составу кварцевого песка. Химическая стойкость соединений данного фильтрующего элемента обуславливает его соответствие действующим нормативным требованиям, предъявляемым к фильтрующим материалам для очистки воды.

Ключевые слова: капельное орошение, очистка природной воды, фильтрующий элемент, качественный состав, горелые породы терриконов.

Введение. Загрязнение поверхностных вод промышленными и коммунальными стоками дает толчок поиску новых средств и материалов для очистки природной воды оросительных систем. Истощение водных ресурсов предопределяет использование для полива сельскохозяйственных культур такого прогрессивного способа орошения, как капельное орошение [1]. Обязательным элементом капельного орошения является удаление взвешенных веществ, характеризующих мутность природной воды. Традиционно механическая очистка реализуется гидроциклонами и фильтрами различных конструкций [2]. Ресурсосберегающие аспекты модернизации водоочистных станций мелиорации находят свое применение при утилизации отходов угледобывающей промышленности для изготовления композитного фильтрующего материала. Применение горелой породы терриконов должно отвечать санитарным нормам безопасности и не способствовать снижению качества природной воды.

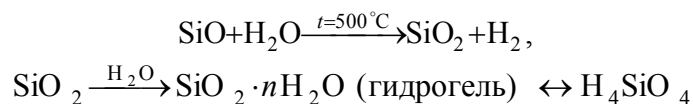
Цель работы – провести исследования качественного состава заполнителя фильтрующего элемента и оценить безопасность его использования в системах водоочистки для капельного орошения.

Материалы и методы. Требования безопасности, предъявляемые к фильтрующим материалам, применяемым для очистки природной воды, отражены в методических указаниях по гигиеническому контролю за изделиями из синтетических материалов и гигиенической оценке фильтрующих материалов, предлагаемых для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения [3, 4].

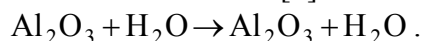
Фильтрующий материал изготавливается из отходов горнодобывающей промышленности и полиэфирной смолы. Горелая порода терриконов предварительно фракционируется колонкой сит и промывается до полного удаления загрязнений и пылевидной фракции. Для изготовления элемента необходимо выделить частицы, проходящие отверстия 2,5 мм и задерживающиеся ситом с размером отверстий 0,5 мм. Промывку проводили по технологии, рекомендуемой ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний» [5]. Доза полиэфирной смолы составила 80 г/кг, после перемешивания части смолы с наполнителем добавлялась оставшаяся смола с предварительно внесенным отвердителем в количестве 1,7 % от общей массы смолы, смесь тщательно перемешивалась. После высыхания готовые фильтрующие блоки использовались для очистки природной воды при капельном орошении.

Результаты и обсуждение. Согласно методическим указаниям [3, 4] все элементы системы водоочистки не должны ухудшать качество очищаемой жидкости. Потенциальной угрозой служит наличие химических соединений в горелой породе терриконов, которые могут вступать в реакцию с водой при наличии агрессивной среды. Данная опасность исключается рекомендуемой технологией производства предлагаемого фильтрующего материала. Кроме этого, качественный состав породы по основным соединениям соответствует кварцевому песку и отличается лишь процентным содержанием.

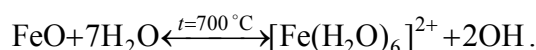
Наблюдается максимальное содержание кремния, который образует два оксида: монооксид SiO и диоксид SiO₂, им соответствуют кварц и кристобалит. Двухвалентный кремний Si (II) на воздухе медленно окисляется до SiO₂, обладает хорошими диэлектрическими характеристиками и механической прочностью. Монооксид кремния не растворяется в кислотах (кроме плавиковой), легко растворяется в щелочах с выделением водорода, является хорошим восстановителем. Диоксид кремния слабо химически активен при реакции с водой, скорость протекания реакции медленная, образуется гидрогель, который выпадает в осадок, с водой протекают реакции [6]:



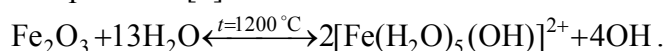
На втором месте по количеству находится алюминий. Оксид алюминия Al₂O₃ – глинозем, белый тугоплавкий порошок, по твердости близок к алмазу. Ему соответствует амфотерный химически инертный гидроксид. Прочная кристаллическая решетка вещества препятствует его растворению в воде и взаимодействию с растворами кислот и щелочей, может реагировать лишь с расплавленной щелочью и горячими концентрированными растворами сильных кислот и щелочей [6]:



Последним компонентом, содержание которого в горелой породе превышает 5 %, является железо Fe, оно образует наиболее устойчивые соединения с кислородом с валентностью 2⁺ и 3⁺. Двухвалентное железо Fe (II) – соединение черного цвета, в природе существует как минерал вюстит. Оксид железа FeO (II) обладает основными свойствами, ему отвечает основание Fe(OH)₂. С водой реакция протекает:



Трехвалентный оксид Fe₂O₃ в природе представлен гематитом, слабо амфотерен, ему отвечает еще более слабое, чем Fe(OH)₂ основание Fe(OH)₃. При взаимодействии с водой протекает реакция [6]:



Четырехвалентный оксид Fe₃O₄ или FeO·Fe₂O₃ в природе встречается как

магнитный железняк. Отличается высокой прочностью, химической и термической устойчивостью. В реакцию с водой не вступает. После прокаливания может взаимодействовать с сильными кислотами и щелочами.

Энергодисперсионный анализ показал, что горелая порода содержит оксиды кремния (Si), алюминия (Al), железа (Fe), калия (K), в незначительном количестве магния (Mg), серы (S), титана (Ti), кальция (Ca), бария (Ba), марганца (Mn), фосфора (P). Отход угледобывающей промышленности предлагается использовать в качестве альтернативы кварцевому песку, применяемому в настоящее время. Примерный химический состав кварцевого песка представлен в виде диапазонов содержания аналогичных компонентов в ГОСТ 25226-96 [7]. Процентное содержание химических элементов горелой породы терриконов, а также кварцевого песка показано на рисунках 1–3.

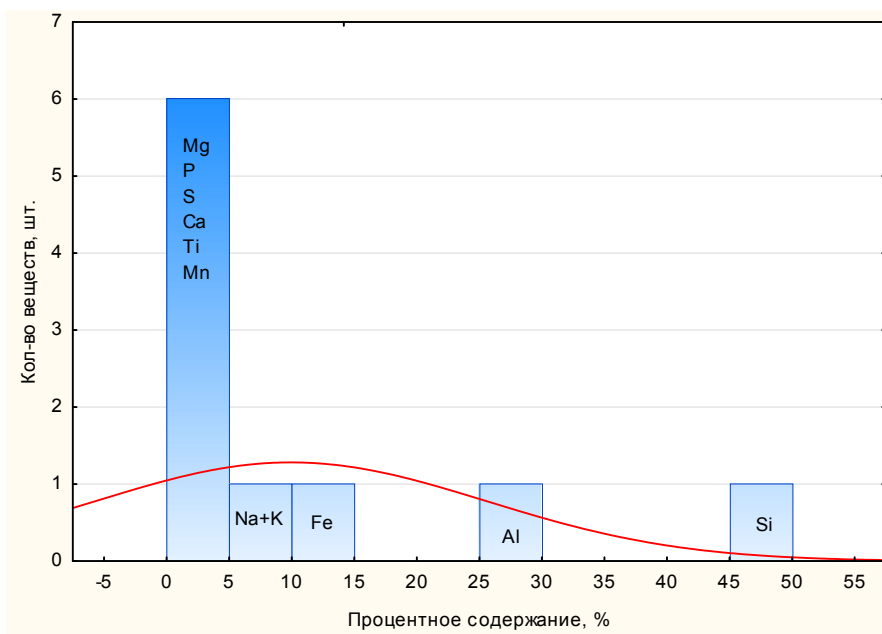


Рисунок 1 – Гистограмма содержания компонентов в горелой породе терриконов

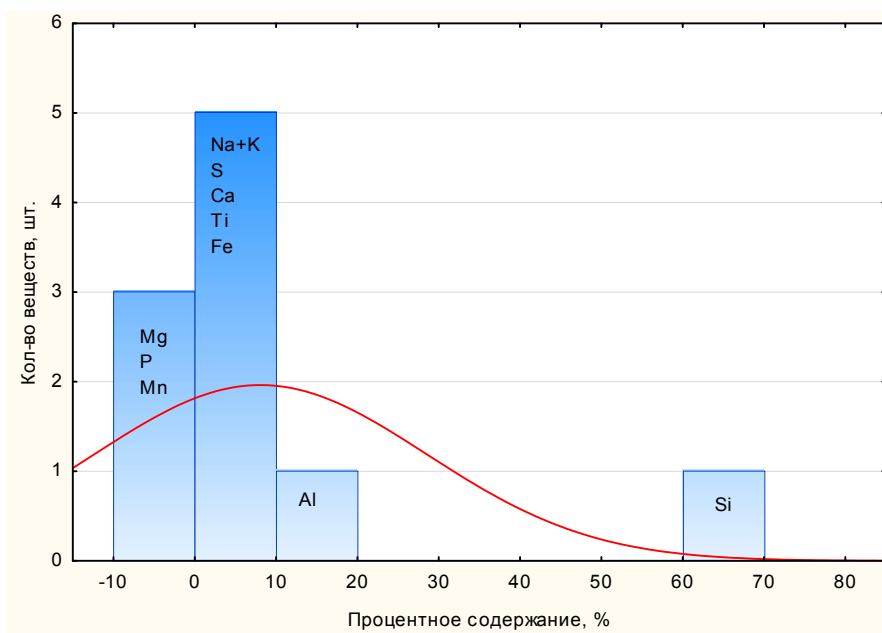


Рисунок 2 – Гистограмма минимального содержания компонентов в кварцевом песке

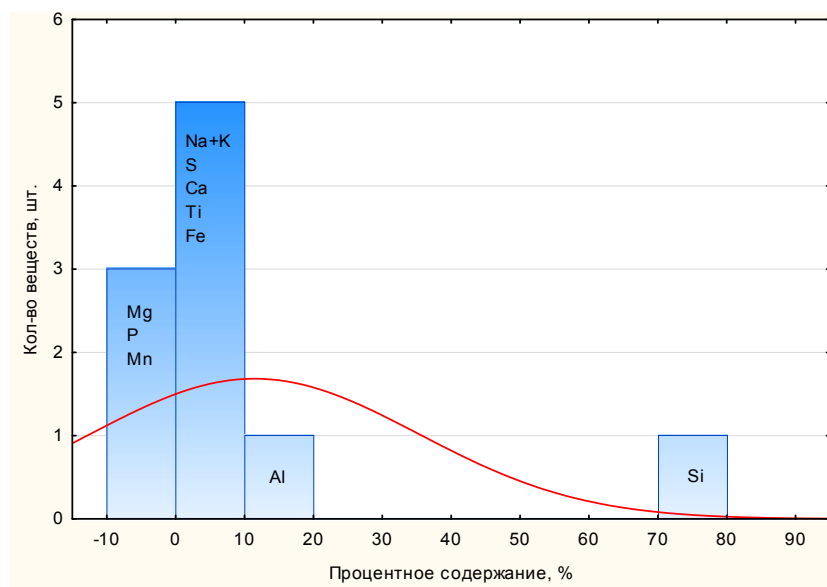


Рисунок 3 – Гистограмма максимального содержания компонентов в кварцевом песке

Составленные гистограммы показывают количественное содержание веществ, находящееся в приведенном по оси x диапазоне, а также их наименование. Линия усреднения количественного состава для кварцевого песка в максимальном содержании отдельных веществ аналогична минимальному содержанию. Линия тренда состава горелой породы терриконов более сглажена, что говорит о большем химическом разнообразии исследуемых образцов, в сравнении с кварцевым песком. Горизонтальная проекция вершины полученной линии для отхода горной промышленности соответствует аналогичному значению кварцевого песка, однако усредненное количество химических элементов, соответствующих данному показателю, меньше на 60–80 %. Это вызвано меньшим разрывом в количественном содержании между входящими в состав породы химическими элементами.

Таким образом, продемонстрировано, что основные соединения, содержащиеся в горелой породе терриконов, не вступают в реакцию с водой и не могут способствовать вторичному загрязнению очищаемой природной воды.

Выводы. Анализ компонентного состава отходов угледобывающей промышленности показал, что перегоревшая порода терриконов близка к кварцевому песку по набору основных химических элементов. По результатам исследования построены гистограммы процентного содержания компонентов кварцевого песка и горелой породы терриконов, при этом с помощью аппарата статистики получена линия нормального распределения качественного состава анализируемых образцов природных материалов. Усредненная проекция нормального распределения количественного состава позволяет сделать вывод о большем химическом разнообразии горелой породы терриконов и меньшей амплитуде процентного содержания основных химических соединений, в сравнении с аналогичными показателями кварцевого песка. Схожесть химического состава показывает, что замена кварцевого песка на фильтрующий элемент, изготовленный из горелой породы терриконов, при очистке природных вод в системах капельного орошения не приведет к ухудшению ее качества.

Список использованных источников

1 Васильев, С. М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения: монография / С. М. Васильев. – Ростов н/Д., 2006. – 364 с.

2 Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справочник. – М.: Росинформагротех, 2015. – 264 с.

3 Методические указания по гигиеническому контролю за изделиями из синтетических материалов, предлагаемых для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения: утв. 23.03.81 № 2349-81 // ИС Техэксперт 2016 [Электронный ресурс]. – ИС Техэксперт, 2016.

4 Методические указания по гигиенической оценке фильтрующих материалов, предлагаемых для использования в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения: утв. 22.02.87 № 4250-87 // ИС Техэксперт 2016 [Электронный ресурс]. – ИС Техэксперт, 2016.

5 ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. – Введ. 1998-07-01. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 13 с.

6 Металлохимические свойства элементов периодической системы: справочник / И. И. Корнилов [и др.]. – М.: Наука, 1966. – 351 с.

7 ГОСТ 25226-96. Щебень и песок перлитовые для производства вспученного перлита. Технические условия. – Введ. 1997-07-01. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 109 с.

УДК 556.535.3.002.56

И. В. Клишин

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ДОПЛЕРОВСКИХ ПРОФИЛОГРАФОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛАХ

Статья посвящена решению задачи определения расхода воды в крупных каналах и реках. С этой целью часто используется метод «фиксированного русла», для которого необходимо получить зависимость между расходом и уровнем. Для расчета данной зависимости предлагается применять акустический доплеровский профилограф. В статье рассматриваются модели профилографов, которые автор считает наиболее приемлемыми и рекомендует для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: измерение расхода воды, скорость потока, эффект Доплера, акустический доплеровский профилограф, фиксированное русло, мелиоративный канал, поперечное сечение потока, метод градуировки «скорость – площадь».

С каждым годом важность проблемы водообеспеченности продолжает возрастать. В докладах экономистов все чаще звучат предостережения о том, что в течение ближайших 20-ти лет вода станет главным аспектом деятельности инвесторов, и для многих стран потребность в воде превысит потребность в нефти.

Вместе с тем в нашей стране система учета расхода водных ресурсов характеризуется наличием ряда проблем. В большей степени они связаны с отсутствием должного интереса к данному вопросу в течение последних двух десятилетий.

Что касается учета воды в системе водоснабжения, в особенности для уровня конечного пользователя, то здесь больших трудностей не возникает. Измерение небольших расходов, в том числе в напорных водотоках – давно решенная задача. Цена на воду здесь достаточно велика, конечный пользователь напрямую заинтересован в экономии и готов платить за средства учета. Но учет расхода воды на крупных магистральных каналах и реках до сих пор остается проблематичным.

Как правило, для определения расхода воды в крупных каналах и реках используется метод «фиксированного русла», который заключается в измерении уровня

на неподтопленном, достаточно прямолинейном участке канала. Зависимость между расходом и уровнем устанавливается с помощью градуировки по месту. Для градуировки большей частью используется метод «скорость – площадь». Градуировка и измерение расходов методом «скорость – площадь» выполняется согласно методическим указаниям МИ 1759-87.

Сложностей с измерением уровня, расчетом, накоплением, передачей и визуализацией данных не возникает. Но процесс градуировки для достижения высокой точности измерений значительно затруднен. Проблема состоит в том, что метод «скорость – площадь» предполагает регистрацию скоростей потока в достаточно большом количестве точек в плоскости поперечного сечения русла. К примеру, для достижения достаточной точности измерений при ширине канала около 50–70 м может потребоваться определять скорости течения в пятидесяти и более точках. А для получения кривой зависимости «уровень – расход» потребуется более десятка таких измерений при различных уровнях. При этом во время процесса измерений должен сохраняться неизменный режим течения, и отсутствовать подпор в нижнем створе.

Естественно, что использование точечных приборов (например, гидрометрических вертушек) для измерений скорости течения в контрольных точках сопряжено с большой трудоемкостью и длительностью процесса градуировки. Согласно МИ 1759-87 продолжительность измерения в одной точке должно быть не менее 100 с [1].

Для соблюдения правильности позиционирования точечные приборы обычно крепятся к специальной штанге, длина которой должна превышать наибольшую глубину в створе измерений и при этом устойчиво фиксироваться по вертикали. Соответственно, процесс измерений точечными приборами скоростей на больших глубинах, даже при небольших течениях приходится производить со специально оборудованных гидрометрических мостиков. Необходимо также принимать во внимание то, что во многих случаях параметры русла на отградуированном участке в течение сезона эксплуатации могут подвергаться физическим изменениям. Существует вероятность накопления донных отложений, изменения шероховатости русла и т. п. А это может потребовать дополнительной коррекции градировочных данных.

С учетом вышесказанного возникает стремление ускорить и сократить трудоемкость измерений скоростей потока. Наиболее удачным решением, на наш взгляд, является использование ультразвуковых способов интеграционного измерения скоростей потока и параметров русла с применением эффекта Доплера. В качестве средства измерения может быть использован подходящий доплеровский профилограф «Acoustic Doppler Current Profiler» (ADCP).

Эффект Доплера проявляется в изменении частоты звуковых (световых и любых других) волн в зависимости от скорости движения источника и приемника звука относительно друг друга. Для получения скорости потока направленно излучают акустический импульс в воду и затем «слушают» возвращающееся эхо от взвешенных в воде частиц. После получения отраженного сигнала специальное устройство рассчитывает доплеровское смещение и соответствующую ему скорость движущихся в потоке частиц. При этом принимается, что скорость движения взвешенных частиц совпадает со скоростью движения воды.

Для получения интегрированной скорости потока используется профилирование потока, под которым понимается измерение эпюр скоростей течения по глубине на разных вертикалях поперечного сечения водотока. В результате получают профили распределения скорости на каждой вертикали для всего поля скоростей по длине поперечного сечения створа измерений. Для измерения скоростей поперечное сечение водотока представляется в виде расположенных последовательно вертикальных колонок, имеющих в зависимости от глубины потока на данной вертикали разную высоту. Горизонтальные полосы и вертикальные колонки делят все поперечное сечение на прямоуголь-

ные ячейки, к центру каждой из которых относят вектор измеряемой скорости течения, осредненной за некоторый период времени. Обычно он составляет 5 или 10 с.

На рисунке 1 представлен вариант схемы получения профиля распределения скоростей в поперечном сечении потока с использованием акустического доплеровского профилографа.

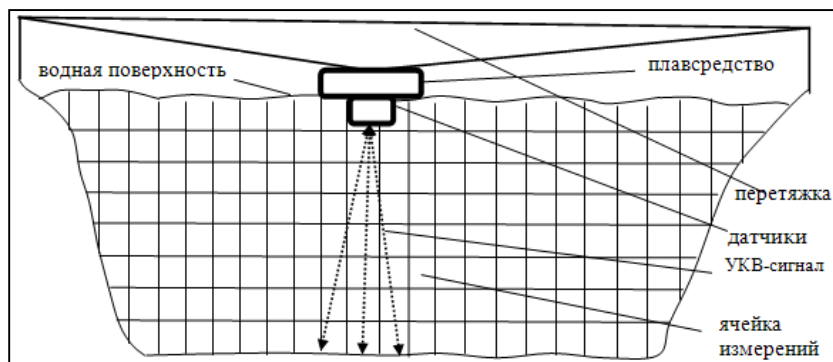


Рисунок 1 – Схема получения профиля распределения скоростей в поперечном сечении потока с использованием акустического доплеровского профилографа

Блок датчиков профилографа устанавливается на плавсредство и при помощи перетяжки перемещается по поверхности воды поперек русла в створе измерений. В результате сканирования акустическим импульсом (сигналом УКВ-частоты) и его обработки осуществляется измерение всех мгновенных скоростей потока в ячейках поперечного сечения.

Профилограф во время сканирования подключается к компьютеру. На мониторе компьютера отображаются текущие глубины, скорости течения и расход воды на данный момент времени. Вся информация сохраняется для дальнейшей обработки. Скорость течения измеряется в ячейках, размер которых зависит от глубины потока и рассчитывается автоматически либо задается вручную оператором. В среднем их размер 40×40 см. Достичь такой детальности гидрометрической вертушкой практически невозможно.

Без дополнительных замеров мы получаем и актуальную точную информацию о профиле сечения. За счет значительного повышения количества точек измерения достигается большая точность показателей мгновенного расхода, который определяется как сумма расходов во всех ячейках измерений.

На рынке имеются акустические доплеровские профилографы, которые дают возможность получать от одной до нескольких десятков тысяч ячеек с данными измерения мгновенных скоростей потока за один проход. При этом все вычисления расходов ведутся одновременно как в самом приборе, так и во внешнем приемном компьютере. Интеллектуальный алгоритм учитывает глубину русла, скорость и турбулентность потока, автоматически адаптируется к условиям измерений, используя оптимальное разрешение и схему доплеровских измерений.

Профилографы могут иметь три и более ультразвуковых датчика-преобразователя для измерения скорости течения. Датчики размещены на головке прибора под определенными углами к его вертикальной оси. Прибор должен перемещаться поперек течения. При этом датчики-преобразователи направлены вниз.

Для выполнения измерений расходов воды с помощью профилографов предусмотрено и используется несколько способов монтажа:

- жесткое крепление за бортом, на корме или в корпусе судна (катера, лодки и т. д.);
- установка на плавательном средстве (катамаране и т. д.);
- на привязи, укрепленной на борту или корме судна;
- на привязи с помощью буксировочного троса, например, с моста, гидрометрической установки, люльки или по перетяжке [2].

При этом связь профилографа с компьютером может осуществляться посредством радиомодема «bluetooth».

Лидерами рынка являются акустические доплеровские профилографы «SonTek», «Stream Pro», «Rio Grande», «River Ray». Однако их цена на данный момент достаточно велика. Она составляет порядка 2,5–3,0 млн руб. и более (в зависимости от комплектации).

В нашей стране использование профилографов для измерения расхода воды крупных каналов и рек вследствие их высокой стоимости находится еще на начальной стадии. Некоторое распространение получили профилографы «Stream Pro» и «Rio Grande», выпускаемые по технической документации компании «Teledyne RD Instruments» (США).

Федеральным государственным бюджетным учреждением «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») Росгидромета был разработан руководящий документ РД 52.08.767-2012, который устанавливает методику измерений, включающую общие требования, порядок измерений, обработку и контроль результатов измерений расходов воды на водотоках (реках, каналах, ручьях и т. д.) с помощью акустических доплеровских профилографов (АДПТ) модификации «Stream Pro», «Rio Grande 1200 kHz» и «Rio Grande 600 kHz». Границы допускаемой относительной погрешности измерений расходов воды по данной методике составляют не более $\pm 10\%$.

Доплеровские акустические профилографы модификаций «RiverSurveyor S5», «RiverSurveyor M9», WHRZ 1200 (WH «Rio Grande 1200 kHz» DR ADCP), SPADCP («Stream Pro» with Pocket PC) WHR 600 (WH «Rio Grande 600 kHz» DR ADCP) и комплексы мобильные гидрологические «RiverRay» внесены в реестр средств измерений.

Комплекс «RiverRay» компании «Teledyne RDI» представляет собой систему, которая поставляется в комплекте из акустического доплеровский профилографа «RiverRay», специально разработанного тримарана (рисунок 2), понижающего сопротивление из-за уменьшения влияния возмущающих потоков и обеспечивающего превосходную управляемость даже при высокой скорости течения и поверхностных волнениях.

В качестве модернизации существующего ADCP «Rio Grande» компания «Teledyne RDI» выпустила новый 5-лучевой акустический доплеровский профилограф «RiverPro» с частотой 1200 кГц для измерений на малых глубинах. Он позволяет проводить измерения на водотоках в пределах от 20 см до 25 м. Также «RiverPro» был разработан с возможностью установки на тримаране от «RiverRay». Автоматическая настройка выборки обеспечивает получение точных данных об измерениях расхода воды без необходимости конфигурирования пользователем. Гладкая фазированная решетка трансдюсера разработана специально для уменьшения размера, веса и снижения влияния возмущающих потоков. Новый тип излучателя и малый диапазон измерений улучшают качество измерений на поверхностных слоях.

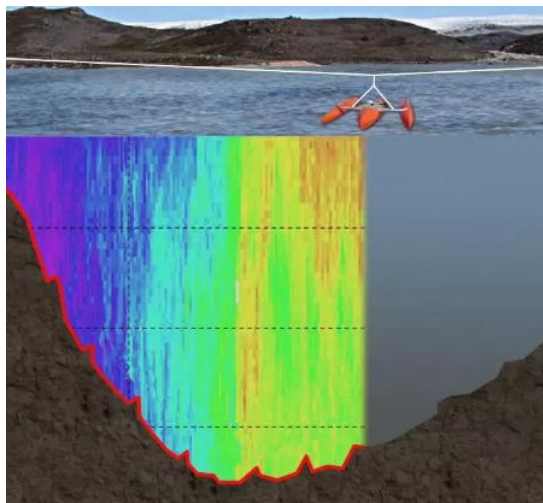


Рисунок 2 – Использование тримарана комплекса «RiverRay»

Основные метрологические и технические характеристики данных профилографов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические и технические характеристики профилографов

Параметр	«Stream Pro»	«Rio Grande»		«RiverSurveyor»		«River Ray»
		1200 kHz	600 kHz	S5	M9	
Диапазон профилирования, м	4,0	21,0	75,0	15,0	80,0	60,0
Диапазон измерений скорости потока, м/с	0,03–5,00	0,03–5,00	0,03–5,00	0,01–5,00	0,01–5,00	0,03–5,00
Количество ячеек глубины, шт.	1–20	1–128	1–128	1–128	1–128	1–128
Минимальный размер ячейки глубины, м	0,010	0,005	0,100	0,020–0,500	0,020–4,000	0,004
Рабочая частота датчиков, МГц	2,0	1,2	0,6	3,0 / 1,0	3,0 / 1,0 / 0,5	1,2
Число лучей датчика, шт.	4	4	4	5	9	4

Стоит отметить, что при использовании АДТП возникают некоторые проблемы. Придонная и приповерхностная зоны поперечного сечения не охватываются измерениями. Поэтому часть расхода воды, протекающая в этих зонах, определяется расчетными методами посредством экстраполяции и интерполяции. Данные алгоритмы заложены в сопутствующем программном обеспечении от производителя.

В ФГБУ «ГГИ» была разработана методика, в которой для получения значений мгновенных скоростей течения в неохваченных измерениями областях вместо экстраполяции и интерполяции используются целостные модели, построенные на гидравлических закономерностях движения русловых потоков.

Профилограф измеряет движение воды относительно датчика. Чтобы получить действительную скорость движения потока, скорость движения самого датчика (или судна, на котором он расположен) должна быть исключена. Действительная скорость воды вычисляется как разность скорости, измеренной в «ячейке глубины», и скорости перемещения датчика профилографа относительно дна.

Чтобы избежать ошибок при измерении скоростей потока и перемещения судна, перед началом измерений выполняют тест «движущегося дна». Если в ходе выполнения теста эффект «движущегося дна» установлен, то значения измеренных расходов воды должны быть откорректированы вводом соответствующей поправки.

Для определения положения граничных вертикалей и при конфигурировании профилографа перед измерениями следует правильно задать значения максимальных глубины и скорости течения. Это реализуется с помощью предварительного тестового прохода без записи данных.

Для получения высокой точности проводят несколько измерений. Рекомендуется выполнить четыре измерения (по две пары измерений туда и обратно). После чего необходимо проанализировать полученные результаты. Отклонение расходов каждого измерения от вычисленного среднего не должно превышать $\pm 5\%$. В случае необходимости следует выполнить еще два измерения (туда и обратно) до получения расхождений в значениях расходов воды в пределах $\pm 5\%$ [2].

Стоит так же отметить, что при всех удобствах измерения проводить их могут только высококвалифицированные специалисты, прошедшие специальное обучение. Следовательно, потребуется соответствующая нормативная и методическая основа, учитывающая особенности использования акустического доплеровского профилографа при градуировке измеряемых створов. Содержание методических документов может

оказаться привязанной к конкретной линии разработок, имеющей свои особенности функционирования. При развитии данного направления целесообразно сразу ориентироваться на использование отечественных разработок, не создавая зависимость от импортного производителя.

К сожалению, прибора российского производства, подобного лучшим импортным образцам, нет. Мы считаем важным и возможным осуществить разработку отечественного акустического доплеровского профилографа, который не уступал бы лучшим зарубежным аналогам. Особых технических и технологических сложностей для создания такого прибора не существует. Имеются отечественные разработки приборов измерения расхода, основанные на доплеровском эффекте, применительно к трубопроводам и небольшим каналам. Создание качественного профилографа, рассчитанного на измерение профиля скоростей для широких каналов и рек, лишь вопрос финансирования данного проекта.

Список использованных источников

1 Расход воды в реках и каналах. Методика выполнения измерений методом скорость – площадь: МИ 1759-87. ГСИ: утв. Всесоюз. науч.-исслед. ин-том расходомерии 11.06.86: введ. в действие с 01.01.88. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 17 с.

2 Расход воды на водотоках. Методика измерений акустическими доплеровскими профилографами «Stream Pro» и «Rio Grande»: РД 52.08.767-2012: утв. и введ. в действие Росгидрометом 01.08.12. – СПб.: ГГИ, 2012. – 85 с.

УДК 621.67, 626.83

О. Я. Гловацкий, Е. А. Печейкина, Д. О. Драпун

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

РЕАЛИЗАЦИЯ ГИДРОПОТЕНЦИАЛА МАШИННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЕРИВАЦИОННОГО ТИПА

Целью исследований является обоснование принципов изучения гидроресурсов машинных оросительных систем деривационного типа Джизакской области. Диагностическими признаками для машинного канала при различных режимах эксплуатации выбраны: прочностные, определяющие напряженное состояние, вибрационные, резонансные характеристики основных узлов; параметры нестационарных (переходных) процессов, при которых определяются пульсации давления, возникновение и диссипация вихревых явлений.

Ключевые слова: малые ГЭС, насосные станции, безопасная эксплуатация, диагностический признак.

В настоящее время из источников возобновляемой энергии в энергобалансе Узбекистана заметную долю составляет гидроэнергия естественных и искусственных водотоков. Потенциал гидроэнергоресурсов га год оценивается в 88,5 млрд кВт·ч, включая технический (27,4 млрд кВт·ч), из которого сегодня используется только около 30 %.

Программа развития малой гидроэнергетики предусматривает строительство малых ГЭС. Если потенциал малых гидроэлектростанций будет использоваться наиболее оптимально, производимого ими электричества может быть достаточно для работы всех насосных станций (НС), подведомственных Министерству сельского и водного хозяйства.

Были обследованы малые ГЭС на перепадах машинных каналов территории Джизакской области. В области выявлено более 40 крупных каналов (в основном магистральных), имеющих перепады, на которых могут быть построены малые ГЭС. Все каналы (за исключением трех проектируемых) находятся в эксплуатации, из них более 80 % расположены в районах с развитым орошением и имеют комплексное назначение.

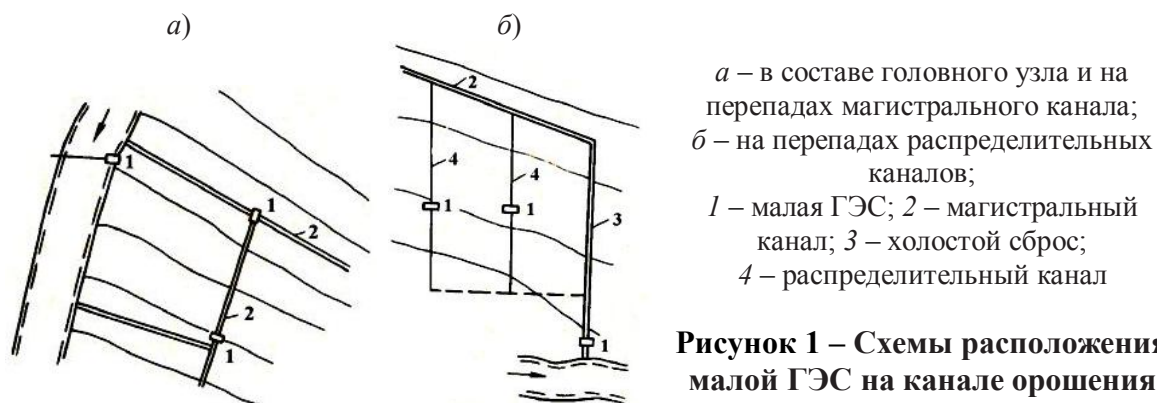
По проектным материалам на этих каналах выявлено 125 сосредоточенных перепадов с разницей высотных отметок от 3 до 130 м [1].

На каналах комплексного назначения малые ГЭС могут работать круглый год, обеспечивая необходимые расходы воды на каналах, предназначенных для орошения. В таблице 1 указано число малых ГЭС на перепадах каналов в Джизакской области.

Таблица 1 – Малые ГЭС на перепадах каналов и режимы их работы

Напор на перепаде, м	Число малых ГЭС	Период работы машинного канала, месяцев					
		3–6			6–9		
		Всего малых ГЭС	В том числе с расходом, м ³ /с		Всего малых ГЭС	В том числе с расходом, м ³ /с	
			до 5	5–10		до 5	5–10
< 10	3	1	–	1	2	2	–
10–20	3	2	–	1	1	1	–
20–30	5	2	2	2	3	2	1
> 30	3	1	–	1	2	1	1
Итого	14	6	–	–	8	–	–

На рисунке 1 представлены схемы расположения малых ГЭС на оросительных каналах.



Расположение малой ГЭС в головном узле и в начальной части магистрального канала является наиболее удачным (рисунок 1, а). Такие малые ГЭС могут работать круглый год, не нарушая режима эксплуатации оросительной системы. По данной схеме построена малая ГЭС на канале Джой-Бор Вахшской оросительной системы в Таджикистане.

Возможно сооружение малых ГЭС и на перепадах распределительных каналов (рисунок 1, б). Однако их энергетическое использование не представляет такого интереса, как использование магистральных каналов, поскольку в отводы подается только часть расходов главного канала. Отводы часто работают в порядке очередности – вода поступает в один распределитель, затем в другой, поэтому располагаемые на них ГЭС будут иметь значительно меньший энергетический объем.

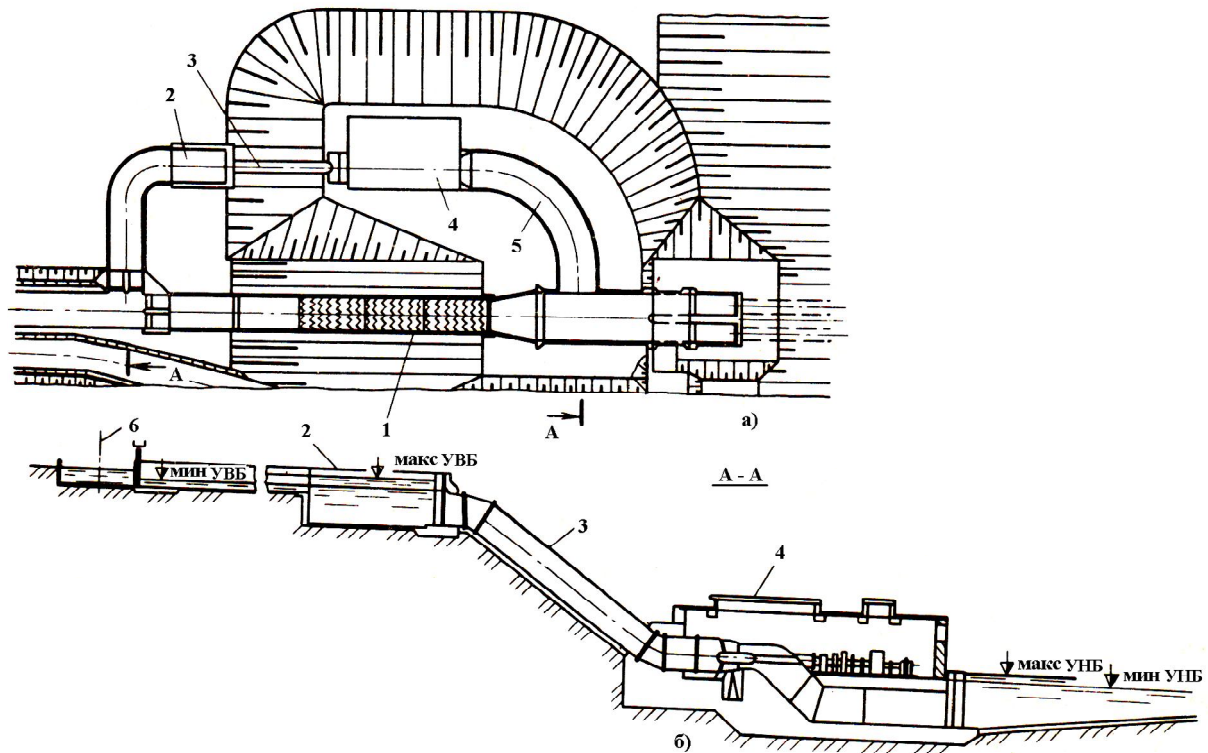
Строительство малых ГЭС на перепадах каналов целесообразно осуществлять по типу деривационных. На канале перед входом в быстроток (или перепад) происходит переключение расходов из канала в параллельное русло с подводом воды к напорному бассейну и турбинным водоводам. Сопрягающие сооружения при этом могут использоваться как холостые сбросы, как видно на рисунке 1. На строящихся каналах целесообразно возведение малых ГЭС вместо перепадного сооружения.

Таким образом, имеется значительное многообразие возможных схем сооружения малых ГЭС. Выбор оптимальной схемы требует соответствующего технического и экономического обоснования.

Применение стандартных и унифицированных решений значительно снижает затраты на малые ГЭС, эффект от внедрения стандартного оборудования по данным специалистов США может составить от 10–15 до 30–50 % общих затрат на оборудование.

Важным направлением повышения эффективности малых ГЭС является сокращение сроков проектирования и строительства. При широком использовании унифицированных проектов многие зарубежные фирмы обеспечивают ввод в эксплуатацию малых ГЭС спустя 12–15 месяцев после получения заказа. Применение унифицированных проектов позволяет также уменьшить стоимость их строительства. Поэтому унификация проектных решений малых ГЭС является особенно актуальной.

На рисунке 2 показана малая ГЭС, которую планируется построить на быстротоке Джизакской головной НС (ДГНС).



а – план; *б* – разрез по оси напорного тракта;
1 – быстроток; 2 – напорный бассейн; 3 – напорный трубопровод;
4 – задание малой ГЭС; 5 – отводящий канал; 6 – ось отводящего канала

Рисунок 2 – Малая ГЭС, которую планируется построить на быстротоке ДГНС

Основными энергетическими параметрами малых ГЭС являются установленная мощность и число гидроагрегатов, годовая выработка электроэнергии, расчетный напор, расчетный расход. В общем случае установленную мощность малой ГЭС выбирают на основании энергоэкономических расчетов, в которых определяют вытесняемую мощность тепловых электростанций, обосновывают размещение на ГЭС резервной и дублирующей мощностей.

Установленная мощность ГЭС определяется с учетом гарантированной (обеспеченной) мощности $N_{гар}$, резервной мощности $N_{рез}$ и дублирующей (сезонной) мощности $N_{сез}$. Эти параметры устанавливались на основании диагностических испытаний ДГНС. Контрольные испытания на надежность проводились для агрегатов 2400В-25/40. Фактическая наработка насоса за период подконтрольной эксплуатации – 2083 ч (по условиям рабочей программы не менее 1000 ч).

Основной целью диагностики является прогнозирование состояния, обработка экспериментальных данных для выявления элементов, сооружений, наиболее чувстви-

тельных к воздействию неблагоприятных условий работы НС. В связи с этим при диагностике сооружений приходится решать две задачи: найти критериальные признаки, изменения которых обуславливают неполадки, аварийную ситуацию, и установить комплекс признаков для прогнозирования назревающих отказов.

За время проведения контрольных испытаний на надежность элементов и сооружений отказов, связанных с работой насоса не было. Из-за неисправностей в электрических цепях было произведено две остановки. Работа направляющего подшипника оценивалась по температурному режиму масла и сегментов. Значения температуры масла и сегментов соответственно составляют не более 56 и 65 °С.

Диагностическими признаками для машинного канала могут служить: пропускная способность; заиливание; потери воды вдоль пути; устойчивость дна и откосов канала; высота командования; повреждаемость объектов, построенных для нормального функционирования канала и его основных элементов; наличие в воде продуктов размыва (взвешенных и донных наносов, плавника). Эти признаки могут быть разделены на две группы: к первой группе относятся признаки, характеризующие работоспособность и безопасность, ко второй – те, которые приводят или могут привести к отказу объекта или его составляющих элементов [2].

Виды испытаний НС:

- энергетические, определяется подача, мощность, число оборотов и КПД при различных углах разворота лопастей рабочих колес или открытия направляющего аппарата, а также угонные обороты;

- гидравлические, определяются кинематические характеристики потока;

- кавитационные, определяются критические значения кавитационных коэффициентов;

- силовые, определяются моменты, действующие на лопасти агрегатов, элементы проточного тракта и суммарная гидравлическая сила, приложенная к ротору агрегата;

- прочностные, определяющие напряженное состояние, вибрационные, резонансные характеристики основных узлов;

- исследования нестационарных (переходных) процессов, определяют пульсацию давления, возникновение и диссипацию вихревых явлений;

- виброакустические (диагностирующие), фиксирующие техническое состояние агрегатов при различных режимах эксплуатации.

В последнее время прослеживается тенденция к изучению условия безопасной работы крупных насосных агрегатов с сопутствующим гидротехническим комплексом (аванкамерой, сороудерживающим сооружением, напорным трубопроводом, водовыпуском). Элементы этого комплекса оказывают значительное влияние на параметры агрегата.

Прочностные испытания проводятся с целью предотвращения разрушения деталей агрегата, которые оснащаются датчиками деформации. С них снимаются показания во всем диапазоне эксплуатационных режимов в статическом и динамическом состоянии.

Давление и пульсации давления в проточном тракте насоса измеряется тензометрическими мембранными датчиками; обороты насосного агрегата – тахометром.

Анализ виброускорения как показателя динамической нагрузки имеет ряд преимуществ в диапазоне высоких частот (более 1000 Гц), генерируемых гидравлическими процессами. Для определения вибрационной мощности анализируется в основном виброскорость, которая изменяется при появлении механических неисправностей в диапазоне низких (до 100 Гц) частот.

При определении критериев безопасности ДГНС необходимо учитывать процесс уменьшения подачи отключенных насосов вследствие снижения их частоты вращения.

Для сохранения условия неразрывности потока в напорном трубопроводе алгебраическая сумма подач, не отключенных и отключенных насосных агрегатов, работающих на общую нитку трубопровода, должна быть равна расходу воды в общей нитке напорного трубопровода.

Подача насосов может быть увеличена только за счет уменьшения общего напора насосов, а именно за счет уменьшения давления в напорном патрубке насоса. При внезапном отключении части насосов, работающих совместно на общую нитку напорного трубопровода, давление в начале трубопровода уменьшается из-за того, что расход в общем трубопроводе оказывается больше суммарной подачи всех не отключенных и отключенных насосов. Снижение давления уменьшает разность давлений в начале и конце общего напорного трубопровода и тем самым уменьшает скорость движения воды в трубопроводе. Кроме того, это снижение давления увеличивает подачу как отключенных, так и не отключенных насосных агрегатов, так как их рабочие точки смещаются «вправо» на рабочих характеристиках насоса.

Таким образом, понижение давления в начале общего трубопровода является своего рода регулятором равенства подач насосных агрегатов и расхода воды в общем трубопроводе. Так как существующие методики расчета охватывают только случаи внезапного отключения всех насосов, работающих параллельно на общий трубопровод, были проанализированы параметры переходных процессов при отключении части агрегатов, работающих совместно на общую нитку напорного трубопровода.

Кроме того, нами определялись критерии безопасной работы ДГНС, принятые при отметке горизонта воды в напорном бассейне не выше 337,8 м и не ниже 336,9 м.

Гидропривод дисковых затворов обеспечивает их закрытие в течение 5 мин для «основного» насоса и 2 мин для «разменного», клапаны впуска и заземления воздуха отрегулированы на открытие при разрежении в трубопроводе более 0,6 кгс/см². Давление в трубопроводе при гидравлическом ударе не превышает 4,4 кгс/см², а время обратного вращения агрегата составляет не более 5 мин.

Уравнительные резервуары предохраняют подводящие и отводящие напорные деривационные водоводы от воздействия гидравлического удара, уменьшают максимальное давление в турбинных трубопроводах и улучшают условия регулирования гидромашин при быстрых изменениях нагрузки ГЭС.

При отсутствии уравнительного резервуара гидравлический удар распространяется по всей трассе напорной деривации, давление в которой может повыситься во много раз. При установке в конце напорной деривации уравнительного резервуара в нем происходит отражение волн гидравлического удара, в результате чего при соответствующем сопряжении резервуаров с туннелем исключается проникновение туда волн гидравлического удара и ограничивается повышение давления в турбинном трубопроводе.

Необходимость установки уравнительного резервуара выясняется на основе анализа переходных процессов и технико-экономического сопоставления вариантов напорной системы с уравнительным резервуаром и без него с учетом режима регулирования.

Выводы

1 Сформулированы принципы изучения гидропотенциала машинных оросительных систем деривационного типа Джизакской области.

2 Обследование технического состояния НС стимулирует развитие диагностики при различных режимах эксплуатации.

Список использованных источников

1 Основные пути снижения потребления энергетических ресурсов в водном секторе / О. Я. Гловацкий, Ф. Ж. Носиров, Ш. Р. Рустамов, С. А. Жураев // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2013. – 45–50 с.

2 Гловацкий, О. Я. Методы управления безопасностью сопрягающих сооружений насосных станций с переходными процессами / О. Я. Гловацкий, Ш. Р. Рустамов, Ш. М. Шарипов // Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства: сб. докладов II Междунар. науч.-практ. конф. – Алматы, 2016. – С. 143–146.

МЕЛИОРАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.6

С. В. Мных

Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Рассвет,
Российская Федерация

Г. Г. Поляков

ПРОБЛЕМЫ УХУДШЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ РИСОВЫХ СЕВОБОРОТОВ

Цель исследований заключалась в разработке мероприятий по улучшению мелиоративного состояния рисовых севооборотов в ООО «Аргамак» Пролетарского района Ростовской области. Одним из основных резервов повышения продуктивности почв рисовых севооборотов является улучшение их мелиоративного состояния. Для условий Ростовской области это имеет особо важное значение, так как рисовые системы построены на малопродуктивных солонцеватых и солончаковых тяжелосуглинистых почвах. За последние десятилетия мелиоративное состояние рисовых оросительных систем ухудшилось, что привело к сокращению площадей рисовых севооборотов в области более чем на 50 % и недобору сотен тысяч тонн сельскохозяйственной продукции. Причины ухудшения мелиоративного состояния следующие: строительство оросительной сети в земляном русле; значительная фильтрация воды из каналов; недостаточная пропускная способность оросительных каналов в результате заиливания и зарастания; слабая естественная и искусственная дренированность за счет разреженной дренажно-сбросной сети (междренные расстояния составляют 300–400 м); неудовлетворительная планировка рисовых полей; террасность чеков; размещение отдельных полей и карт в замкнутых лиманообразных понижениях; ухудшение качества оросительной воды. Одной из основных причин снижения продуктивности почв рисовых севооборотов является резкое сокращение средств федерального бюджета по всем направлениям мелиоративных мероприятий. Одновременно с этим земледельцы в новых экономических условиях не сумели компенсировать недостаток средств федерального бюджета. Определенный интерес к мелиорации сегодня проявляют частные земледельцы, однако инвестируемые ими средства весьма незначительны. Научная новизна данных исследований заключается в разработке и внедрении современных мелиоративных систем с учетом используемых ресурсов (земельных, водных, финансовых, энергетических, трудовых и экологических). Исследования проводились в производственных условиях ООО «Аргамак» Пролетарского района Ростовской области в 2014–2015 гг. Рисовые севообороты размещены на малопродуктивных солонцевых, засоленных и слабОВОдопроницаемых почвах.

Ключевые слова: рисовые междренья, чеки, дренаж, планировка, террасность.

Почвенный покров представлен черноземами и темно-каштановыми почвами в комплексе с солонцами (15–50 %). Солонцовые почвы особенно хорошо видны в летний период в виде пятен различной величины. Почвы рисовых севооборотов имеют сульфатно-натриевый, сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный тип засоления.

На урожай риса существенно влияют тип и степень засоления почв. Наблюдения показали, что на участках при исходном засолении верхнего слоя почвы (0–20 см) на уровне 0,5–0,8 % (в том числе по содержанию хлора 0,10–0,15 %) рис хорошо произрастает и развивается. В то время как на засоленных в пределах 1,8–2,0 % (по хлору 0,2–0,3 %) почвах всходы получают изреженными на 30 % и более. Значительный

процент всходов погибает в фазе 1–2-го листа, особенно в условиях несоблюдения водного режима.

Глубина залегания грунтовых вод составляет 1,0–1,5 м с минерализацией 10–20 г/л. По характеру засоления эти воды относятся к хлоридному и сульфидно-хлоридному типу (70 % площади и более).

Наблюдения показали, что при неоправданно завышенных нормах полива на рисовых полях происходит подъем уровня грунтовых вод, которые при достижении поверхности по капиллярам почвы под влиянием высоких летних температур (выше 35 °С) быстро испаряются, а соли, растворенные в воде, задерживаются в верхнем слое почвы и частично на ее поверхности. Постепенно накапливаясь, количество солей достигает такой величины, при которой наступает угнетение или полная гибель растений. В условиях бессточных грунтовых вод уровень их поднимается близко к поверхности земли, вызывая вторичное засоление. Вторичное засоление почв является острой проблемой на рисовых севооборотах хозяйства. Вследствие низкой водопроницаемости почв, как показали наши наблюдения, вынос солей с фильтрационной водой недостаточный для обеспечения нормального развития растений, особенно в средней части междуренья.

Поэтому для получения оптимального количества всходов на 1 м² специалисты хозяйства прибегают к неоправданно завышенным нормам расхода семян 300 кг/га.

Для создания оптимального водного режима при возделывании риса и получения высоких гарантированных урожаев необходима технически совершенная мелиоративная система с развитой оросительной и дренажно-сбросной сетью.

Однако в ходе наших исследований отмечено, что допущенное в ряде случаев низкое качество мелиоративного строительства, а также невысокий инженерный уровень эксплуатационной внутрихозяйственной сети обусловили ухудшение технического состояния оросительных и дренажно-сбросных каналов, что, в свою очередь, отрицательно сказалось на мелиоративном состоянии полей.

Строительство оросительной сети в земляном русле привело к значительной фильтрации воды из каналов, что способствовало поднятию высокоминерализованных грунтовых вод в этой зоне и их продолжительному высокому стоянию после сброса воды с чеков. Разница глубины залегания их у дрены и оросителя составляет 1,0–1,2 м. В силу недостаточной дренированности вдоль оросительных каналов имеют место процессы вторичного засоления и заболачивания, что в конечном итоге сказывается на продуктивности полей.

Кроме фильтрационных потерь воды из оросительных каналов, при неправильной эксплуатации каналов и сооружений происходят так называемые эксплуатационные потери. К ним относятся потери воды вследствие зарастания русла каналов, потери на образование мертвых запасов воды в каналах при работе последних в подпорном режиме, от переливов воды через дамбы каналов и ее утечки через неисправные щиты сооружений. В процессе эксплуатации оросительные каналы, подвергающиеся размыву и заилению, частично зарастают камышом, изменяя параметры по длине каналов. Наши наблюдения показали, что глубина в головной части каналов увеличивалась в зависимости от расходов на 30–45 %, в среднем на 25–40 %. Заложение откосов уменьшилось на 15–40 % по сравнению с исходными данными. Устьевая часть каналов подвергается заилению и достигает 40 см, удельный объем заиления – 0,7–0,8 м³ на 1 пог. м длины канала, КПД оросительных систем низкий и составляет 0,53–0,55. Эти потери оросительной воды означают не только ее плохое качество, но и требуют существенных затрат на увеличение забора воды в оросительную систему. Эксплуатационные расходы на содержание оросительной системы при этом также возрастают, увеличивается объем очистки каналов от заиления. При недостатке воды в источнике орошения и низком КПД оросительной системы приходится сокращать поливные нормы, ухудшать обеспеченность посевов водой, что вызывает снижение урожайности.

В ходе исследований отмечено, что потери большого количества воды происходят

вследствие ее просачивания через щиты гидротехнических сооружений, водовыпуски из оросителя в чеки и из чеков в сбросной канал по причине их неисправности и разрушения. Потери воды из оросительной сети в значительной степени зависят от того, как организовано водопользование в хозяйстве. Нарушение планового водопотребления, пропуск необоснованных больших расходов, отсутствие водоучета, гасителей на гидротехнических сооружениях приводят к размыву русла картовых оросителей. В результате размывов отметка дна большинства оросителей оказалась меньше исходных данных, следовательно, для создания требуемого слоя воды на исследуемых рисовых чеках необходимы или повышенные расходы воды в этих оросителях, или устройство подпорных сооружений.

Непременным условием повышения КПД оросительной системы является круглосуточное использование оросительной воды с обязательным проведением ночных поливов.

Работа дренажной сети зависит от ее правильно выбранных параметров.

Мелиорирующую роль дренажа на засоленных и подверженных засолению землях отмечают в своих работах многие ученые (С. Ф. Аверьянов, И. Н. Антипов-Каратаев, В. А. Ковда, А. Н. Костяков, Г. Г. Поляков и др.).

Наши наблюдения показывают, что дренажная сеть, построенная в хозяйстве при существующих параметрах ($H_{др.} = 2,5$ м и $L = 300-400$ м), не выполняет своих функций, прослеживается тенденция к ухудшению мелиоративного состояния земель. Кроме того, эффективность дренажной сети снижается и за счет ее зарастания камышом, заиления, слабого оттока, что приводит к повышению уровня воды в картовых дренах. На всех дренах наблюдалось различной степени оплывание и обрушение откосов. Из-за несовершенных и некачественных конструкций трубчатых водовыпусков из чеков в картовые дрены при больших сбросных расходах имеют место размывы откосов и сооружений.

Следует отметить, что деформация откосов дренажно-сбросных каналов наблюдается со стороны затопленных рисовых чеков, она происходит вследствие нарушения равновесия грунтовых масс при непременном увлажнении откосов и обусловлена резким изменением сопротивляющегося сдвигу напряжения грунтов и их объемной массы.

Оплывание откосов составляет 15,0–35,0 % от общей длины каналов (или 150–350 м на 1 км), обрушение – 0,3–15,0 % (или от 3 до 150 м на 1 км длины каналов). Глубина дрен уменьшилась на 20–70 %.

Анализ работ картовых дрен показывает, что рассоление почвогрунтов весьма затруднено и требует дополнительных мероприятий, кроме того, глубина дрен из года в год уменьшается. Одним из важнейших условий получения высокого урожая риса является выровненность поверхности каждого чека, что достигается благодаря планировке. Выровненность поверхности поля определяет условия создания однородного водного режима почвы, эффективности использования сельскохозяйственной техники, применения приемов сброса воды, затопления чеков, предотвращает водную эрозию. Поверхность планирования чеков не должна отличаться более чем на ± 5 см.

Обследование рисовых полей в хозяйстве показало их крайне неудовлетворительное состояние. Разность отметок на чеках составляет ± 25 см и более. При таком превышении в отметках слой воды в различных частях чека имеет расхождения в 25–30 см. Одной из причин низких урожаев риса является неудовлетворительное состояние некоторых чеков, расположенных в виде террас (перепад более 40 см). В этом случае происходит подтопление низких чеков за счет фильтрационных вод верхнего чека и выклинивания минерализованных грунтовых вод на нижнем чеке. Такой процесс приводит к заболачиванию и вторичному засорению.

Бессменные посевы риса способствуют сильному засорению полей болотными и влаголюбивыми сорняками, значительному уплотнению почвы, накоплению в ней токсичных для риса веществ и соединений. Длительное возделывание риса по рису вызывает уменьшение органического вещества в почве, что заметно ухудшает ее водно-

физические свойства и динамику питательных веществ. Нарушается выравненность поверхности чеков, что затрудняет соблюдение оптимального режима орошения и способствует увеличению оросительной нормы. Все это резко снижает урожай риса.

Единственным средством восстановления плодородия почвы рисового поля в хозяйстве является возделывание риса в севообороте, когда культура затопляемого риса чередуется с посевами незатопляемых культур.

Схема рисовых севооборотов в хозяйстве должна разрабатываться с учетом специализации и их природных, экономических и организационно-хозяйственных условий.

В состав рисового севооборота для восстановления плодородия почв, улучшения мелиоративного состояния и осуществления тщательной планировки чеков, ремонта каналов и сооружений следует обязательно вводить агро-мелиоративное поле.

В результате обследования рисовых севооборотов ООО «Аргамак» были выявлены причины, повлиявшие на ухудшение их мелиоративного состояния:

- низкое качество мелиоративного строительства. Строительство оросительной сети в земляном русле привело к значительной фильтрации воды из каналов, что способствовало подъему высокоминерализованных грунтовых вод и их продолжительному стоянию после сброса воды с чеков;

- междренные расстояния 300–400 м при глубине дрен 2,0–2,5 м не выполняют своих функций и способствуют вторичному засорению и заболачиванию почв;

- неудовлетворительная планировка рисовых чеков (разность отметок на чеках составляет ± 25 см) приводит к неоправданно завышенным оросительным нормам, большому волнобою и разрушению валиков, а также задержке всходов риса;

- эксплуатационные потери воды, возникшие вследствие зарастания русел каналов, образования мертвых запасов воды в них, потери от перелива воды через дамбы каналов и ее утечки через неисправные щиты сооружений;

- наличие террасности чеков (более 0,4 м) и размещение отдельных полей, карт в замкнутых лиманообразных понижениях;

- нарушения планов водопользования, отсутствие водоучета, гасителей на гидротехнических сооружениях;

- недостаточное финансирование со стороны государства;

- отсутствие контактов производства с наукой.

УДК 631.6:631.445.52:54

Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова

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

О. Ю. Шалашова

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

О ПРАВИЛАХ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ

В статье рассмотрены материалы, содержащие сведения о правилах проведения мероприятий по химической мелиорации почв. При определенных условиях, когда в почвах наблюдаются процессы засоления, осолонцевания, ощелачивания, подкисления, уплотнения, дегумификации, превышающие безопасный уровень, в обязательном порядке разрабатывается проект мероприятий по проведению химической мелиорации. Рассматриваемые правила устанавливают требования к выбору этих мероприятий для проведения химической мелиорации кислых ($pH \leq 5,5$), солонцовых и щелочных ($pH \geq 8,5$) почв.

Ключевые слова: химическая мелиорация, доза мелиоранта, засоление, осолонцевание, подкисление, мероприятия.

При проведении химической мелиорации следует придерживаться определенных требований, которые сведены в «Правила проведения мероприятий по химической мелиорации почв».

Основные положения разработки заключаются в последовательном обосновании и порядке проведения необходимых мероприятий.

Отмечается, что проект мероприятий по проведению химической мелиорации разрабатывается при выявлении земель, подверженных засолению, осолонцеванию, ощелачиванию, подкислению, уплотнению, дегумификации, превышающими безопасный уровень (ст. 3 ФЗ № 78 «О землеустройстве») [1]. Безопасный уровень плодородия почв определяется в соответствии с «Руководством по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании», разработанным ФГНУ «Российский НИИ проблем мелиорации» в 2000 г. [2] или «Критериями оценки экологической обстановки...», разработанными Минприроды РФ в 2007 г. [3].

Основанием для разработки проекта проведения химической мелиорации почв являются решение органов местного самоуправления, договоры о проведении мелиорации (ст. 4 ФЗ № 78 «О землеустройстве», ст. 3 ФЗ № 101 «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998 г.), решение землевладельца или землепользователя о разработке данного проекта [1, 4].

В настоящее время особое внимание уделяется соблюдению определенных требований к организациям, выполняющим проекты проведения комплексных приемов воспроизводства почвенного плодородия кислых или солонцовых и щелочных почв. К разработке проектов допускаются только аккредитованные (получившие лицензию или свидетельство) организации или специалисты хозяйства, имеющие специальную подготовку.

В процессе работы выбор участка для проведения химической мелиорации почв осуществляется специалистами проектных организаций совместно с землевладельцами или землевладельцами в случаях и на условиях, указанных в ст. 17 ФЗ № 184 «О техническом регулировании» [5], и оформляется актом выбора участка для химической мелиорации.

Следует подчеркнуть, что в документе внимание акцентировано на правилах проведения почвенно-мелиоративных изысканий для проектирования мероприятий по химической мелиорации почв, основанием для осуществления которых служит задание на проектирование, разработанное с использованием почвенных карт хозяйства и утвержденное распорядителями средств, выделенных в установленном порядке для выполнения этих работ.

В данном разделе четко расписана последовательность проведения почвенно-мелиоративных изысканий.

В первую очередь необходимо ознакомиться с реализованными ранее проектами землеустройства территории, на которой планируется проведение мероприятий по химической мелиорации, а также данными о почвенно-мелиоративных и агрохимических обследованиях, имеющимися картографическими материалами (планом внутрихозяйственного устройства территории в масштабе 1:25000, топографической и почвенной картой в масштабе 1:10000, аэро- и космоснимками).

Затем оцениваются химические особенности почвенного покрова: определяется гидролитическая кислотность и щелочность; учитывается комплексность солонцовых почв (доля солонцов, солонцовых почв и преобладающий тип не солонцовой почвы); глубина залегания и состав грунтовых вод; степень засоления и глубина залегания солевого горизонта; степень солонцеватости и глубина залегания солонцового горизонта; содержание и глубина залегания гипса и карбонатов; обеспеченность элементами питания и содержание гумуса. При этом отдельно учитывают комплексы со следующим содержанием солонцов: менее 10, 10–25(30), 25(30)–50 % и более 50 %.

В документе уделяется внимание такому моменту, как необходимость при ис-

пользовании фосфогипса в качестве мелиоранта определения фонового содержания в почвах и грунтовых водах валовых форм стронция Sr и кадмия Cd, водорастворимых – F [6], что важно для недопущения негативного влияния этих элементов, содержащихся в фосфогипсе, на окружающую среду.

После подбора картографической основы, на которой в соответствии с горизонталями выделяются вероятные контуры кислых почв и комплексы солонцовых почв, намечаются места заложения разрезов, полуразрезов, прикопок, а также составляется программа работ по почвенно-мелиоративному обследованию.

Почвенно-мелиоративному изысканию подвергаются все кислые, щелочные и солонцовые почвы с содержанием солонцов в контуре более 10 %. Затем на картооснове отобранные поля разбиваются на элементарные участки согласно масштабу обследования (на богаре – 1:25000, на орошении – 1:10000). В случае сплошного распределения кислых или залегания солонцовых почв для полевого обследования устанавливают густоту разрезов, соответствующую масштабу 1:5000–1:10000 (один разрез на 5–10 га) [7].

При наличии солонцов менее 25 % и преобладании не солонцеватых зональных почв большую часть разрезов закладывают на пятнах солонцов, равномерно располагая их по всей площади обследуемого участка (не менее одного разреза на 10 га). Для характеристики зональных почв, входящих в комплекс, разрезы закладывают реже (один разрез на 50 га).

При наличии кислых почв или солонцов в комплексе более 25 % площади проводят сплошное почвенное обследование с густотой разрезов не менее одного на 5–10 га, закладываемых в основном на пятнах кислых почв и солонцах.

Для щелочных и солонцовых почв в разрезах и полуразрезах описываются мощность гумусового генетического горизонта, глубина вскипания от 10 % HCl, глубина залегания и распределения по профилю гипса (карбонатов) и легкорастворимых солей. Почвенные образцы из разрезов отбираются по всем генетическим горизонтам.

Для кислых почв в разрезах и полуразрезах дается характеристика мощности пахотного и гумусового слоев, расположения и свойств литологических слоев и почвенных горизонтов, особенно обладающих неблагоприятными качествами (переуплотнение, переувлажнение, оглеение, закисление и т. д.).

В «Правилах» представлены обязательные виды анализов по показателям, которые необходимо сделать после полевых обследований для проведения оценки свойств почв как объекта химической мелиорации, обоснования ее технологии и вида мелиоранта. К ним относятся:

- плотность сложения почвы (определяют в полевых условиях до 1,0 м);
- глубина залегания, минерализация и состав грунтовых вод;
- агрегатный состав (до глубины 0,3 м);
- гранулометрический и микроагрегатный состав (горизонты $A_{\text{пах}}$, B или до 1,0 м);
- гумус (до 0,4 м);
- подвижный фосфор и обменный калий (до глубины 0,4 м);
- полная водная вытяжка и pH водной вытяжки (по всему профилю до материнской породы);
- емкость катионного обмена, мг-экв./100 г почвы;
- состав и сумма поглощенных (обменных) оснований (до 1,0 м), мг-экв./100 г почвы;
- гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы;
- CO_2 почвенных карбонатов (до 0,5 м);
- гипс (до 0,5 м);
- валовое содержание Sr, Ca, Cd (до 0,5 м);
- подвижная форма Fe, Mn, Al, B, Cu, Zn (до 0,5 м).

При необходимости (исходное повышенное содержание некоторых элементов

в данном районе) в образцах почв могут определяться и другие потенциально опасные элементы.

Основным документом после проведения полевых исследований является почвенно-мелиоративная карта и картограммы, которые составляют по существующим нормативным документам [7, 8]. В объяснительной записке к почвенно-мелиоративной карте кратко описываются природные условия территорий, принципы химической мелиорации, картограммы, свойства кислых, щелочных, солонцовых и зональных почв. В зависимости от природных особенностей объектов, целей и задач проектирования, выбора мероприятий набор карт и картограмм устанавливается в каждом конкретном случае. В документе представлен перечень картограмм.

Составление почвенно-мелиоративной карты и картограммы необходимо для обоснования рабочего проекта и служит основанием для разработки мероприятий по химической мелиорации почв и их рациональному использованию.

Подготовка рабочего проекта мелиорации кислых, щелочных и солонцовых почв также должна соответствовать определенным требованиям и правилам, которые нашли отражение в рассматриваемом документе.

По мнению авторов, проект мелиорации должен содержать:

- задание на проектирование;
- пояснительную записку;
- почвенно-мелиоративную карту;
- акт почвенно-мелиоративных изысканий;
- расчет доз мелиорантов с учетом свойств почв и экологической их безопасности;
- проектно-сметную документацию, в которую входят:

- а) расчет потребности в мелиорантах;
- б) стоимость 1 га работ по проведению химической мелиорации в хозяйстве;
- в) локальная смета на поле;
- г) сметно-финансовой, а также предварительный расчет годового экологического эффекта и окупаемости затрат на проведение работ по химической мелиорации.

Так как документ содержит вопросы химической мелиорации, большое внимание уделено именно дозам внесения мелиорантов. Отмечено, что в настоящее время различают три вида доз внесения мелиорантов: мелиоративную, агрономическую и экологическую. Мелиоративную и экологически безопасную дозы получают расчетным путем. Доза внесения мелиоранта в почву не должна превышать экологически безопасные показатели.

Мелиоративная доза рассчитывается для кислых и солонцовых почв по разным методикам. Формулы расчета доз мелиорантов учитывают региональные особенности солонцов и солонцовых почв [2, 6]. Для кислых почв расчет дозы мелиоранта ведется по показателю гидролитической кислотности [9].

Согласно разработанным правилам проектно-сметная документация, кроме расчета потребности в мелиорантах в соответствии с дозами их внесения, должна содержать локальные сметы на каждое поле, стоимость 1 га работ по химической мелиорации и сметно-финансовые расчеты.

Кроме того, в документе целый раздел отведен перечню мелиорантов, которые могут использоваться при химической мелиорации. В нем представлены мелиоранты для химической мелиорации щелочных и солонцовых почв:

- кальций- и кислотосодержащие отходы промышленности – фосфогипс, отработанная серная кислота, отработанный электролит травления стали, терриконовая порода, железный купорос;

- местные минеральные залежи – гипс, глиногипс, известняк, глаукониты, бентониты [10–13] и др.

На солонцах нейтрального засоления применяются традиционные химические

мелиоранты – гипс, глиногипс, фосфогипс; на солонцах содово-засоленных, а также с периодическими вспышками щелочности – фосфогипс, компосты и смеси из кислых отходов промышленности, органики и минеральных залежей.

Наряду с этим в качестве химических средств при мелиорации кислых почв для нейтрализации кислотности рекомендованы следующие мелиоранты: молотый известняк (известковая мука), доломитовая мука, известняковый туф, сланцевая или торфяная зола и т. д.

Важными аспектами представленного документа являются безопасность проведения работ и охрана окружающей среды. То есть при осуществлении работ по внесению мелиорантов, а также при приготовлении компостов и смесей должна быть соблюдена техника безопасности.

В области охраны окружающей среды необходимо руководствоваться ГОСТ Р ИСО 14031-2001 «Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования» и Федеральным законом от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», в котором определены правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности [14, 15].

Почвы являются объектом охраны окружающей среды, поэтому согласно ст. 43 № 7-ФЗ мелиорация земель не должна приводить к ухудшению состояния окружающей среды, нарушать устойчивое функционирование естественных экологических систем [14].

Экологический контроль осуществляет организация, разработавшая проектно-сметную документацию, в два этапа: первый этап – сразу после проведения мелиорации, второй – по достижении планируемого урожая дважды в мелиоративный период (на втором году и по окончании ожидаемого мелиоративного периода, но не более 5 лет).

Основными условиями применения химических веществ для мелиорации являются высокая эффективность и недопущение загрязнения окружающей среды и выращиваемой продукции.

Таким образом, рассматриваемый документ, охватывающий все этапы подготовки к мелиорации, в том числе и оформление соответствующих актов и документов, можно использовать в качестве инструментария для проведения мероприятий по химической мелиорации почв.

Список использованных источников

1 О землеустройстве: Федеральный закон от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ: по состоянию на 22 октября 2014 г. // Гарант Эксперт 2015 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.

2 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов, [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

3 Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М., 2007. – 52 с.

4 О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения: Федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ: по состоянию на 28 декабря 2013 г. // Гарант Эксперт 2015 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.

5 О техническом регулировании: Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ: по состоянию на 23 июня 2014 г. // Гарант Эксперт 2013 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.

- 6 Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2006. – 46 с.
- 7 ОСН. Инженерные почвенно-мелиоративные и ботанико-культуртехнические изыскания. – Взамен ВСН 33-2.1.02-85; введ. 2003-01-01. – Москва, 2003. – 20 с.
- 8 СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – Взамен СНиП II.52.-74; введ. 1986-07-01. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 64 с.
- 9 Плодородие почв и агроценоз: практикум. – Новочеркасск, 2003. – 52 с.
- 10 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2005. – 180 с.
- 11 Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении: рекомендации / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2010. – 23 с.
- 12 Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв: науч. обзор / Г. Т. Балакай [и др.]. – Новочеркасск, 2011. – 52 с.
- 13 Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения. – М.: ВНИИА, 2012. – 56 с.
- 14 ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования. – Введ. 2001-10-01 // Гарант Эксперт 2012 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.
- 15 Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ: по состоянию на 29 декабря 2014 г. // Гарант Эксперт 2015 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2015.

УДК 630*4

Н. И. Балакай

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

РОЛЬ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ МИКРОКЛИМАТА И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Цель исследований – установить влияние защитных лесных насаждений на элементы микроклимата и водно-физических свойств почвы. Аэродинамические свойства лесных полос различных конструкций по-разному влияют на элементы микроклимата. Выявлено, что влияние плотной конструкции на снижение скорости ветра простирается на расстояние до 40 Н, ажурной – 45 Н и продуваемой – 50 Н. Зона наиболее эффективного действия, в которой скорость ветра уменьшается на 70 % и более, составляет у плотной полосы 15 Н, ажурной – 20 Н и продуваемой – 25 Н. Доказано, что тип лесополосы оказывает существенное влияние на разницу ее температуры и открытого пространства с наветренной и заветренной стороны. По мере увеличения плотности лесных полос температурные различия возрастают и на заветренной опушке плотных полос в жаркую погоду достигают 5–6 °С. Испарение на защищенных лесными полосами полях значительно ниже, чем в открытой степи. На таких полях происходит более эффективное использование почвенной влаги по сравнению с открытым полем. Наибольший суточный расход влаги наблюдался на расстоянии 10–50 м от полосы, наименьший – в центре межполосного пространства.

Ключевые слова: защитные лесные насаждения, скорость ветра, микроклимат, испарение, влажность, объемная масса, пористость, снегозадержание.

Защитные лесные насаждения создают на сельскохозяйственных землях для задержания и равномерного распределения снега на полях, повышения влажности почв, уменьшения испарения влаги, предотвращения эрозии почв, улучшения микроклимата,

защиты сельскохозяйственных культур от засух и суховеев и увеличения урожайности.

Лесные полосы снижают испаряемость в 2–3 раза, а в зоне высотой 25 м – в среднем на 30 %. Один метр лесной полосы задерживает дополнительно к общему объему 80 м³ снега, что предохраняет сельскохозяйственные культуры от промерзания почвы на полях в системе лесных полос, поглощает влаги на 10–30 % больше.

Аэродинамические свойства лесных полос различных конструкций не тождественны, поэтому они по-разному влияют на элементы микроклимата.

Лесные полосы разной конструкции снижают скорость ветра на 20–50 %. Они также положительно влияют на температуру и влажность воздуха. В полезащитных насаждениях температура летом понижается на 1–2 °С, а зимой повышается на 1–2 °С; относительная влажность повышается на 2–3 % [1].

Ветровой поток при встрече лесной полосы плотной конструкции обтекает ее только сверху. Лесные полосы продуваемой конструкции работают как аэродинамический диффузор. Полоса такой конструкции разбивает ветровой поток на две части, одна из которых обходит полосу сверху, другая проходит в нижней части полосы между стволами, где вследствие давления соседних воздушных масс увеличивает свою скорость.

Защитные лесные насаждения ажурной конструкции делят ветровой поток на две части: одна часть проходит через полосу, не меняя основного направления, другая переваливается через насаждение. За счет трения о стволы и ветви снижает скорость движения [2].

Влияние плотной конструкции на снижение скорости ветрового потока в приземном слое (1 м) простирается на расстояние до 40 Н, ажурной – 45 Н и продуваемой – 50 Н. Зона наиболее эффективного действия, в которой скорость ветра уменьшается на 70 % и более, достигает у плотной полосы 15 Н, у ажурной – 20 Н и продуваемой – 25 Н.

Со стороны движения ветра защитное влияние лесных насаждений всех конструкций сказывается в зоне 10–15 Н, а эффективная защита – не более 5 Н [3].

Узкие защитные лесные насаждения шириной 10–15 м обладают оптимальной ветроломной эффективностью при средней ветропроницаемости по вертикальному профилю в облиственном состоянии 30–40 %. Они хорошо работают и в безлистном состоянии при средней ветропроницаемости 65–75 % и средней ажурности 30–40 %. При уменьшении скорости ветра эффективность защитных лесных насаждений оптимальной конструкции снижается [4, 5]. В таблице 1 приводится изменение скорости ветра в защитных лесных насаждениях и на прилегающих территориях.

Таблица 1 – Изменение скорости ветра в лесополосах и на прилегающих территориях

Скорость ветра, м/с	Тип лесополосы		
	сосновая	березовая	тополиная
До лесополосы:			
- 30 м	2,3	2,2	2,3
- 20 м	1,9	2,0	2,1
- 10 м	1,6	1,7	2,0
В лесополосе 0 м	1,0	1,2	1,6
За лесополосой:			
- 10 м	1,1	1,3	1,8
- 20 м	1,3	1,4	2,0
- 30 м	1,4	1,5	2,1

Поскольку в различных почвенно-климатических условиях высота защитных лесных насаждений оказывается разной, то и расстояние между ними будет неодинаковым. Согласно инструкции, оно не должно превышать на серых лесных почвах, оподзоленных и выщелоченных черноземах 600 м, типичных и обыкновенных черноземах – 500 м, южных черноземах – 400 м, темно-каштановых и каштановых почвах – 350 м,

светло-каштановых – 250 м, песчаных почвах лесостепи – 400 м, степи – 300 м и полупустыни – 200 м. Расстояние между поперечными полосами не должно составлять больше 2000 м, а на песчаных почвах – 1000 м [5].

С ветром тесно связан ряд других элементов микроклимата. В результате снижения скорости ветра и ослабления турбулентного обмена в приземном слое воздуха под действием лесных полос изменяется температура воздуха. По мере увеличения плотности лесных полос температурные различия возрастают и на заветренной опушке плотных полос в жаркую погоду достигают 5–6 °С [4]. В таблице 2 показана средняя температура в исследуемых лесополосах и на открытом пространстве. По полученным данным можно сказать, что тип лесополосы существенно влияет на разницу температуры лесополосы и открытого пространства.

Таблица 2 – Средняя температура воздуха в исследуемых лесополосах и на открытом пространстве

Место замера	$t, ^\circ\text{C}$
Открытое пространство	26
Сосновая лесополоса	20
Березовая лесополоса	22
Тополиная лесополоса	23

Влажность приземного слоя воздуха зависит от скорости ветра, турбулентного обмена и температуры. Так как скорость ветра и турбулентность под воздействием защитных лесных насаждений уменьшается, то влажность воздуха на межполосных полях будет выше, чем в открытой степи, а разница может достигать 10–12 %.

Степень влияния лесных полос разных конструкций на испарение находится в прямой зависимости от степени их влияния на ветер. Сильнее всего снижается испарение в приопушечной зоне (до 30–35 %). В сухие и жаркие дни защитное действие лесных полос повышается [2].

С влиянием защитных лесных насаждений на скорость ветра тесно связано и их влияние на снегораспределение на прилегающих к полосам территориях. Снегораспределение зависит от конструкции лесных полос. Плотные полосы собирают внутри полосы и в непосредственной близости сугробы снега высотой 2–3 м и более. Под воздействием ажурных полос снег откладывается в виде длинных пологих сугробов. Более равномерно снег распределяется на полях с полосами продуваемой конструкции.

Влияние защитных лесных насаждений на водный режим прилегающих полей представлено в таблице 3 [6]. В связи с их ростом в высоту взаимоотношения между полосами и прилегающими полями изменяются.

Таблица 3 – Запасы общей влаги в метровом слое почвы на защищенных полях (1994–1998 гг.)

Культура	Дата наблюдения	Расстояние от полосы в заветренную сторону, м					НСР ₀₅ , мм
		10	50	150	250	В мм	
1	2	3	4	5	6	7	
Кострец безостый	15.07.1994	180	184	190	191	1,5	
Ячмень	10.05.1995	384	372	358	349	19,4	
	25.07.1995	234	244	246	264	20,9	
Кукуруза	03.05.1996	368	352	348	335	9,3	
	10.06.1996	328	328	333	330	13,4	
	22.07.1996	186	206	218	222	11,3	
	26.05.1997	400	372	374	368	16,0	
	20.06.1997	314	287	286	324	20,7	
	10.08.1997	166	170	172	220	7,5	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
	12.05.1998	378	382	374	375	4,1
	01.06.1998	240	234	234	248	7,5
	30.06.1998	157	156	156	180	5,7
	20.08.1998	155	150	152	179	8,5

Согласно полученным данным, наибольшее количество влаги на прилегающих к лесонасаждениям полях поступает в почву на расстоянии 10–20 м от лесной полосы, а наименьшее – в центр поля. За 1995–1998 гг. весенние запасы влаги на прилегающем к лесной полосе поле на расстоянии 10 м от нее были на 33–38 мм, 50 м – 4–23 мм, а 150 м – 8–13 мм выше по сравнению с центром межполосного пространства. Лишь в 1998 г. разница запасов влаги на разном удалении от полосы незначительна. К концу вегетационного периода запасы влаги снижались [6]. Причем наименьшие запасы влаги были характерны для почв, расположенных в зоне влияния лесной полосы. За 1994–1998 гг. запасы влаги на расстоянии 10 м от лесной полосы на 10–36 мм, 50 м – 7–37 мм, 150 м – 1–38 мм меньше по сравнению с центром межполосного пространства.

В различные годы запасы продуктивной влаги поглощались растениями по-разному. Посевы коостреца (1994 г.) поглощали влагу до уровня влажности устойчивого завядания, которая составляет 182 мм. В 1996 г. в посевах ячменя к концу вегетации оставались неиспользованными запасы продуктивной влаги на расстоянии 10 м – 52 мм; 50 м – 62 мм; 150 м – 64 мм; 250 м – 82 мм.

В 1996 г. за вегетационный период выпало 208 мм осадков. Запасы продуктивной влаги в почве под лесной полосой и на расстоянии 10 м от нее были полностью использованы растениями. В 50 м от лесной полосы запасы продуктивной влаги составили 24 мм; 150 м – 36 мм; 250 м – 40 мм [6].

В 1997 г. в условиях засушливого вегетационного периода запасы продуктивной влаги на прилегающих полях (до 150 м) были полностью использованы растениями. В центре межполосного пространства они составляли 38 мм. В резко засушливом 1998 г. они были полностью использованы растениями.

Лесные полосы, изменяя скорость ветра, турбулентный обмен, температурный режим прилегающих полей, влажность воздуха, во многом определяют скорость испарения (таблица 4) [6, 7].

Таблица 4 – Влияние лесных полос на испарение

Испарение воды на различном удалении от полосы, м (в заветренную сторону)	Испарение за день (7–19 ч)		Испарение за ночь (19–7 ч)		Испарение за 24 ч	
	мм	%	мм	%	мм	%
10	9,0	67,7	6,0	67,4	15,0	64,8
50	10,2	76,0	6,0	67,4	16,2	69,9
150	10,0	74,0	7,1	89,8	17,1	73,8
250	13,5	100,0	8,9	100,0	23,5	100,0
НСР ₀₅	1,0	–	1,0	–	–	–

В условиях высокой температуры в 1998 г. на расстоянии 10 м от лесной полосы по сравнению с центром межполосного пространства испаряемость снизилась в дневные и ночные часы на 32,3–32,6 %; 150 м – 24,0–32,6 %; 250 м – 19,0–21,0 %. В целом за одни сутки снижение испаряемости на расстоянии 10 м от лесной полосы по сравнению с центром поля составило 35,2 %, 50 м – 30,1 %, 150 м – 23,1 %, 250 м – 23,0 %. Эти данные показывают, что лесные полосы значительно уменьшают испарение, но их действие ослабевает к середине межполосного пространства.

Защитные лесные насаждения оказывают влияние на структурный состав почвы

прилегающих полей. Положительное воздействие защитных лесных насаждений на структуру почвы отмечается на расстоянии до 150 м от нее [6, 7].

Исследованиями установлено, что в течение вегетационного периода объемная масса подвергается значительным изменениям. На межполосном пространстве отмечено увеличение этого показателя (таблица 5) [7].

Таблица 5 – Изменение объемной массы выщелоченного чернозема на полях, защищенных лесными насаждениями

Расстояние от полосы, м	Слой почвы, см	1996 г.			1997 г.		
		5.05	5.06	5.07	12.05	15.06	12.07
50	0–20	1,12	1,18	1,21	1,08	1,10	1,18
	20–40	1,18	1,20	1,20	1,17	1,17	1,18
150	0–20	1,08	1,17	1,20	1,10	1,12	1,17
	20–40	1,19	1,19	1,21	1,18	1,18	1,20
250	0–20	1,12	1,21	1,21	1,08	1,12	1,18
	20–40	1,17	1,20	1,20	1,17	1,18	1,18
НСР ₀₅ , г/см ³	0–20	0,08	0,03	0,04	0,11	0,04	0,04
	20–40	0,09	0,04	0,05	0,06	0,04	0,02

В межполосном пространстве наибольшее уплотнение происходило на расстоянии до 50 м от лесной полосы, а меньшая плотность весной была характерна для открытого поля. В течение вегетационного периода отмечаются колебания в величине объемной массы под влиянием изменения влажности почвы и роста корневых систем растений.

Исследования показывают, что наибольшая пористость наблюдалась при удалении на 150 м от лесополос и составляла 57,3 %; 250 м – 56,6 %, наименьшая пористость отмечалась при удалении на 50 м от лесной полосы – 55,7 % (таблица 6) [6, 7].

Таблица 6 – Изменение пористости выщелоченного чернозема на полях, защищенных лесными полосами

Дата наблюдения	Слой почвы, см	Расстояние от лесной полосы, м			
		50	150	250	50 (в заветренную сторону полосы)
15.05.1969	0–20	57,6	57,1	57,4	57,5
	20–40	52,8	53,6	54,0	54,8
07.05.1970	0–20	57,4	58,0	–	58,3
	20–40	52,8	55,6	–	55,7
05.05.1995	0–20	55,7	57,3	56,6	57,4
	20–40	52,8	52,4	52,4	53,2
12.05.1996	0–20	57,3	56,6	57,0	57,8
	20–40	53,2	52,8	52,8	52,8

В 1996 г. максимальная пористость в слое почвы 0–20 см наблюдалась на расстоянии 50 м от лесной полосы и составила 57,3 %, 150 м – 56,6 %, 250 м – 57,0 %. В нижележащем слое 20–40 см величина пористости почвы подвержена меньшим колебаниям, как и объемная масса. Максимальная величина пористости в слое почвы 20–40 см, хотя и незначительно, выше в 50 м от лесной полосы и составляет 52,8–53,2 %, при удалении на 150–250 м от лесной полосы – 52,4–52,8 %.

Выводы. Защитные лесные насаждения оказывают благоприятное влияние на задержание и равномерное распределение снега на полях, повышение влажности почв,

уменьшение испарения влаги, предотвращение эрозии почв, улучшение микроклимата, защиту сельскохозяйственных культур от засух и суховеев и увеличение урожайности.

Список использованных источников

1 Кулик, К. Н. Защитное лесоразведение в России: прошлое, настоящее, будущее / К. Н. Кулик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vnialmi.ru/Novosti/doklad_golden.htm.

2 Ивонин, В. М. Лесомелиорация ландшафтов / В. М. Ивонин, Н. Д. Пеньковский. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 152 с.

3 Агролесомелиорация и плодородие почв / Е. С. Павловский [и др.]; под ред. Е. С. Павловского. – М.: Агропромиздат, 1991. – 288 с.

4 Колесниченко, М. В. Лесомелиорация с основами лесоводства: учебник / М. В. Колесниченко. – М.: Колос, 1981. – 334 с.

5 Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части Российской Федерации. – М., 1994. – 182 с.

6 Чегодаева, Н. Д. Влияние полезащитных лесных полос на водно-физические свойства почвы и состав населения жужелиц прилегающих полей: монография / Н. Д. Чегодаева, И. Ф. Каргин, В. И. Астрадамов. – Саранск: Мордовское книжное изд-во, 2005. – 125 с.

7 Воздействие агролесомелиоративных полос на свойства почв и урожайность сельскохозяйственных культур в Республике Башкортостан / А. Ш. Тимерьянов [и др.]. // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 16–17.

УДК 631.674.5

С. Л. Жук

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

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Целью исследования являлось выявление зависимости досточковой поливной нормы от характеристик искусственного дождя и водно-физических свойств почв. Проведен анализ воздействия искусственного дождя на структуру почвы и ее водно-физические свойства. Рассмотрен комплекс характеристик искусственного дождя, учитываемых в методиках для его полной оценки, и приведены результаты изучения их влияния на качество полива.

Ключевые слова: дождевание, поливная норма, интенсивность, почва, коэффициент равномерности полива.

Орошение – эффективное средство для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Однако при необоснованном выборе объекта, способа и техники полива наблюдаются отрицательные явления в почве – разрушение структуры, заиливание водопроводящих пор и пустот, смыв и эрозия, вынос питательных веществ из почвы, ее уплотнение и коркообразование.

Дождевание, как один из способов полива, может вызывать изменение структуры и водно-физических свойств почв: заиливание водопроводящих пор, уплотнение и коркообразование. Дождь с допустимой интенсивностью проникает в почву свободно. Однако он отрывает с поверхности мелкие частицы почвы и уносит их в нижние слои. Эти частицы оседают, производя заиливание и уплотнение почвы. При высокоинтенсивном дожде происходит не только разрушение структуры и уплотнение почвы, но и образуется корка, которая препятствует проникновению дождевой воды вглубь почвы. В целом при таком дождевании ухудшаются водно-физические свойства орошаемых

почв, и особое значение приобретает вопрос эффективного использования дождевальной техники и повышения качества технологического процесса дождевания. Показателями качества служат равномерность распределения воды по орошаемой площади без образования поверхностного стока и сохранение структуры почвы, а также характеристики динамического воздействия капель искусственного дождя на почву и растения. При этом целесообразно выдать поливную норму в возможно более сжатые сроки.

Равномерность увлажнения почвы, поливная норма до образования слоя воды зависят от водно-физических свойств, типа почвы орошаемого участка и обработки ее поверхности, от внешних воздействий во время орошения, например, направления и скорости ветра, физических характеристик искусственного дождя, создаваемого дождевальными машинами [1, 2]. В том случае, когда тип почвы и внешние условия не изменяются, эффективность полива определяется качеством искусственного дождя. Полнота и достоверность оценки качества искусственного дождя зависят от учета и оценки всех его характеристик, влияющих на качество полива, а также точности и правильности их определения.

Дождь по качеству является хорошим, если при орошении сохраняется наибольшее количество агрономически ценных агрегатов, не образуется корка и отсутствует распыление почвы.

При падении капель дождя на поверхность почвы происходит разрушение структурных отдельностей. Разрушение агрегатов и отделение от них механических элементов наблюдается тем сильнее, чем больше интенсивность дождя, чем крупнее его капли и выше их скорость падения, а также когда почва становится переувлажненной, и связи между составляющими ее микроагрегатами или частицами ослабевают. В результате исследований А. М. Поспелова, Ф. Г. Абрамова и других ученых установлено, что под воздействием дождя почвенные агрегаты в поверхностном слое на глубину 2–3 см разрушаются, происходит запыление почвы, в результате чего скорость поглощения воды почвой снижается. Исследование влияния характеристик искусственного дождя на качество полива можно проводить по методике А. М. Поспелова. Сущность этой методики заключается в том, что на выбранном опытном участке производится полив дождем, у которого известны интенсивность и размер капель, при этом фиксируется время от начала дождевания до момента образования на поверхности почвы слоя воды (до появления луж), то есть продолжительность безнапорной фильтрации. Наблюдениями определяются зависимости времени дождевания от интенсивности и размера капель. В результате исследований А. М. Поспеловым установлено [3]:

- при подаче одной и той же нормы полива с увеличением интенсивности дождя и при постоянном диаметре капель возникает и постепенно усиливается вредное влияние дождя на структуру почвы;

- для случаев постоянной нормы полива и интенсивности с увеличением диаметра капель появляется и постепенно возрастает негативное воздействие дождя;

- при одновременном повышении интенсивности дождя и крупности капель активность процесса вредного влияния дождя на почву усиливается;

- для струйных дождевальных аппаратов и дальнеструйных дождевальных машин по мере удаления от сопла увеличивается размер капель и интенсивность по сечению эллипса орошения. В начале струи имеет место удовлетворительное качество дождя, по мере удаления от сопла оно ухудшается;

- при непрерывном дождевании принято считать нормальным полив, при котором не происходит образования луж. Если осуществляется прерывистое дождевание, то нормальным будет полив, при котором не происходит стока. В случаях такого полива не произойдет смыва почвы и будет гарантировано равномерное увлажнение. Нормальный полив обеспечивается, если интенсивность дождя не будет превосходить скорость впитывания.

Некоторыми авторами были получены эмпирические зависимости для определе-

ния допустимой поливной нормы и допустимого времени дождевания на конкретных почвах. При этом учитывались интенсивность и размер капель. Ф. И. Колесник на основании своих наблюдений и обобщения данных других авторов получил следующую зависимость между интенсивностью дождя и временем от начала дождевания до начала стока:

$$I^a \cdot t = A_6, \quad (1)$$

где I^a – интенсивность дождя, мм/мин;

a – показатель, характеризующий определенный тип почвы;

t – время от начала дождевания до начала образования стока, мин;

A_6 – постоянная впитывания.

Решая совместно уравнение (1) и уравнение:

$$m_{\text{доп}} = \rho \cdot t, \quad (2)$$

где $m_{\text{доп}}$ – допустимая норма полива, м³/га,

получим формулу для определения допустимой нормы полива:

$$m_{\text{доп}} = \frac{10 \cdot A_6}{I^{a-1}}. \quad (3)$$

Эта формула учитывает характеристики искусственного дождя: его интенсивность и размер капель, а также тип почвы (показатель a).

Результаты этих исследований положены в основу разработки агротехнических требований к дождевальной технике, программ и методов ее испытаний, то есть в основу выбора характеристик искусственного дождя, которыми оценивается его качество. В соответствии с программой и методикой государственных испытаний дождевальных машин качество искусственного дождя характеризуется среднеэффективной интенсивностью или слоем осадков в единицу времени, диаметром капель и коэффициентами, учитывающими равномерность распределения дождя на орошаемой площади.

Анализируя данные по влиянию влажности почвы на урожайность сельскохозяйственных культур, Ф. И. Колесник установил, что в среднем допустимы отклонения поливной нормы на участке дождевания на 25 % от средней интенсивности. Исходя из этого, оценка равномерности дождя по площади захвата производится посредством коэффициентов эффективного, недостаточного и избыточного полива площади. Эффективно политой считается площадь, на которой отклонения от средней интенсивности находятся в пределах ± 25 %.

Рассмотрим комплекс физических характеристик, учитываемых в методиках для полной оценки качества искусственного дождя. Основное действие дождевых капель заключается в делении и разрушении почвенных частиц поверхностного слоя, в результате чего мелкие частицы почвы скапливаются в понижениях, поверхность почвы заплывает, резко падает ее водопроницаемость. Вопрос о необходимости учета динамического воздействия на почву искусственного дождя при оценке его качества впервые поднял А. П. Исаевым [4]. Масса капель однозначно определяется их диаметром. Однако, для определения работы, совершаемой при соударении с почвой, необходимо знать их энергию, она может быть определена тогда, когда известна скорость падения капель. В отличие от естественного дождя, капли искусственного при одинаковых диаметрах могут иметь разные скорости падения, и их динамическое воздействие также окажется различным. Для оценки динамического воздействия капель предлагается использовать критерий силы удара [4]:

$$S_k = N \cdot d^2 \cdot V, \quad (4)$$

где S_k – критерий силы удара, Н;

N – промежуточная величина, кг/(м²·с), определяемая по зависимости:

$$N = \rho \cdot \frac{\pi \cdot V_3}{6}, \quad (5)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³;

π – постоянная величина, $\pi = 3,14$;

V_3 – скорость распространения звука в воде, м/с;

d – диаметр капли, м;

V – скорость падения капли, м/с.

При этом предельное значение критерия силы удара для различных почв может быть установлено экспериментально.

Для характеристики дождевальнoй машины и создаваемого ею дождя важны как размер капли, так и скорость ее падения на почву, которые должны лимитироваться силой удара падающей капли.

Если полагать, например, что естественный дождь благоприятен при размере капель до 2,5 мм в диаметре, то предельное значение критерия силы удара $S_K^{IP} = 34,0$ Н, поскольку скорость падения этих капель составляет 7,3 м/с [4].

Обработка результатов экспериментов позволила А. П. Исаеву получить зависимость постоянной впитывания A_6 от критерия силы удара:

$$A_{6i} = \frac{A_{61,5} \cdot \sqrt{S_{K1,5}}}{\sqrt{S_{Ki}}}, \quad (6)$$

где A_{6i} – постоянная впитывания для дождя с искомым диаметром капель, мм;

$A_{61,5}$ – постоянная впитывания для естественного дождя диаметром капель 1,5 мм, мм;

$S_{K1,5}$ – критерий силы удара капель для естественного дождя диаметром 1,5 мм, Н;

S_{Ki} – критерий силы удара капель для дождя с искомым диаметром капель, Н.

Подставляя формулу (6) в выражение (3), получим зависимость допустимой поливной нормы от всех характеристик качества искусственного дождя – размера капель, скорости и интенсивности их падения:

$$m_{\text{доп}} = \frac{10 \cdot A_{6i}}{I^{a-1}} = \frac{10 \cdot A_{61,5} \cdot \sqrt{S_{K1,5}}}{I^{a-1} \cdot \sqrt{S_{Ki}}}. \quad (7)$$

Проведенный анализ показывает, что полную оценку качества искусственного дождя необходимо производить с учетом скорости падения капель, без этого нельзя с достоверностью судить об энергетическом и динамическом воздействии дождя на почву. Вопрос зависимости постоянной впитывания от критерия силы удара капель, кинетической энергии или их количества движения требует выполнения экспериментальных исследований, поскольку все эти величины определяются размерами капель и скоростями, с которыми они падают.

Распределение интенсивности дождя по площади полива может не соответствовать распределению впитывания, поскольку количество впитавшейся воды в каждой точке зависит не только от интенсивности, но и от размеров капель и скорости их падения. Таким образом, при определении равномерности увлажнения почвы, а это, в конечном счете, влияет на урожайность поливаемых сельскохозяйственных культур, необходимо учитывать как интенсивность искусственного дождя и размер капель, так и скорость их падения.

Анализируя методы оценки качества искусственного дождя, можно сделать вывод о том, что оценка качества искусственного дождя является в достаточной мере полной в том случае, если будет учтено динамическое воздействие дождя на почву, существенно влияющее на условия впитывания. Коэффициенты равномерности полива не отражают

физической картины равномерности увлажнения, необходимо доработать методику оценки качества искусственного дождя, достоверно отражающую равномерность увлажнения почвы. В этой связи возникает необходимость в создании аппаратуры, с большой точностью и достоверностью определяющей размеры и скорости падения капель.

Список использованных источников

1 Слабунов, В. В. Обоснование возможности повышения производительности дождевальной техники / В. В. Слабунов, А. С. Штанько // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2003. – Ч. 1. – С. 164–169.

2 Штанько, А. С. Обоснование параметров технологии проведения поливов ДМ ДКДФ-1М / А. С. Штанько // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 4. – С. 31–32.

3 Пospelов, А. М. Дождевание / А. М. Пospelов. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 168 с.

4 Исаев, А. П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А. П. Исаев, Б. И. Сергеев, В. А. Дидур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 400 с.

УДК 630.116.64:614:721

Н. М. Макарова

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

ЛЕСНЫЕ МЕЛИОРАЦИИ ПРИФЕРМСКИХ ТЕРРИТОРИЙ И САНИТАРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

*Целью исследований являлось изучение влияния прифермских лесных насаждений на санитарные показатели атмосферного воздуха. Ставилась задача определить в первую очередь «летучие фракции» фитонцидов, выделяемые древесной и кустарниковой растительностью и оказывающие оздоравливающее воздействие на окружающую среду. Выявлена степень влияния различных видов древесных и кустарниковых пород прифермских насаждений на микробные показатели воздуха в районах животноводческих ферм. Наиболее часто встречающимися породами в прифермских насаждениях Ростовской области являются робиния лжеакация (*Robinia pseudacacia* L.), вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), ясень зеленый или ланцетный (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), из кустарников – клен татарский (*Acer tataricum* L.). Результаты исследования показали, что наилучшие показатели фитонцидной активности наблюдались под воздействием летучих соединений сосны обыкновенной. Количество микроорганизмов в воздухе снижается на 76 %. Среди лиственных пород лучшие показатели выявлены у дуба черешчатого. Микробная обсемененность воздуха под его воздействием снижалась на 60 %.*

Ключевые слова: фитонциды, прифермские лесные насаждения, мелиоративная роль лесных насаждений, лесные мелиорации.

Здоровье населения напрямую связано не только с экологической обстановкой района проживания, но и уровнем питания. С учетом современных потребностей населения России в животноводческой продукции одной из стратегических задач является развитие животноводства в стране.

Планируемое Министерством сельского хозяйства России увеличение поголовья животных на предстоящие годы обостряет проблему утилизации навозных стоков и бесподстилочного навоза. Источниками наибольшей экологической опасности являются крупные животноводческие комплексы. По статистическим данным, только на территории Ростовской области в 2014 г. построено помещений для птицы на 190,0 тыс. мест, для овец – 1,5 тыс. мест, для свиней – 38,9 тыс. мест. Соответственно, за период с 2011

по 2015 г., несмотря на годовые отклонения, в хозяйствах области наблюдается общая динамика прироста поголовья всех категорий животных: крупный рогатый скот, свиньи, овцы, козы, птица. Кроме того, восстанавливаются старые корпуса с нарушенной системой очистки и утилизации отходов, что приводит зачастую к экологическим проблемам.

Традиционно в сельскохозяйственном производстве прифермские территории располагали вблизи населенных пунктов, отделяя их от жилых построек санитарно-защитными зонами. Размер санитарно-защитной зоны вокруг животноводческого предприятия или фермы устанавливается согласно СанПиН и зависит от вида животноводческого производства, расстояния от стен зданий или изгородей.

В соответствии с санитарными нормами вокруг животноводческих ферм, комплексов, пастбищ должны создаваться лесные полосы и насаждения санитарно-защитных зон. Однако растения в таких насаждениях часто не выдерживают нагрузки загрязняющих веществ и гибнут. Расположенные в приобочной части неутрализованные отходы животноводческих ферм образуют потоки биогенных элементов, которые при снеготаянии и ливнях беспрепятственно поступают на нижележащие участки склона и, соответственно, загрязняют их.

В настоящее время накоплен богатый опыт по изучению влияния лесных насаждений на состояние окружающей среды. Разработаны многочисленные методы и способы устранения негативного действия животноводческих комплексов на прилегающие территории. Однако задача предотвращения разрушительных последствий деятельности животноводческих предприятий на природные экосистемы не решена. Одной из острых остается проблема влияния животноводческих комплексов на загрязнение атмосферного воздуха, так как зачастую такое загрязнение воздействует на здоровье населения.

Роль леса в оптимизации окружающей среды общеизвестна. Санитарно-гигиеническая ценность леса определяется, прежде всего, фитонцидными свойствами образующих его пород [1].

На сегодняшний день ученые не пришли к единому мнению о природе и свойствах этих летучих соединений. Продолжается полемика по поводу названия этих веществ и их качеств. Но из имеющихся научных данных видно, что значение фитонцидов для животных организмов и человека очень важно. В нашей статье мы приводим классическое определение веществ «фитонцидов». «Фитонциды – продуцируемые растениями бактерицидные, фунгицидные и протистоцидные вещества, являющиеся одним из факторов их иммунитета и, вследствие этого, играющие роль во взаимоотношениях организмов в биогеоценозах» [2]. Так, впервые определил эти вещества Б. П. Токин. Одним из основных санитарно-гигиенических свойств фитонцидов является их способность убивать болезнетворные микроорганизмы [3]. Для определения химического строения данных веществ учеными было проведено множество опытов. Установлено, что фитонцид – это целый комплекс соединений летучего характера. Так, например, к ним можно отнести содержащиеся в растениях гликозиды, терпены, флавоноиды, фенольные соединения, катехины, антоцианы, дубильные вещества, фенолокислоты, составляющие эфирных масел. По строению – это сложные органические гетероциклические соединения, составляющие целые комбинации друг с другом. Такие соединения ионизируют воздух, осаждают молекулы пыли, очищают и обеззараживают окружающую среду. Соответственно, улучшают общую атмосферу для нормального развития живых существ.

Препараты на основе растений способны регулировать артериальное давление, нормализуют сон и психическое состояние. Они могут заменить искусственно синтезируемые сильные антибиотики и обеспечить более мягкое, щадящее и эффективное лечебное действие. Единственный недостаток такого лечения – длительность.

Фитонцид – это источник свежести, чистоты и пользы воздуха. Поэтому в ландшафтном строительстве существует такое направление, как фитодизайн. Оно подразумевает насаждения такого количества фитонцидосодержащих растений, которое спо-

собно справиться с загрязнителями воздуха и поддерживать его в достойном состоянии. То есть фитодизайн – способ улучшить экологическое состояние окружающей среды, укрепить здоровье людей и предотвратить развитие массовых микробных заболеваний. К сожалению, знаний, накопленных человечеством, о летучих соединениях растений на сегодняшний день недостаточно, но люди не должны забывать третий закон Коммонера «Природа знает лучше».

Целью исследований являлось изучение влияния прифермских лесных насаждений на санитарные показатели атмосферного воздуха. Ставилась задача определить в первую очередь «летучие фракции» фитонцидов, выделяемые древесной и кустарниковой растительностью и оказывающие оздоравливающее влияние на состояние окружающей среды.

Исследования влияния лесных насаждений на качество атмосферного воздуха проводились в водоохранной зоне реки Грушевки на водосборной площади балки Харули Октябрьского района Ростовской области (на эрозионно опасных черноземах юга России). Опытные объекты находятся в учебном хозяйстве «Донское» Октябрьского района Ростовской области. На момент исследований на склонах балки располагались свиноводческая ферма и молочный комплекс. Ниже ферм произрастали прифермские лесные полосы и насаждения санитарно-защитной зоны. Из-за нарушения правил удаления и вывоза навоза прифермские территории были загрязнены биогенными элементами и патогенными микроорганизмами. Сточные воды с территории ферм во время снеготаяния и ливней поступали на балочные склоны и днище, а также в систему нижележащих прудов.

Открытые территории ферм, животноводческие корпуса, площадки для сбора навоза, навозохранилища, жижеборники, зеркало пруда-накопителя, скотомогильник – все это является сильнейшим источником неприятных запахов, заражения окружающего воздуха и прилегающих территорий. Кроме того, там размножаются насекомые, переносимые болезнетворные микроорганизмы. В атмосферном воздухе санитарно-защитных зон животноводческих предприятий, как правило, повышены показатели по аммиаку, сероводороду, меркаптанам, бихроматной окисляемости, общей микробной обсемененности. В районе санитарно-защитных зон ферм созданы защитные лесные насаждения.

Прифермские лесные насаждения в Ростовской области практически не изучались, что и вызвало необходимость оценки их роста, состояния и воздействия на окружающую среду. Путем закладки временных пробных площадей были выявлены таксационно-лесоводственные характеристики существующих прифермских лесных полос и насаждений санитарно-защитных зон. Наиболее часто встречающимися породами являются робиния лжеакация (*Robinia pseudacacia* L.), вяз приземистый (*Ulmus pumila* L.), ясень зеленый или ланцетный (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), гледичия обыкновенная (*Gleditsia triacanthos* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), из кустарников – клен татарский (*Acer tataricum* L.) [3].

Исследования фитонцидной активности вышеперечисленных пород проводили по следующей методике. Количество микроорганизмов в воздухе прилегающих прифермских территорий определяли следующим образом: стерильные чашки Петри с питательной средой ставили на территории фермы, затем ожидали оседания микроорганизмов. После этого в каждую чашку помещали навеску кашицы зеленой массы листьев исследуемых древесных и кустарниковых растений. Контрольную чашку оставляли без листьев. Все чашки выдерживали при постоянной температуре. Затем вели подсчет выросших колоний.

Средние показатели результатов исследований воздействия фитонцидов, выделяемых листьями древесных и кустарниковых растений, на общую микробную обсемененность воздуха в районе животноводческих комплексов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований воздействия фитонцидов, выделяемых листьями древесных и кустарниковых растений, на общую микробную обсемененность воздуха прифермских территорий

Вариант	Количество колоний в 1 м ³ воздуха, шт.	Снижение количества колоний по сравнению с контролем, %
Контроль	2675,1590	
Вяз приземистый	1528,6624	42,86
Гледичия обыкновенная	1337,5796	50,00
Дуб черешчатый	1082,8025	59,52
Робиния лжеакация	1146,4968	57,14
Сосна обыкновенная	891,7197	75,86
Ясень зеленый или ланцетный	1656,0510	38,10
Ясень обыкновенный	1401,2739	42,62
Клен татарский	1146,4968	57,14

Более наглядно эти показатели представлены на рисунке 1.

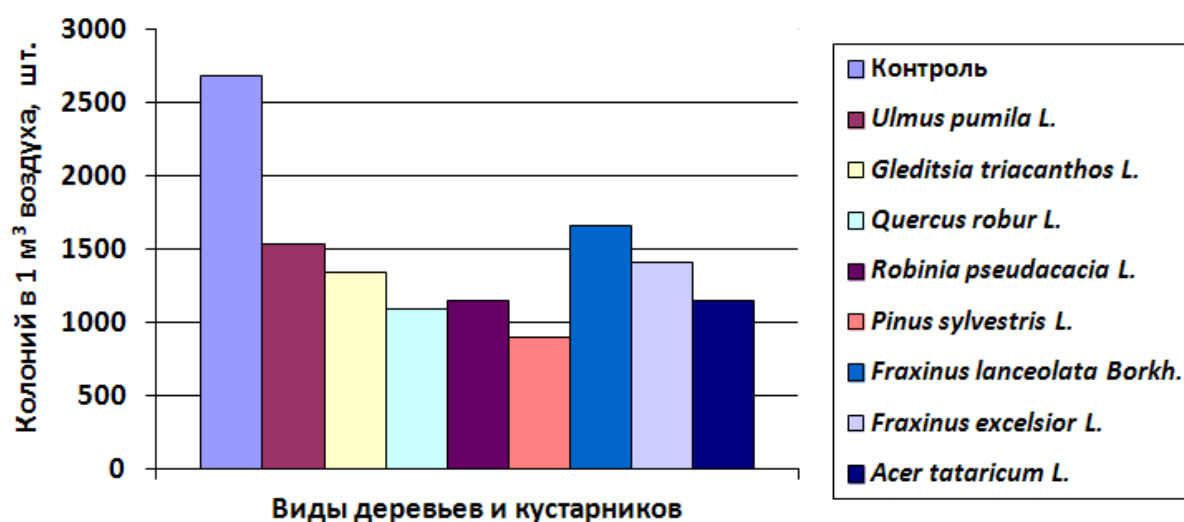


Рисунок 1 – Влияние растительных фитонцидов на микробные показатели воздуха вблизи животноводческих ферм

Из таблицы 1 и рисунка 1 видно, что наилучшие показатели фитонцидной активности наблюдались у сосны обыкновенной – 76,0 %, худшие – у ясеня зеленого – 38,1 %, промежуточное положение занимали дуб черешчатый – 60,0 %, робиния лжеакация – 57,0 %, клен татарский – 57,0 %, гледичия обыкновенная – 50,0 %, вяз приземистый – 43,0 %, ясень обыкновенный – 43,0 %, ясень зеленый – 38,0 %.

Выводы и рекомендации. Показатели фитонцидной активности древесных и кустарниковых пород прифермских защитных лесных насаждений и насаждений санитарно-защитной зоны распределились по степени убывания следующим образом: сосна обыкновенная, дуб черешчатый, робиния лжеакация, клен татарский, гледичия обыкновенная, вяз приземистый, ясень обыкновенный, ясень зеленый. Результаты исследования показали, что наилучшие показатели фитонцидной активности наблюдались под воздействием летучих соединений сосны обыкновенной, так как количество микроорганизмов в воздухе снижается на 76 %. Среди лиственных пород лучшие показатели выявлены у дуба черешчатого. Микробная обсемененность воздуха под его воздействием снижалась на 60 %. Следовательно, результаты исследований необходимо учитывать при создании прифермских насаждений в Ростовской области.

Список использованных источников

1 Власюк, В. Н. Изучение фитонцидных и ионизационных свойств основных древесных пород зеленой зоны г. Москвы / В. Н. Власюк // Фитонциды. – Киев: Наукова думка, 1975. – С. 301–308.

2 Токин, Б. П. Явление фитонцидов – экологическая и эволюционная проблема / Б. П. Токин // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1980. – № 5. – С. 5–17.

3 Власюк, В. Н. Фитонцидные и ионизационные свойства основных древесных пород зеленой зоны г. Москвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Власюк Валентина Николаевна. – М., 1970. – 30 с.

4 Макарова, Н. М. Лесомелиоративное регулирование потоков биогенных элементов на водосборах малых рек Нижнего Дона: монография / Н. М. Макарова; Новочерк. гос. мелиор. акад. – Новочеркасск: НПО «Темп», 2008. – 154 с.

5 Ткаченко, К. Г. Медицинский фитодизайн – использование растений для санации помещений и профилактики инфекционных заболеваний / К. Г. Ткаченко, Н. В. Казаринова // Научные ведомости. – 2008. – № 3. – С. 53–59.

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 532.513

Ф. Х. Нишонов

Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент, Республика Узбекистан

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА ПРИ ВНЕЗАПНОЙ ОСТАНОВКЕ НАСОСА В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Выполнено моделирование гидравлического удара при внезапной остановке насоса в гидротехнических сооружениях. Рассматривается методика определения колебания давления воздуха в воздушно-гидравлическом колпаке при гидравлическом ударе. Анализируются перемещения центра уровня воды в воздушном колпаке. Приводятся аналитические формулы для расчета длительности и мощности удара.

Ключевые слова: воздушно-гидравлический колпак, центробежные насосы, напорная линия, абсолютное давление, изотермическое расширение, дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами.

При остановке двигателя или обрыве приводного ремня у приводных насосов поршневые насосы быстро останавливаются и прекращают подачу воды из всасывающей в напорную линию. При этом за насосом в напорной линии возникает волна понижения давления, которая направляется к водонапорной башне, а там, отразившись от горизонта воды в баке, она возвращается обратно в виде волны повышения той же самой величины, что и первая, но с обратным знаком, и т. д. Такое же явление наблюдается и у центробежных насосов, но с малой инерцией. Поэтому расчет емкости воздушно-гидравлического колпака для предохранения напорной линии от вредных последствий гидравлического удара, возникающего при внезапной остановке поршневого насоса, производится по тем же правилам, что и для центробежных насосов с малой инерцией.

Вопрос о внезапной остановке центробежных насосов и применении гасителей удара в виде воздушно-гидравлического колпака является актуальным при широком распространении центробежных насосов.

Колпаки больших размеров уменьшают силу гидравлического удара, а колпаки недостаточных размеров усиливают колебания давления. При этом необходимо отметить, что в первый период, когда вода после остановки насоса направляется от него к башне, колпак играет всегда положительную роль; во второй период, при обратном движении воды, колпак недостаточных размеров может вызвать увеличение подъема давления по сравнению со случаем отсутствия колпака [1–3].

Рассмотрим методы расчета воздушно-гидравлических колпаков при центробежных насосах при следующих допущениях:

- материал труб и вода – неупругие;
- влияние гидравлического трения при движении воды в трубах не учитывается;
- колебания объема воздуха в колпаке незначительны.

Воздушно-гидравлический колпак устанавливается на напорной линии около насоса впереди обратного клапана (рисунок 1); при внезапной остановке мотора обратный клапан закрывается, так как давление от колпака впереди клапана становится больше давления со стороны насоса. Абсолютное давление в воздушном колпаке при нормальной работе насоса, если не учитывать потерь на трение в трубах, будет составлять:

$$p_0 = \gamma h_0 + p_a,$$

где p_a – атмосферное давление.

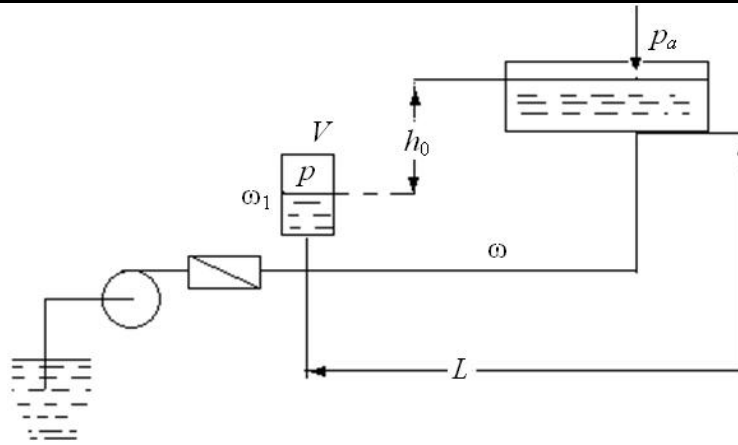


Рисунок 1 – Воздушно-гидравлический колпак

При изометрическом расширении воздуха [3–5] (рисунок 2):

$$pV = p_0V_0, V = V_0 + \omega_1 y. \quad (1)$$

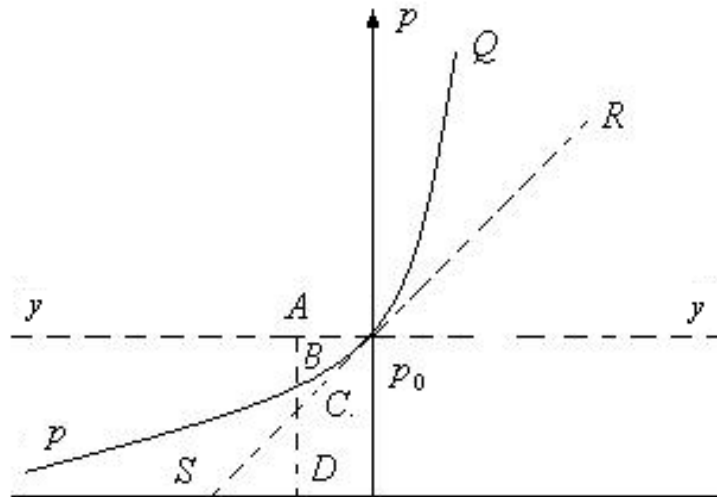


Рисунок 2 – Зависимость уровня воды в колпаке от изотермического закона

Кроме того, по закону неразрывности массы воды можем записать:

$$\omega_1 y = \omega x. \quad (2)$$

Сила давления воды в трубе $(p - p_0)\omega$ удовлетворяет второму закону Ньютона, отсюда имеем:

$$(p - p_0)\omega = m \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{\gamma L \omega}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2}.$$

Из приведенных соотношений получим дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{\gamma L}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + p_0 - \frac{p_0}{1 + \omega \frac{x}{V_0}} = 0. \quad (3)$$

Так как в третьем члене x встречается в знаменателе, то данное уравнение затруднительно для точного решения; поэтому, принимая допущение о малом изменении объема воздуха в колпаке, т. е. величин $\omega_1 y$ и ωx , можно подставить в уравнение (3)

вместо $1 / (1 + \frac{\omega x}{V_0})$ выражение $1 - \frac{\omega x}{V_0}$, тогда уравнение (3) примет вид:

$$\frac{\gamma L}{g} \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + p_0 \frac{\omega x}{V_0} = 0.$$

Общее решение этого дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами будет следующим:

$$x = C_1 \cos\left(\sqrt{\frac{fp_0 g}{\gamma L U_0}} t\right) + C_2 \sin\left(\sqrt{\frac{fp_0 g}{\gamma L U_0}} t\right),$$

где C_1 и C_2 – постоянные величины, численное значение которых определяется из начальных условий $t=0$, $x=0$ и $\frac{dx}{dt} = \vartheta$. Отсюда $C_1=0$, поэтому:

$$\frac{dx}{dt} = \vartheta_0 = C_2 \sqrt{\frac{\omega p_0 g}{\gamma L V_0}} \cos\sqrt{\frac{\omega p_0 g}{\gamma V_0}} t. \quad (4)$$

Для начальных условий при $t=0$ из последнего уравнения находим:

$$C_2 = \vartheta_0 \sqrt{\frac{\gamma L V_0}{\omega p_0 g}}.$$

И, следовательно:

$$\frac{dx}{dt} = \vartheta_0 \cos\left(\sqrt{\frac{\omega p_0 g}{\gamma L V_0}} t\right).$$

Таким образом,

$$p - p_0 = \frac{m}{\omega} \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{m}{\omega} \vartheta_0 \sin\left(\sqrt{\frac{\omega p_0 g}{\gamma L V_0}} t\right) \sqrt{\frac{\omega p_0 g}{\gamma L V_0}} = -\vartheta_0 \sqrt{\frac{\gamma L \omega p_0}{g V_0}} \sin\left(\sqrt{\frac{\omega p_0 g}{\gamma L V_0}} t\right). \quad (5)$$

Согласно формуле (5) колебания давления можно представить в виде синусоиды, период которой будет $T = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma L V_0}{\omega p_0 g}}$, соответственно:

$$p_{\min} = p_0 - \vartheta_0 = \sqrt{\frac{\gamma L \omega p_0}{V_0 g}}, \quad p_{\max} = p_0 + \vartheta_0 = \sqrt{\frac{\gamma L \omega p_0}{V_0 g}}.$$

Из последних формул следует, что колебания давления воздуха в колпаке тем больше, чем:

- больше начальная скорость ϑ_0 ;
- больше начальное давление воздуха в колпаке p_0 ;
- больше объем воды в трубе $L \cdot \omega$;
- чем меньше объем воздуха в колпаке.

При этом длительности синусоидального колебания T значительно больше, чем длительность полного периода упругого колебания $\frac{4L}{a}$ (рисунок 3), так как при практических соотношениях обычно $T = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma L V_0}{\omega p_0 g}} > 2t_\phi = \frac{4L}{a}$. После возведения обеих частей неравенства в квадрат получим:

$$\frac{V_0}{\omega L} > \frac{4 p_0 g}{\pi^2 a^2 \gamma},$$

что при измерении в метрах даст обычное практическое соотношение:

$$\frac{V_0}{\omega L} > \frac{4}{10^9} p_0.$$

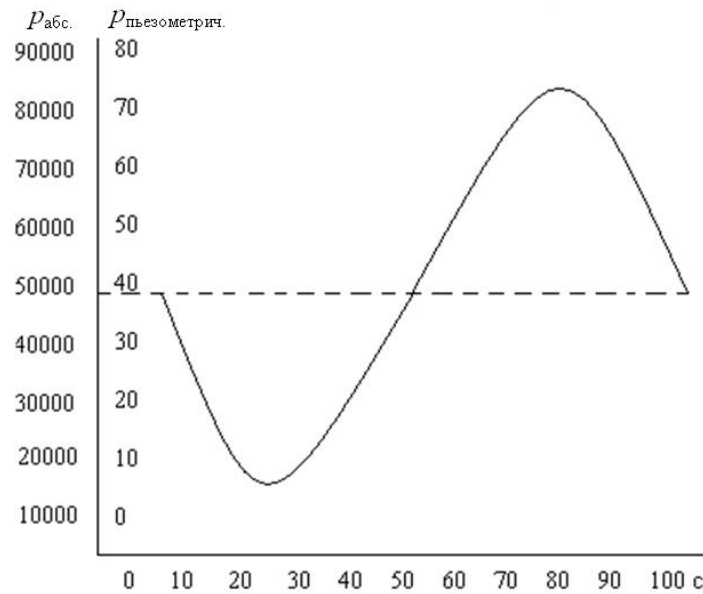


Рисунок 3 – Длительность синусоидального колебания в воздушно-гидравлическом колпаке

В приведенных выше формулах приняты обозначения:

ω_1 – площадь горизонтального сечения колпака (колпак представляется в виде прямого цилиндра), м^2 ;

ω – площадь поперечного сечения напорной линии, м^2 ;

L – длина напорной линии, м;

V – переменный объем воздуха в колпаке, м^3 ;

V_0 – начальный объем воздуха в колпаке, м^3 ;

p – переменное давление воздуха в колпаке, Па ($\text{кН}/\text{м}^2$);

p_0 – начальное давление воздуха в колпаке, Па ($\text{кН}/\text{м}^2$);

γ – вес единицы объема воды, $\text{кН}/\text{м}^3$;

g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$;

m – масса воды в напорной линии, кг;

x – перемещение центра тяжести массы воды в напорной линии (величина переменная), м;

ϑ – переменная скорость центра тяжести массы воды в напорной линии, $\text{м}/\text{с}$;

ϑ_0 – начальная скорость, $\text{м}/\text{с}$;

h_0 – начальное давление воздуха в колпаке, м;

y – вертикальное перемещение поверхности воды в воздушном колпаке, м.

Относительно степени соответствия рассмотренного метода фактическим условиям работы водовода с колпаком необходимо заметить, что замена уравнения (3) уравнением (4) ставит работу движущейся массы воды при остановке последней в линейную зависимость от перемещения центра тяжести массы x или от перемещения уровня воды в воздушном колпаке y , в то время как эта зависимость следует изотермическому закону; это обстоятельство изображено на рисунке 2.

Согласно закону изотермического расширения перемещение уровня воды в колпаке y должно идти по кривой PQ ; принятое же приближение предполагает это перемещение по прямой RS , касательной PQ в точке p_0 . Допустим, что в некоторой точке A ордината y , которая должна иметь значение AB , при приближенном решении по-

лучила значение ДС; погрешность выразится отрезком BC и будет тем меньше, чем меньше колебание уровня воды в колпаке. При большой величине V_0 кривая PQ будет иметь тенденцию к выпрямлению, и погрешность будет также уменьшаться.

Список использованных источников

1 Schnyder, O. Uber Druerkstosse in verzweigten Leitungen mit besonderer Berucksichtigung von Wasserschlossanlagen / O. Schnyder // Wasserkraft und Wasserwirtschaft. – № 12. – S. 1035.

2 Bergeron, L. Etude de variations de regime dans les conduits d'eau (solution graphique general) / L. Bergeron // Revue General de Hydraulique. – 1976. – Vol. 1. – P. 12 et 69.

3 Кригер, В. Гидроэлектрический справочник / В. Кригер, Дж. Джестин; под ред. П. А. Ефимовича, Б. М. Любченко. – М. – Л.: Энергоиздат, 1937. – Т. 1. – 392 с.

4 Сурин, А. А. Гидравлический удар в водопроводах и борьба с ним / А. А. Сурин. – М.: Трансжелдориздат, 1946. – 372 с.

5 Хамидов, А. А. Гидромеханика / А. А. Хамидов, С. И. Худайкулов, И. Э. Махмудов. – Ташкент: ФАН, 2008. – 340 с.

УДК 532.513

Ф. Х. Нишонов

Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент, Республика Узбекистан

СПОСОБЫ ПОНИЖЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЙ КАВИТАЦИИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

Исследуются способы понижения возникновения кавитации и гидравлического удара в гидротехнических сооружениях. Изучаются внутренние взаимодействия фаз смеси, анализируется возрастание внутренних сопротивлений, которые отрицательно влияют на кинетическую энергию потока, увеличивая тепловую энергию. Приводятся аналитические формулы, определяющие высоту отсасывания насосов.

Ключевые слова: кавитации, дисперсные смеси, фаза, одно- и многофазные среды, динамическое разрежение, взаимопроникающие движения, бескавитационные условия, объемные концентрации, жидкая и твердая фаза, давление парообразования, скоростные коэффициенты.

Интенсивное развитие кавитации в турбинах и насосах недопустимо, так как при этом появляется вибрация, снижается коэффициент полезного действия (КПД) и происходит быстрое разрушение деталей турбины, находящихся в области кавитации. Поэтому при выборе системы турбины и типа рабочего колеса, а также высот отсасывания стремятся к обеспечению бескавитационных условий работы турбины во всех режимах. Однако на практике полное исключение кавитации часто оказывается нерациональным, так как из-за этого пришлось бы значительно понизить отметку расположения турбины по отношению к нижнему бьефу и, следовательно, увеличить объем строительных работ в подводной части здания станции [1].

Для установления условия возникновения кавитации в дисперсной смеси рассмотрим состояние потока жидкости в точке x (рисунок 1), в которой имеет место минимальное давление, приводящее к наступлению кавитации.

Составим уравнение движения смеси жидкости для относительного движения потока между точкой x с минимальным давлением и точкой 2, находящейся на выходной кромке лопастей колеса, как показано на рисунке 1. Обозначим для точки x давление p_x . При этом скорость смеси примет вид:

$$g_{смх}^2 = w_{смх}^2 - u_{смх}^2, \quad (1)$$

где $\vartheta_{смх}$ – скорость дисперсной смеси;

$w_{смх}$ – относительная скорость смеси;

$u_{смх}$ – переносная скорость смеси, а для точки 2 – соответственно p_2 , $w_{см2}$ и $u_{см2}$.

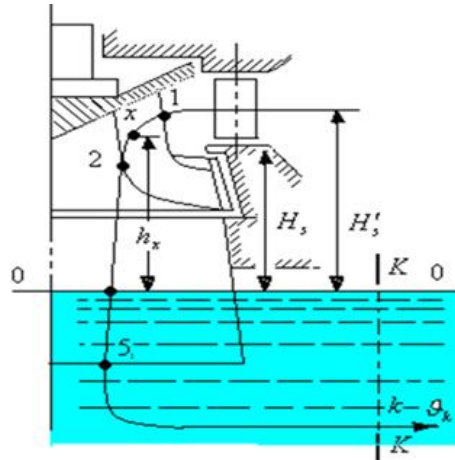


Рисунок 1 – К определению разреза на лопасти рабочего колеса турбины

Примем плоскость сравнения 0–0 на отметке уровня смеси жидкости в отводящем канале и учтем также переменность приведенных плотностей и концентрации. При установившемся течении смеси эти параметры могут быть переменными. Тогда можно составить уравнение Д. Бернулли для смеси жидкости в виде [2]:

$$\begin{aligned} \frac{\vartheta_{смх}^2}{2g} + \frac{p_x}{\gamma} + U + \frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{Si} \rho_{ni} f_s f_n}{\sum_{n=1}^m (\rho_{ni} f_n)^2} (\vartheta_s - \vartheta_n)^2 + h_x = \\ = \frac{\vartheta_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + U + \frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{S-2i} \rho_{n-2i} f_{S-2} f_{n-2}}{\sum_{n=1}^m (\rho_{n-2i} f_{n-2})^2} (\vartheta_{S-2} - \vartheta_{n-2})^2 + h_{w_{x-2}}, \end{aligned} \quad (2)$$

где ρ_{ni}° – истинная плотность;

$h_{w_{x-2}}$ – потери энергии на пути движения смеси от точки x до точки 2.

$$\vartheta = \vartheta_{см} = \frac{\vartheta_1 + \frac{f_2}{f_1} \hat{\rho} \vartheta_2}{1 + \hat{\rho} \frac{f_2}{f_1}}, \quad (2a)$$

$$\rho_{см} = \rho_1 + \rho_2, \quad \rho_1 = \rho_{1i} f_1, \quad \rho_2 = \rho_{2i} f_2, \quad \hat{\rho} = \frac{\rho_{2i}}{\rho_{1i}}, \quad f_1 + f_2 = 1,$$

где $\rho_{см}$ – плотность дисперсной смеси;

ρ_1, ρ_2, ρ_n – приведенные плотности первой, второй и n -й фаз смеси жидкости;

f_1, f_2 – объемные концентрации первой и второй фаз смеси жидкости.

Из уравнения Бернулли (1) коэффициент взаимодействия фаз примет вид [2, 3]:

$$K = \frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{Si} \rho_{ni} f_s f_n}{\sum_{n=1}^m (\rho_{ni} f_n)^2}, \quad (3)$$

где K – коэффициент взаимодействия.

Согласно исследованиям [3, 4] потенциал скорости для дисперсной смеси жидкостей имеет вид [3]:

$$\varphi_{см} = \varphi_1 f_1^* + \varphi_2 f_2^*,$$

где $f_1^* = \frac{f_1}{f_2 + \hat{\rho} f_1}$, $f_2^* = \frac{f_2}{f_2 + \hat{\rho} f_1}$, $\hat{\rho} = \frac{\rho_{1i}}{\rho_{2i}}$.

Таким образом, согласно уравнению Бернулли, для абсолютного движения между точками 2 и 5 имеем:

$$\begin{aligned} & \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\vartheta_{см2}^2}{2g} + z_2 + \frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{s-2i} \rho_{n-2i} f_{s-2} f_{n-2}}{\sum_{n=1}^m (\rho_{n-2i} f_{n-2})^2} (\vartheta_{s-2} - \vartheta_{n-2})^2 = \\ & = \frac{p_5}{\gamma} + \frac{\vartheta_{см5}^2}{2g} - z_5 + \frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{2-5i} \rho_{n-2i} f_{2-5} f_{n-5}}{\sum_{n=1}^m (\rho_{n-5i} f_{n-5})^2} (\vartheta_{2-5} - \vartheta_{5-2})^2 + h_{w_{2-5}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Решая совместно уравнения (2), (4) и принимая во внимание, что $\frac{p_5}{\gamma} - z_5 = \frac{p_{ат}}{\gamma} = B$ – барометрическое давление, а также учитывая незначительность величин коэффициентов взаимодействия фаз в точках 2 и 5 на отметке турбины, получим:

$$\frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{s-2i} \rho_{n-2i} f_{s-2} f_{n-2}}{\sum_{n=1}^m (\rho_{n-2i} f_{n-2})^2} (\vartheta_{s-2} - \vartheta_{n-2})^2 - \frac{1}{2g} \sum_{s,n=1}^m \frac{\rho_{(2-5)i} \rho_{n-5i} f_{s-5} f_{n-5}}{\sum_{n=1}^m (\rho_{n-5i} f_{n-5})^2} (\vartheta_{2-5} - \vartheta_{5-2})^2 \rightarrow 0,$$

т. е. расчетную формулу для определения коэффициента взаимодействия при Пуазейлевом течении:

$$K = \frac{8f_2^2 \mu_0}{R^2} \frac{1}{\frac{f_2}{f_1} \frac{Q_2}{Q_1}}, \quad (5)$$

где μ_0 – вязкость несущей жидкости;

R – радиус трубы.

Если исследуемая смесь жидкости состоит из жидкой и твердой фаз, совершающих взаимопроникающие движения, то вязкость смеси отличается от вязкости жидкой (несущей) фазы и зависит от объемного содержания твердой фазы и физических свойств взвеси и т. д.

Расчетные формулы для коэффициента взаимодействия, приводимые в работе [1], полученные на основе формулы Эйнштейна, выглядят следующим образом:

$$K = \frac{8f_2^2 \mu_0}{R^2} \frac{1}{\frac{Q_{см}}{Q_1} \frac{1}{f_1(1+2,5f_2)}}. \quad (6)$$

Для барометрического давления B на отметке установки рабочего колеса турбины получим выражение:

$$\frac{p_x}{\gamma} = B - h_x - \left(\frac{\vartheta_{см2}^2}{2g} - \frac{\vartheta_{см5}^2}{2g} - h_{w,2-5} + \frac{w_{смx}^2 - w_{см2}^2 + u_{см2}^2 - u_{смx}^2}{2g} - h_{смw,x-2} \right), \quad (7)$$

где h_x – теоретическая высота отсасывания;

$\left(\frac{\vartheta_{см2}^2}{2g} - \frac{\vartheta_{см5}^2}{2g} - h_{смw,2-5} \right)$ – динамическое разрежение, обусловленное формой и размерами отсасывающей трубы;

$\left(\frac{w_{cmx}^2 - w_{cm2}^2 + u_{cm2}^2 - u_{cmx}^2}{2g} - h_{cmw,x-2} \right)$ – динамическое разрежение, обусловленное мерами и формой лопастей рабочего колеса турбины.

Нужно отметить, что многочлены зависят, кроме того, еще и от режима работы турбины. Уравнение (7) можно записать иначе:

$$\left(\frac{p_x - p_n}{\gamma} \right) \frac{1}{H} = \frac{1}{H} \left(B - h_x - \frac{p_n}{\gamma} \right) - \frac{1}{H} \left(\frac{g_{cm2}^2}{2g} - \frac{g_{cm5}^2}{2g} - h_{w,2-5} + \frac{w_{cmx}^2 - w_{cm2}^2 + u_{cm2}^2 - u_{cmx}^2}{2g} - h_{cmw,x-2} \right). \quad (8)$$

Процесс кавитации в турбине начнется тогда, когда абсолютное давление p_x/γ в точке x будет равно давлению парообразования, т. е. когда правая часть уравнения (8) обратится в нуль:

$$\frac{1}{H} \left(B - h_x - \frac{p_n}{\gamma} \right) - \frac{1}{H} \left(\frac{g_{cm2}^2}{2g} - \frac{g_{cm5}^2}{2g} - h_{w,2-5} + \frac{w_{cmx}^2 - w_{cm2}^2 + u_{cv2}^2 - u_{cvx}^2}{2g} - h_{cmw,x-2} \right) \rightarrow 0.$$

Следовательно, в первой скобке заключены величины, характерные для данной установки: местное барометрическое давление B ; высота расположения рабочего колеса над уровнем нижнего бьефа, называемая высотой отсасывания h_x ; давление парообразования p_n/γ ; напор H в данной установке. Выражение в первой скобке – кавитационный коэффициент установки:

$$\sigma_{уст} = \frac{B - h_x - p_n/\gamma}{H}. \quad (9)$$

Во второй скобке уравнения (8) содержатся квадраты скоростей в абсолютном, переносном и относительном движении и потеря энергии между точками x и 5, отнесенная к напору.

Потеря напора h_w может быть выражена через квадрат скорости смеси жидкости в любой точке потока и соответствующий этой скорости коэффициент сопротивления ξ :

$$h_{w,x-5} = \xi g_{cm}^2 / 2g. \quad (10)$$

Скорости воды в потоке смеси пропорциональны корню квадратному из величины используемого напора $\eta_\Gamma H$, где η_Γ – гидравлический КПД турбины. Поэтому все скорости могут быть представлены в виде скоростного коэффициента, соответствующего данной скорости в рассматриваемой точке. Соответствующий скоростной напор в той же точке имеет вид:

$$\frac{g_{cm}^2}{2g} = K_g \eta_\Gamma H. \quad (11)$$

В условиях кинематических подобных (изогональных) режимах работы для турбин данной серии все скоростные коэффициенты K_g и коэффициенты сопротивления ζ имеют постоянные значения, σ^* для турбин данной серии и изогональных режимов остается неизменным. Таким образом, кавитационный коэффициент турбины σ^* представляет собой отношение наибольшего динамического разрежения на лопасти рабочего колеса к используемому напору $\eta_\Gamma H$.

Если при каком-то режиме $p_x = p_n$, то динамическое разрежение имеет максимальное значение и возникает кавитация. При этом кавитационный коэффициент турбины для этого режима будет иметь критическую величину:

$$\sigma_{кр}^* = B - \frac{p_n}{\gamma} - h_x / \eta_\Gamma H = \frac{\sigma_{уст}}{\eta_\Gamma}. \quad (12)$$

Из этого выражения можно получить условие для максимально-допустимой высоты отсасывания h_x , при которой обеспечивается бескавитационная работа турбины:

$$H_s = h_x \leq B - \frac{P_n}{\gamma} - \sigma_{кр}^* \eta_{\Gamma} H. \quad (13)$$

Расчетным путем нетрудно также установить точку x , в которой можно ожидать наибольший вакуум. Поэтому в практике гидромашиностроения кавитационный коэффициент σ определяется путем испытания моделей гидротурбин на кавитационном стенде.

Приведем таблицу сопоставления значений кинетической энергии в точках 2 и 5 [1] со значениями кинетической энергии, вычисленной по формуле (2 а), т. е. с учетом взаимодействий фаз многофазного дисперсного потока при $f_1 = 0,4$; $f_2 = 0,6$.

Установлено, что при наличии отсасывающей трубы под рабочим колесом создается дополнительное понижение давления, пропорциональное удельной кинетической энергии $\frac{g_{см2}^2}{2gH}$, оставшейся в потоке на выходе из рабочего колеса. Величина этой

энергии зависит от состава смеси, системы турбины, ее коэффициента быстроходности и пропускной способности, характеризуемой значением приведенного расхода Q'_1 .

Ориентировочные значения удельной кинетической энергии на выходе из рабочего колеса, выраженные в процентах от рабочего напора для турбин различной быстроходности, приведены в таблице 1. Данные таблицы 1 показывают, что, если в отсасывающих трубах тихоходных турбин удельная кинетическая энергия в потоке за рабочим колесом составляет 1,5–3,0 % от рабочего напора, то по мере увеличения быстроходности турбины эта цифра увеличивается, доходя у быстроходных поворотнолопастных турбин до 50 % и более от всей энергии. Но из-за наличия внутренних взаимодействий фаз возрастают внутренние сопротивления, которые отрицательно влияют на кинетическую энергию потока, увеличивая тепловую энергию.

Таблица 1 – Сопоставление значений кинетической энергии в точках 2 и 5

Система турбин	H, м	Q'_1 , л/с	n'_1 , об./мин	n_s	$\frac{g_2^2}{2gH} 100\%$	По формуле (2 а) $\frac{g_{см2}^2}{2gH} 100\%$	$\frac{g_2^2}{2gH} 100\%$	По формуле (2 а) $\frac{g_{см2}^2}{2gH} 100\%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поворотнолопастные	5	2250	180	930	53,0	52,7	4,00	3,80
	10	2010	170	830	43,0	42,8	2,80	2,50
	15	1850	160	755	36,0	34,8	2,30	2,20
	20	1750	150	695	32,0	32,1	1,90	1,80
	30	1430	140	580	24,0	20,8	1,40	1,30
	40	1240	130	500	20,0	19,2	1,10	0,90
	50	1110	120	435	18,0	17,6	0,90	0,80
	60	1040	112	395	17,0	15,6	0,80	0,75
	70	940	107	355	16,0	15,6	0,70	0,70
	80	830	105	350	14,0	14,0	0,65	0,65
Радиальноосевые	30	1400	78	320	11,0	10,9	1,50	1,40
	45	1370	77	315	10,5	10,0	1,40	1,20
	75	1250	75	290	8,5	8,0	1,20	1,10
	115	1030	72	255	6,0	5,8	0,80	0,70
	170	650	69	195	2,5	2,3	0,40	0,30
	230	420	67	150	2,0	1,8	0,20	0,14

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	310	280	65	120	1,8	1,6	0,10	0,80
	400	200	62	95	1,6	1,4	0,05	0,04
	500	150	60	80	1,5	1,2	0,02	0,01

Взаимодействие фаз дисперсной смеси уменьшает высоту отсасывания, и часть выделяемой энергии преобразуется в тепловую энергию.

Список использованных источников

1 Смирнов, И. Н. Гидравлические турбины и насосы / И. Н. Смирнов. – М.: Высш. шк., 1969. – 400 с.

2 Умаров, А. И. Об одном способе определения величины коэффициента взаимодействия вязко-идеальных сред. Гидроаэродинамика многофазных сред / А. И. Умаров. – Ташкент: Фан, 1987. – С. 34–39.

3 Хамидов, А. А. Плоские и осесимметрические задачи о струйном течении идеальной сжимаемой жидкости. – Ташкент: Фан, 1978. – 137 с.

4 Хамидов, А. А. Теория струй смеси вязких жидкостей / А. А. Хамидов, С. И. Худайкулов. – Ташкент: Фан, 2003. – 160 с.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

УДК 633.2.031, 633.2, 631

Д. А. Вагунин, Н. Н. Иванова, Н. Н. Амбросимова

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель, Тверь,
Российская Федерация

КОЗЛЯТНИК ВОСТОЧНЫЙ В СМЕСИ СО ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

Объектами исследований являлись наиболее перспективные сорта многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей для создания полноценной кормовой базы животноводства. Результаты исследований показали, что продуктивность травостоев с козлятником восточным достигает 8,1 т/га. Самый высокий процент бобового компонента (от 65,2 до 79,5 %) в среднем за год был отмечен в чистых посевах. Наиболее активно в чистом посеве развивался козлятник восточный сорта Гале (индекс ценотической активности – 0,7–0,8).

Ключевые слова: козлятник восточный, травосмесь, почва, сорт, бобово-злаковый.

Введение. Кормопроизводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства, темпы роста которой во многом определяют развитие животноводства, способствуют повышению конкурентоспособности продукции и решению продовольственной проблемы [1].

Среди бобовых трав наиболее ресурсосберегающими являются виды, обладающие продуктивным долголетием и высокой азотфиксирующей способностью. В последние годы наряду с традиционными видами бобовых при создании бобово-злаковых сенокосных травостоев значительное внимание уделяется использованию козлятника восточного (*Galega orientalis Lam.*). Основными достоинствами этой культуры являются высокая урожайность зеленой массы, питательная ценность корма, быстрое весеннее отрастание, устойчивость к вытаптыванию, способность давать ранний корм (в системе зеленого конвейера на подкормку животным его используют уже во второй декаде июня), длительность периода хозяйственного использования (до 15 лет), высокое содержание протеина, высокая и стабильная семейная продуктивность. По этим признакам козлятник превосходит традиционные для условий Европейского Севера виды бобовых – клевер луговой и клевер ползучий [2–5].

Материалы и методы. Полевые исследования проводились на мелиоративном объекте «Губино», расположенном на экспериментальной базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» в 2015 г. Почва участка – дерново-подзолистая супесчаная, на трех почвенных разностях (глубокооглеенная, глееватая, глеевая), с содержанием подвижного фосфора 100,9 мг/кг и обменного калия 140,2 мг/кг. Реакция почвенного раствора на этапе контроля – среднекислая, рН – 4,5–5,0. Удельная масса почвы – 2,59 г/см³. Преобладающими почвообразующими породами являются маломощные двучлены (более 60–70 %). Междренные расстояния регулирующей сети составляют 18–40 м, глубина закладки дрен колеблется от 0,8 до 1,1 м. Содержание гумуса – 1,4–1,9. Площадь опыта – 6,8 га, размещение вариантов рендомизированное, в три яруса, повторность трехкратная. Посев беспокровный. Использование двухукосное. Агротехника общепринятая. Сорта козлятника восточного: Гале селекции Эстонского НИИ земледелия и мелиорации, Юбиляр – ГНУ «Псковский НИИСХ», Кривич – ГНУ «Псковский НИИСХ».

Результаты и обсуждения. Важными показателями формирования многолетних сеяных травостоев являются урожайность и погодные условия. В умеренно влажном и теплом 2015 г. (ГТК = 1,52) урожайность варьировалась от 4,3 до 8,1 т/га. Продуктивность козлятника во многом определяется густотой и массой вегетативных побегов. В наших исследованиях в одновидовом посеве козлятника восточного наибольшую урожайность сухого вещества обеспечил сорт Кривич (в среднем 5,8 т/га). В целом за сезон продуктивность одновидовых посевов козлятника восточного составила 4,3–7,1 т/га сухой массы, 3,6–6,0 тыс. к. е./га и 15,3–20,4 % переваримого протеина.

Совместные посевы козлятника восточного со злаковыми травами являются более продуктивными. Наибольший выход сухого вещества отмечен на посевах козлятника восточного в смеси со злаками, составивший 5,0–8,0 т/га. Данный показатель объясняется тем, что наиболее густыми и менее засоренными посевами были травостои с наличием злакового компонента. Травосмесь козлятника восточного со злаками имеет явное преимущество, поскольку все изучаемые бобово-злаковые травостои на второй год пользования по продуктивности превышали одновидовой посев данного бобового вида. На посеве костреца безостого, двукисточника тростникового и тимофеевки луговой варианта 7 урожайность сухой массы достигала 8,1 т/га, сбор кормовых единиц – 6,9 тыс. к. е./га. Также отмечена наибольшая густота травостоев (127–253 шт./м²). В целом более продуктивные травостои на основе козлятника восточного наблюдались на глееватой почве, здесь сбор сухого вещества оказался выше на 0,8–1,1 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность бобово-злаковых травостоев (за сезон) на основе козлятника восточного на почвах разной степени оглеенности

Вариант	Почва	Зеленая масса, т/га	Сухая масса, т/га	Сбор к. е., тыс./га
1	2	3	4	5
Козлятник восточный (Гале) (контроль)	Глубокооглеенная	22,8	5,6	4,8
	Глееватая	27,0	5,7	4,9
	Глеевая	23,8	5,5	4,7
Козлятник восточный (Гале) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукисточник тростниковый (Урал)	Глубокооглеенная	40,1	7,0	6,0
	Глееватая	32,6	7,6	6,4
	Глеевая	25,7	5,5	4,7
Козлятник восточный (Юбиляр)	Глубокооглеенная	29,0	7,1	6,0
	Глееватая	20,1	5,0	4,2
	Глеевая	15,3	4,3	3,6
Козлятник восточный (Юбиляр) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукисточник тростниковый (Урал)	Глубокооглеенная	31,0	7,1	6,0
	Глееватая	30,6	6,0	5,1
	Глеевая	23,6	5,0	4,2
Козлятник восточный (Кривич)	Глубокооглеенная	24,6	5,3	4,5
	Глееватая	32,5	6,9	5,9
	Глеевая	19,1	5,3	4,5
Козлятник восточный (Кривич) + тимофеевка луговая (ВИК 9) + кострец безостый (Вегур) + двукисточник тростниковый (Урал)	Глубокооглеенная	36,2	8,0	6,8
	Глееватая	38,4	7,0	6,0
	Глеевая	25,6	5,6	4,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Кострец безостый (Вегур) + тимофе-евка луговая (ВИК 9) + двукисточник тростниковый (Урал)	Глубокоог-леенная	29,1	6,6	5,6
	Глееватая	37,3	8,1	6,9
	Глеевая	31,0	7,5	6,4
Примечание – значение НСР ₀₅ составило 0,05; сухая масса: - для частных различий – 1,5122; - для фактора В – 0,5715; - для фактора А – 0,8730; - для взаимодействия АВ – 0,8730.				

Соотношение стеблей и листьев растений в травостое является важным показателем кормовой ценности. Облиственность во всех вариантах опыта была высокой и составляла у козлятника восточного 50,0–63,9 %. Наиболее облиственным был козлятник восточный сорта Юбилар в чистом посеве (54,1–59,0 %), наименее – в варианте одного сорта Гале (50,9–56,0 %).

Растения козлятника восточного обладали высоким содержанием сырого протеина (до 20,4 %). Доля сырой клетчатки в сенокосных травостоях в фазу полной бутонизации – начала цветения в зависимости от их состава изменялась от 26,6 до 37,4 %. Наименьшее содержание сырой клетчатки в 1 кг сухого вещества отмечено в варианте 3 глубоко-оглеенной почвы (26,6 %). Доля сырого протеина в растениях козлятника восточного как в первом, так и втором укосе варьировалась от 14,6 до 21,8 % (при зоотехнической норме 12–14 %). Минеральный состав естественного травостоя также изменялся в зависимости от ботанического состава: содержание кальция – от 0,3 до 1,2 %, фосфора – 0,2–0,5 %, калия – 1,3–3,1 %, магния – 0,1–0,3 %. Сбор сырого протеина в чистых посевах козлятника восточного в среднем за два укоса на 24–38 % выше, чем в травосмесях. Здесь же отмечено и наименьшее содержание клетчатки (27,9–30,4 %). Это связано с наличием в травосмесях грубостебельчатых злаков, которые обеспечивают повышение доли данного элемента. Процентное содержание сырого жира и золы в кормовой массе изучаемых травостоев заметно не отличалось и составляло 1,1–1,6 и 4,2–6,0 % соответственно. Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – составная часть большинства кормов, представляющая разнообразную смесь углеводов (кроме клетчатки) и других веществ, не содержащих азот, не относимых к сырому жиру и растворяющихся при кипячении в кислотах и щелочах. В наших исследованиях доля БЭВ варьировалась от 34,8–45,8 % (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав травяного корма козлятника восточного, 2015 г.

В % на абсолютно сухое вещество

Почва	Вариант	Сырой протеин	Сырая зола	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Глубоко-оглеенная	1	17,8	5,0	1,3	26,8	41,3	0,5	2,2	0,9	0,3
	2	11,4	4,9	1,4	37,4	37,4	0,3	2,8	0,4	0,1
	3	20,4	4,2	1,1	26,6	40,2	0,3	1,3	1,2	0,3
	4	10,5	4,2	1,3	32,6	43,9	0,4	2,2	0,4	0,1
	5	19,8	5,2	1,4	31,0	36,7	0,3	2,3	0,9	0,3
	6	12,5	4,8	1,5	34,0	39,6	0,5	2,1	0,6	0,2
	7	9,3	4,7	1,3	34,4	42,9	0,2	2,6	0,3	0,1
Глееватая	1	17,7	5,1	1,4	32,6	34,8	0,3	2,1	0,9	0,3
	2	13,3	5,3	1,6	34,0	39,0	0,2	2,9	0,4	0,1
	3	17,1	5,5	1,5	31,7	37,8	0,3	2,5	1,1	0,3

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	4	13,7	5,6	1,6	31,8	40,6	0,2	2,8	0,6	0,1
	5	18,3	6,0	1,5	32,9	34,3	0,5	2,9	0,9	0,2
	6	18,5	5,3	1,4	28,6	38,9	0,3	2,1	1,0	0,2
	7	9,9	5,4	1,5	33,2	43,3	0,2	2,7	0,4	0,1
Глеевая	1	17,0	5,7	1,6	28,7	39,9	0,3	2,2	1,0	0,3
	2	14,1	5,2	1,4	28,7	43,4	0,3	2,5	1,0	0,2
	3	15,3	6,0	1,6	25,5	44,3	0,2	3,0	0,8	0,2
	4	8,7	5,2	1,5	32,2	45,8	0,2	2,7	0,3	0,1
	5	15,6	6,0	1,4	27,2	42,2	0,3	3,1	0,8	0,2
	6	9,7	5,2	1,4	31,5	43,7	0,2	2,8	0,4	0,1
	7	9,3	5,1	1,5	33,4	44,6	0,2	2,9	0,3	0,1

В среднем за год исследований отмечено, что козлятник восточный сорта Гале в чистом посеве более устойчив к засоренности. В смешанных посевах значительно преобладали злаки. Процентное участие козлятника восточного в агроценозах составляло 6,8–79,5 %. Засоренность посевов была существенно ниже в трех- и четырехкомпонентом травостое (от 1,4 до 16,0 %). В злаковом компоненте доминировал двукисточник тростниковый (24,0–54,6 %), количество тимофеевки луговой – 11,7–31,5 %, костреца безостого – 22,8–36,3 %.

Более высоким индексом ценотической активности в среднем за год опыта отличались злаковые травы: двукисточник тростниковый (1,3–2,6), костреца безостый (1,1–1,8), тимофеевка луговая (0,7–1,8). Индекс ценотической активности козлятника восточного в связи с медленным развитием в первые годы жизни был небольшим и составил по вариантам опыта от 0,2–0,8.

Выводы. В опыте с козлятником восточным продуктивность зеленой массы составляла 4,3–8,1 т/га сухой массы, при возделывании в смеси со злаками – 8,0 т/га, в чистом посеве – 7,1 т/га. В среднем за год исследований козлятник восточный был более продуктивным в смешанном посеве варианта 6 с посевом сорта Кривич, его урожайность достигала 8,0 т/га. Содержание сырого протеина изменялось от 9,3% в злаковой смеси до 20,4 % на чистых посевах козлятника восточного. В смешанных посевах доминировали злаки, достигая в процентном соотношении: костреца безостый – 36,3 %, двукисточник тростниковый – 54,6 %, тимофеевка луговая – 11,7 %.

Список использованных источников

- 1 Рубаева, О. Д. Влияние инноваций в кормопроизводстве на увеличение эффективности птицеводства / О. Д. Рубаева, У. В. Живулько // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 7(86). – С. 42–43.
- 2 Нетрадиционные для условий Европейского Севера РФ кормовые культуры в системе лугового и полевого кормопроизводства / И. В. Сереброва [и др.] // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса на Европейском Севере РФ: сб. науч. тр. ГНУ «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция Российской академии сельскохозяйственных наук». – Новая Вилга, 2005. – С. 70–73.
- 3 Симонов, С. Н. Галега – новая кормовая культура / С. Н. Симонов. – М., 1938. – 67 с.
- 4 Скобня, Т. Н. Питательность травяной муки из галеги восточной в рационах молодняка КРС и овец / Т. Н. Скобня, И. К. Слесарев // Тез. докл. 1-й Всесоюз. науч.-произв. конф. – Челябинск, 1991. – С. 81–82.
- 5 Трузина, Л. А. Эффективность возделывания козлятника восточного (*Galega orientalis Lam.*) в условиях Центрального района Нечерноземной зоны / Л. А. Трузина // Кормопроизводство. – 2012. – № 6. – С. 20–22.