

**ISSN 2313-2248**

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

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Сборник научных трудов**

**Выпуск 53**

Новочеркасск  
РосНИИПМ  
2014

УДК 631.587

ББК 41.9

П 901

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Н. Щедрин (ответственный редактор), Г. А. Сенчуков,  
С. М. Васильев, Т. П. Андреева.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В. И. Ольгаренко – профессор кафедры «Мелиорация земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института Донского государственного аграрного университета, засл. деятель науки РФ, чл.-кор. РАН, д-р техн. наук, профессор;

В. В. Бородычев – директор Волгоградского филиала Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации Россельхозакадемии, чл.-кор. РАН, д-р с.-х. наук, профессор.

П 901 Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Вып. 53. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – 171 с.

Сборник научных трудов подготовлен ФГБНУ «РосНИИПМ» по материалам научно-практических конференций с международным участием «Проблемы и перспективы использования водных ресурсов малых рек для орошения и сельскохозяйственного водоснабжения», «Актуальные вопросы научного обеспечения развития мелиоративных систем».

УДК 631.587

ББК 41.9

ISSN 2313-2248



9

772313 224008

© ФГБНУ «РосНИИПМ», 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

## РАЗДЕЛ I

### ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МАЛЫХ РЕК ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

<b>Антонова Н. А., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М.</b> Борьба с наносами на закрытых оросительных системах при водозаборе из малых рек.....	8
<b>Васильев С. М., Домашенко Ю. Е., Ляшков М. А.</b> Проблема подготовки водных ресурсов малых рек для сельскохозяйственного водопользования.....	11
<b>Волокитин М. П.</b> Влияние талого стока на гидрохимический состав поверхностных вод малого водосборного бассейна.....	14
<b>Волосухин В. А., Кравченко А. С.</b> Обоснование типов и параметров материала для производства геотекстильных контейнеров, предназначенных для утилизации донных отложений .....	22
<b>Гаврилюк С. М., Сенчуков Г. А., Гостищев В. Д.</b> Проблемы и перспективы использования водных ресурсов бассейна реки Сал.....	30
<b>Капустян А. С.</b> Состояние и перспективы учета и контроля показателей стока дренажных вод с орошаемых территорий .....	35
<b>Матвиец О. Н.</b> Оценка водных ресурсов для орошения интенсивного сада .....	43
<b>Остякова А. В.</b> Параметры рельефа дна и распределения скоростей течения в открытом канале при кратковременном изменении гидравлического режима.....	50
<b>Пономаренко Т. С.</b> Нормативно-методическое обеспечение учета стока и выноса растворенных веществ с орошаемых территорий .....	58
<b>Чембарисов Э. И., Лесник Т. Ю., Чембарисов Т. Э.</b> Особенности использования стока малых рек Ферганской долины для орошения.....	63
<b>Эгамбердиев Н. Б., Салохиддинов А. Т., Кодиров У. А., Кенжаева Р. К., Бегалов А. Ж.</b> Биоочистка сточных вод малых рек для использования в сельскохозяйственном водоснабжении.....	71

## РАЗДЕЛ II

### АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

<b>Антонова Н. А., Домашенко Ю. Е.</b> Математическое моделирование процесса фильтрации для систем капельного орошения .....	79
<b>Васильев С. М., Калинин П. В., Ляшков М. А.</b> Оптимизация планирования орошения в детерминированной постановке .....	83
<b>Домашенко Ю. Е.</b> Проблемы технического перевооружения мелиоративных систем.....	87
<b>Ковальчук П. И., Балыхина А. А., Герус А. В., Коваленко Р. Ю.</b> Формирование качества воды для орошения при осуществлении промывок русла р. Ингулец.....	90
<b>Куликова М. А., Колесникова Т. А.</b> Анализ экономической эффективности биопродуктивной технологии утилизации животноводческих стоков.....	97
<b>Куликова М. А., Суржко О. А., Колесникова Т. А.</b> Инновационный подход к эколого-экономической оценке утилизации животноводческих стоков как вторичных ресурсов .....	102
<b>Мурадов Р. А., Барноева М. А., Усманова Н.</b> Повышение эффективности землепользования при дефиците оросительной воды.....	110
<b>Муратов А. Р., Муслимов Т. Д., Фырлина Г. Л.</b> Некоторые аспекты проектирования состава легких бетонов для мелиоративного строительства.....	115
<b>Муратов А. Р., Фырлина Г. Л.</b> Совершенствование методов производства и оценки качества выполнения ремонтно-восстановительных работ .....	121
<b>Сахаров Р. Ю.</b> Методы и средства контроля качественных показателей стока с орошаемых территорий.....	129
<b>Снипич Ю. Ф., Черничкина Н. Ю.</b> Влияние температурного режима почвы и воздуха на перемещение почвенной влаги при капельном орошении .....	137
<b>Суржко О. А., Грибут Е. А.</b> Энергоэффективная технология утилизации послеспиртовой барды .....	146

<b>Чембарисов Э. И., Лесник Т. Ю., Хожамуратова Р. Т., Чембарисов Т. Э.</b> Состояние и перспективы улучшения функционирования коллекторно-дренажной сети Республики Каракалпакстан.....	152
<b>Юрченко И. Ф., Носов А. К.</b> О критериях и методах контроля безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса .....	158
<b>Юрченко И. Ф., Трунин В. В.</b> Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах .....	166

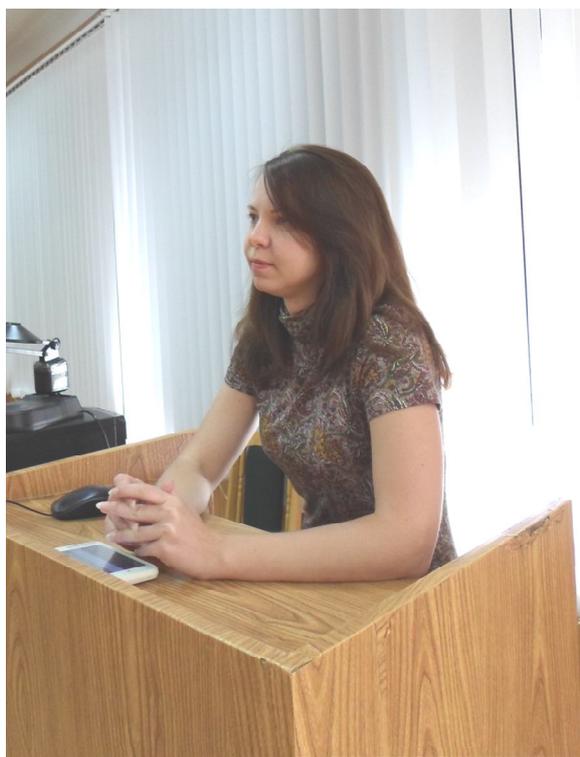
Материалы, вошедшие в 53 выпуск сборника научных трудов «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия», были представлены на научно-практических конференциях с международным участием «Проблемы и перспективы использования водных ресурсов малых рек для орошения и сельскохозяйственного водоснабжения» (5 марта 2014 г.) и «Актуальные вопросы научного обеспечения развития мелиоративных систем» (28 апреля 2014 г.), прошедших в ФГБНУ «РосНИИПМ».



Члены оргкомитета научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы научного обеспечения развития мелиоративных систем» готовят программу мероприятия и сертификаты ее участникам



Вступительное слово посвящается общим проблемам в тематике конференций. С. М. Васильев открывает работу научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы научного обеспечения развития мелиоративных систем»



Участники конференции находят среди многообразия тем и докладов интересное и полезное для себя. А. Н. Антонова делает доклад о математическом моделировании процесса фильтрации для систем капельного орошения



Плодотворная и конструктивная дискуссия порой задерживает докладчика у трибуны дольше, чем предписано регламентом. А. С. Капустян – автор доклада, посвященного организации наблюдений за загрязнением поверхностных вод в системе Росгидромета

---

---

**РАЗДЕЛ I**

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МАЛЫХ РЕК ДЛЯ ОРОШЕНИЯ И  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

---

---

УДК 556.53:627.83:621.644.2:627.157

**Н. А. Антонова, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев**

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

**БОРЬБА С НАНОСАМИ НА ЗАКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ  
СИСТЕМАХ ПРИ ВОДОЗАБОРЕ ИЗ МАЛЫХ РЕК**

В статье рассматриваются негативное воздействие речных наносов на закрытые оросительные системы и методы борьбы с ними. При использовании малых рек в качестве источника орошения возникают проблемы с попаданием наносов в закрытые оросительные сети. Их накопление приводит к истиранию и преждевременному выходу из строя сети, что влечет за собой дополнительные расходы материальных и трудовых ресурсов на проведение эксплуатационных работ. Выбор способа борьбы с наносами определяется локализацией проведения мероприятий на реках или участках сети. Мероприятия, направленные на борьбу с наносами, могут проводиться как за счет регулирования русел водоисточников, так и за счет строительства дополнительных очистных сооружений.

Ключевые слова: малые реки, наносы, закрытая оросительная сеть, водозабор, источник орошения, методы борьбы с наносами.

Ростовская область расположена в степной зоне, которая характеризуется высоким процентом водообеспеченности за счет малых рек. Малые реки региона характеризуются малым расходом и низкой скоростью течения. Кроме этого они характеризуются высоким коэффициентом меандрированности, одной из причин которой является полого-волнистый рельеф области.

Высокая мутность малых рек объясняется типом питания (дождевые и талые воды, стекающие в качестве поверхностного стока) и мягкими, слабоустойчивыми породами русел рек, что наиболее характерно для Ростовской области. Твердые частицы, переносимые и формирующиеся потоком речной воды, образуют наносы, которые приводят к истиранию, заилению и засорению элементов оросительной сети [1]. В данной работе под наносами будут пониматься накоп-

ления твердых минеральных примесей, представленные взвешенными веществами в речной воде (частицы грунта, песок).

Одним из главных водопотребителей Ростовской области является орошаемое земледелие, представленное в последние десятилетия в основном закрытыми оросительными системами. Закрытые оросительные системы являются технически более сложными по сравнению с открытыми оросительными системами, что повышает требования к качеству воды.

Содержание минеральных частиц, формирующих наносы, негативно сказывается на внутренней поверхности трубопроводов, работе насосных аппаратов, уменьшает значение КПД как отдельных элементов, так и сети в целом, снижает пропускную способность трубопроводов и сооружений вследствие накопления наносов и заиливания. Степень износа будет зависеть не только от количества наносов, переносимых оросительной водой, но и от размеров частиц. Гидравлическая крупность наносов влияет на локализацию их задержания в закрытой оросительной сети. Так наиболее крупные частицы задерживаются на водозаборных сооружениях или начальных участках сети, наносы средней фракции – чаще всего в магистральных и распределительных трубопроводах, а частицы мелких фракций поступают во внутривозвратные участки оросительной сети [2].

Мероприятия по снижению содержания наносов в оросительной воде, поступающей на поля, следует проводить в местах забора воды, к которым можно отнести и участки подключения хозяйств к распределительным трубопроводам ввиду нецелесообразности устройства дополнительных сооружений на трубопроводах закрытой оросительной сети. Наиболее эффективными являются предупредительные мероприятия, направленные на борьбу с эрозией – главной причиной образования взвешенных речных наносов.

Наиболее эффективны следующие меры борьбы с эрозией в верховьях рек: поперечная вспашка посевных площадей; закрепление оврагов и осыпей; укрепление склонов и тальвега растительностью – устройство нагорных каналов для захвата и отвода ливневых и весенних талых вод; регулирование мелких притоков, дающих обильный вынос наносов, путем уменьшения продольного уклона устройством запруд или укреплением русла одеждами и т. п.

Проведение данных мероприятий требует больших капитальных затрат и находится в компетенции федеральных органов субъектов Российской Федерации как собственников водных объектов. Это ус-

ложняет процедуру принятия решения о проведении и выделении средств на эту группу мероприятий.

Извлечение твердых минеральных примесей, содержащихся в речном потоке, целесообразно проводить непосредственно в водозаборных узлах и в нижнем бьефе. Эта группа мероприятий осуществляется посредством регулирования русел рек на близрасположенных к объектам водозаборного комплекса участках.

С целью уменьшения поступления донных наносов в закрытые оросительные сети в пределах водозаборного узла предусматриваются такие мероприятия, как искривление подводящего русла для создания поперечной циркуляции, отстаивание наносов в карманах и последующий сброс их в нижний бьеф, донные и поверхностные направляющие устройства, наносоперехватывающие и промывные галереи и др., то есть месторасположение водозаборных сооружений должно максимально предотвращать поступление крупных наносов в магистральный трубопровод оросительной системы.

Наносы, которые не были задержаны в результате применения мероприятий по регулированию русла водотока или сороудерживающими устройствами на водозаборных сооружениях, могут быть осаждены в отстойниках, песколовках различной конструкции, позволяющих извлекать из переносимого водного потока мелкие фракции минеральных частиц и снижать их поступление в закрытую оросительную сеть.

Отстойники или песколовки следует размещать в начале закрытой оросительной сети после водозаборных сооружений, что позволит уменьшить воздействие наносов на всей протяженности трубопроводов. Образующиеся наносы необходимо извлекать из отстойных сооружений по мере достижения их объема фиксированной верхней границы при помощи гидроэлеваторов, эрлифтов или насосов. При наличии дополнительных свободных площадей возможно использование извлекаемых наносов в качестве вспомогательного материала при обустройстве территорий.

Мелкофракционные частицы, не задерживаемые в отстойниках, попадают на оросительные поля, оснащенные высокотехнологичными дождевальными машинами, которые предъявляют высокие требования к качеству оросительной воды для обеспечения бесперебойной работы с заданным коэффициентом полезного действия. С целью предотвращения засорения распыляющих сопел оросительные сети могут дополнительно оборудоваться устройствами или сооружениями

тонкой очистки, в основе работы которых, например, будет лежать процесс фильтрации.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что при использовании малых рек в качестве источника орошения возникают проблемы с попаданием наносов в закрытые оросительные сети. Их накопление приводит к истиранию и преждевременному выходу из строя сети, что влечет за собой дополнительные расходы материальных и трудовых ресурсов на проведение эксплуатационных работ. Мероприятия, направленные на борьбу с наносами, могут проводиться как за счет регулирования русел водоисточников, так и за счет строительства дополнительных очистных сооружений.

### **Список использованных источников**

1 Проблемы малых рек: Официальный портал Правительства Ростовской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.donland.ru/Default.aspx?pageid=77645>, 2014.

2 История мелиорации России / Б. С. Маслов [и др.]. – Т. 1. – М., 2002. – С. 45.

УДК 628.16:556.535.8:626.82.004

**С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, М. А. Ляшков**

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

## **ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ МАЛЫХ РЕК ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

В статье приведен анализ химического состава воды, влияющего на уровень загрязненности водных объектов. Рассмотрена схема очистки высокомутных вод с применением плавучего водозабора-осветлителя, позволяющая использовать воду для сельскохозяйственного водопользования. В отличие от схем, основывающихся на применении радиальных отстойников, которые оборудованы скребками, в предлагаемой схеме отсутствуют сооружения с движущимися частями, что позволяет упростить конструктивное оформление схемы, тем самым увеличить процент забора воды для сельскохозяйственных нужд из малых рек.

Ключевые слова: анализ состава воды, загрязнение, очистка, химический состав, малые реки.

Дефицит воды связан с интенсивным развитием промышленности, сельского хозяйства, а также с неравномерным распределением водных ресурсов на Земле. На долю малых рек приходится значи-

тельная часть поверхностных водных ресурсов. В России их сток составляет более трети от суммарного среднегогодового стока, в том числе в европейской части 361 км<sup>2</sup>. В ряде экономических районов расходовалось более 50 % стока малых рек маловодного года, а в таком регионе, как Северо-Кавказский, потребность в воде из малых рек полностью не была удовлетворена. В тех водохозяйственных районах, где количество водных ресурсов недостаточно, как правило, отмечается и неудовлетворительное их качество [1].

В связи с этим возникает проблема подготовки ресурсов малых рек для сельскохозяйственного водопользования. Загрязнение вод малых рек осуществляется теми же источниками, что и на крупных водотоках. При этом с течением времени состав этих источников расширяется. Помимо загрязненных стоков промышленных и коммунальных хозяйств, увеличиваются стоки с урбанизированных территорий, сельскохозяйственных полей, животноводческих комплексов и ферм [1].

В районе г. Новочеркаска гидрографическую сеть представляют следующие водотоки: р. Аксай, р. Тузлов с притоками Грушевкой и Кадамовкой, а также балки Тангаши (приток Тузлова) и Западная (приток р. Аксай).

Анализ результатов, полученных Новочеркасским городским центром экологической информации и мониторинга, свидетельствует о том, что процессы самоочищения в реках Тузлов, Грушевка, Кадамовка, Аксай полностью подавлены, реки не успевают изменить свой состав до поступления новых объемов сточных вод.

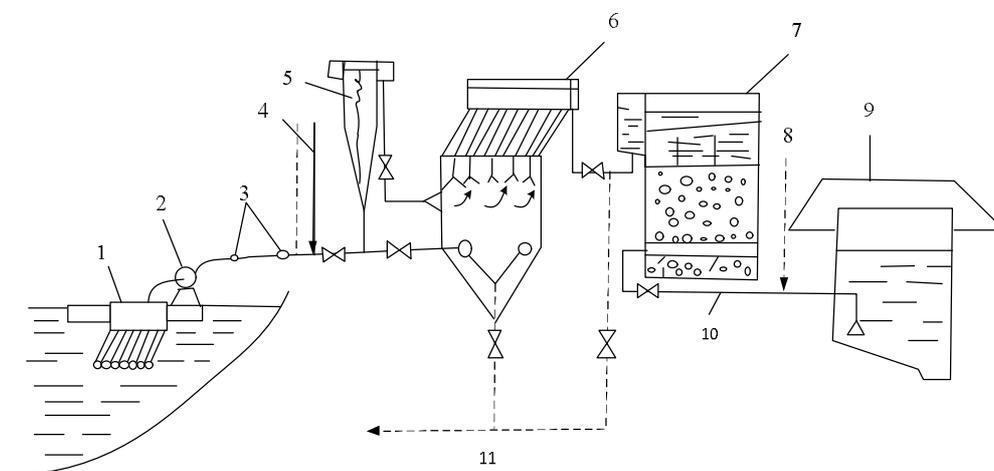
Вода реки Тузлов на всем ее протяжении в пределах города загрязнена соединениями азота: аммонийными (до 2,2 ПДК) и нитритными (до 13,3 ПДК). Одним из приоритетных веществ, загрязняющих воды р. Тузлов, являются нефтепродукты. Из тяжелых металлов превышение характерно для меди и марганца.

Анализ состава и содержания других классов соединений показал, что в водных объектах Новочеркаска присутствует также широкий набор соединений других классов: непредельные, циклические и ароматические углеводороды, сульфаты, азот, галогенорганические соединения, найден токсичный растворитель – четыреххлористый углерод, хлороформ, гексан. Практически во всех пробах были обнаружены легкие ароматические соединения: бензол, орто-, мета- и параксилолы. Из полициклических ароматических углеводородов обнаружен наибо-

лее опасный, обладающий канцерогенными свойствами – бенз- $\alpha$ -пирен. Его концентрация превышает величину ПДК в 2-6 раз [2].

Очистку вод от основной массы грубодисперсных примесей осуществляют в сооружениях, принцип работы которых основан на действии гравитационных сил. К ним относят отстойники, песколовки, гидроциклоны, осветлители. Для более тщательной очистки применяют фильтры различной конструкции.

В схему очистки высокомутных малых рек входит водозаборное сооружение. Оно позволяет выделить из воды значительную часть взвеси (до 30-50 %), в основном крупные ее фракции, что облегчает условия работы береговых сооружений для осветления воды и для обработки сбросных вод и осадков (рисунок 1) [3].



1 – плавучий водозабор-осветлитель; 2 – плавучая насосная станция; 3 – трубопровод с шарнирным соединением; 4 – подача первичного хлора и реагентов; 5 – вихревой смеситель; 6 – тонкослойный осветлитель системы АзНИИВП-2; 7 – скорый фильтр; 8 – вторичное хлорирование; 9 – резервуар чистой воды; 10 – трубопровод для подачи чистой воды для промывки фильтров; 11 – трубопровод для удаления осадка из тонкослойного осветлителя и скорого фильтра

**Рисунок 1 – Сооружения для очистки высокомутных вод с плавучим водозабором-осветлителем**

В отличие от схем, основывающихся на применении радиальных отстойников, которые оборудованы скребками, в предлагаемой схеме отсутствуют сооружения с движущимися частями, что позволяет упростить конструктивное оформление схемы, тем самым увеличить процент забора воды для сельскохозяйственных нужд из малых рек.

При подготовке воды малых рек для сельскохозяйственного водопользования осуществляют ее очистку от разного рода примесей, используя различные сооружения и фильтры, производят контроль химического состава воды.

## **Список использованных источников**

1 Ткачев, Б. П. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы (Small rivers: state-of-the act and ecological problems): аналит. обзор / Б. П. Ткачев, В. И. Булатов / ГПНТБ СО РАН. – Новосибирск, 2002. – 114 с.

2 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2012 году» / под общ. ред. А. А. Гребенщикова, А. Г. Куренкова. – Ростов-на-Дону, 2013. – 83 с.

3 Пособие к СНиП 2.04.02-84 по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды: утв. приказом НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова от 9 апреля 1985 г. № 24 / Научно-исследовательский институт коммунального водоснабжения и очистки воды (НИИ КВОВ) АКХ им. К. Д. Памфилова. – 180 с.

УДК 556.531.4

**М. П. Волокитин**

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ ТАЛОГО СТОКА НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МАЛОГО ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА**

Рассмотрены закономерности формирования твердого и жидкого стоков в период весеннего половодья. Установлено, что, несмотря на значительный вывод земель из сельскохозяйственного оборота, эрозионные процессы активно протекают на водосборном бассейне. Потери почвы в отдельные годы превышают 36 т/км<sup>2</sup>. В условиях меняющегося климата отмечен период зимнего стока на водосборном бассейне. Проведены гидрохимические исследования по изучению состава речных вод в период паводка. Установлено, что общий химический сток элементов с водосборного бассейна достаточно высокий и составляет 6,4-8,0 т/км<sup>2</sup>. Впервые исследована динамика содержания водорастворимого углерода, который попадает в речные воды при минерализации органического вещества. Количество «отчуждаемого» стоком углерода может достигать более 5 кг/га. Это является косвенным признаком интенсивной минерализации органического вещества в ландшафтах водосборного бассейна. Показано, что на процессы, протекающие в экосистемах водосборного бассейна, оказывают влияние как природные, в первую очередь климатические, так и антропогенные факторы.

Ключевые слова: малые реки, водосборный бассейн, талый сток, гидрохимия, качество поверхностных вод, экология.

Сохранение биологического многообразия и природных ресурсов естественных экосистем имеет большое научно-практическое зна-

чение. Усиливающаяся антропогенная нагрузка на природную среду многогранна и приводит порой к необратимым структурным и функциональным изменениям в экосистемах. Особенно сильно катастрофические последствия в ландшафтах проявляются при уничтожении почвенно-растительного покрова в результате эрозионных процессов. Эрозия и деградация почв уже сейчас представляют реальную угрозу поступательному развитию общества. Особенно ярко эти изменения проявляются на небольших водосборных бассейнах, где можно проследить как за природными, так и антропогенными явлениями, которые оказывают непосредственное влияние на процессы формирования стока. Поэтому к этой проблеме приковано пристальное внимание как со стороны научного сообщества, так и общественных деятелей и организаций [1-4].

В связи с этим изучение речного стока в период весеннего половодья имеет исключительно важное как теоретическое, так и практическое значение. В теоретическом плане – это, прежде всего, установление закономерностей формирования поверхностного стока и создание моделей, позволяющих проводить различные сценарии с целью оценки и прогноза стока талых и дождевых вод с речных водосборных бассейнов различного уровня. Зная закономерности формирования жидкого и твердого стоков с водосборного бассейна, можно рассчитать потери почв в результате эрозии. По химическому составу стекающих с водосборной площади поверхностных вод можно оценить состояние и функционирование различных ландшафтов. Малые водосборные территории являются основными составляющими глобального гидрохимического стока, конечной точкой которого являются либо замкнутые депрессии, либо океан.

#### **Объекты и методы**

Экспериментальный водосбор расположен на юге Московской области вблизи г. Пущино (Биологический центр Российской академии наук). Исследования проводятся автором на модельном водосборе малой р. Любожиха, правого притока р. Оки, начиная с 2003 г. Река Любожиха относится к малым рекам, которые характеризуются длиной менее 10 км и площадью водосбора, не превышающей 50 км<sup>2</sup>. Для исследуемой территории характерен крупно-увалистый эрозионный рельеф с густой сетью глубоковрезанных оврагов, балок, долин, ручьев и рек.

В последнее время значительно возросла площадь залежных земель (до 30 %), которые по тем или иным причинам были выведены из сельскохозяйственного использования. Эти земли интенсивно зарастают. Вначале они зарастают сорной растительностью с последующим формированием злаково-разнотравной растительностью. Однако длительность произрастания травянистой растительности невелика (3-5 лет). В дальнейшем эти земли заселяются кустарниками, березой, сосной и кленом.

Серые лесные почвы в основном распространены на высоких водораздельных пространствах с абсолютными отметками 200-240 м и более, которые часто являются естественными рубежами между природными зонами. Особенностью почвенного покрова северной лесостепи является распространение здесь серых почв со вторым гумусовым горизонтом, что указывает на иные гидротермические условия былого процесса почвообразования [5].

Почвенный покров территории в основном представлен собственно серыми лесными почвами среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, которые составляют 53,6 %.

Почвообразующими породами серых лесных почв являются покровные лессовидные суглинки светло-бурого цвета, имеющие тонкую пористость, плотное сложение и ореховатую структуру. Благодаря высокому содержанию крупной пылеватой фракции и илистых частиц, почвообразующие породы характеризуются большой вододерживающей способностью.

При смене луговых сообществ лесными фитоценозами происходит изменение и усложнение структурно-функциональных особенностей биогеоценозов. Наиболее заметно эти изменения находят отражение в формировании гидротермического режима лесных экосистем. Луговые участки быстрее оттаивали и прогревались, чем лесные. Вместе с тем в лесу практически не отмечалось значительного промерзания почвы. Благодаря подстилке вся влага трансформировалась во внутрпочвенный сток, тогда как под лугом, из-за плотной густой дернины и уплотненной почвы, наблюдался поверхностный сток.

Определение содержания химических элементов в воде и смываемой почве проводили стандартными методами. Химический состав поверхностных вод изучали по следующим показателям: рН – потенциометрически,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  – комплексометрическим методом,  $\text{K}^+$  и

$\text{Na}^+$  – пламеннофотометрически,  $\text{HCO}_3^-$  – титрованием кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого,  $\text{Cl}^-$  – аргенометрическим методом,  $\text{SO}_4^{2-}$  – весовым методом,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – аскорбиновым методом,  $\text{N-NH}_4^+$  – фотоколориметрически,  $\text{N-NO}_3$  – по разнице N (общ. мин.) –  $\text{N-NH}_4^+$ .

### **Результаты исследований**

Исследования в области эрозии почв при снеготаянии являются достаточно трудоемкими в плане проведения полевых наблюдений и сложными в интерпретации результатов вследствие временной и пространственной изменчивости природных факторов. Рассматривая основные факторы эрозии, вызываемой стоком талых вод, следует отметить, что смыв почвы при снеготаянии связан, прежде всего, с формированием снежного покрова, глубиной промерзания, увлажнением почвы, скоростью ее протаивания, эродирующей способностью потоков, противоэрозионной стойкостью почв и др.

Отличительной особенностью эрозии почв, вызываемой стоком талых вод, от дождевой эрозии является то, что она может протекать одновременно на больших площадях в районах ежегодного формирования снежного покрова. Эрозия проявляется, когда почва находится в мерзлом или слабо-мерзлом состоянии и практически не впитывает талую воду или имеет низкую водопроницаемость, а значительные площади склоновых земель в этот период не защищены растительностью.

В зимний период 2005-2006 гг. на водосборном бассейне р. Любожиха образовались большие запасы воды в снеге, которые изменялись по типам угодий от 140,4 мм (лес) до 157,0 мм (пашня). При интенсивном снеготаянии объем стока был значительным, а коэффициент стока оказался самым высоким за все годы исследований – 0,62. Вместе с тем в последние годы почвы сильно иссушаются в течение летнего периода, а осенние осадки не компенсируют дефицит влаги в почве, и почвы уходят в зиму, ненасыщенные влагой. При медленном снеготаянии большая часть воды расходуется не на поверхностный сток, а на внутрпочвенный. Кроме того, участились затяжные зимние оттепели, что также приводит к дополнительному накоплению влаги в почве.

Автором также установлено, что часто конец паводка сопровождается дождями различной продолжительности и интенсивности. Почва в этот момент сильно увлажнена и обладает слабой противо-

эрозионной стойкостью. Выпадение дождей на незащищенную растительностью поверхность приводит к интенсивному смыву почвы и появлению второго пика взвешенных частиц в речных водах. Так, во время дождей в 2006 году содержание взвешенных частиц в левом притоке, дренирующем более используемую в сельскохозяйственном отношении часть водосборного бассейна, увеличилось с 0,6 (13 апреля) до 1,7 г/л (14 апреля), или почти в три раза. Расчеты показали, что в среднем за счет выпадения жидких осадков во время паводка количество смытого материала может увеличиться более чем на 20 %.

Аномальные погодные условия зимы 2006 г. существенным образом повлияли на формирование снежного покрова и проявление эрозионных процессов на водосборном бассейне р. Любожиха. Длительные положительные температуры воздуха в зимний период привели к накоплению в верхних горизонтах серых лесных почв влаги до категории наименьшей влагоемкости или почти до полного насыщения. В дальнейшем, при замерзании этих горизонтов, в почве образовались водонепроницаемые слои, которые усилили поверхностный сток и смыв почвы.

В зимний период 2006-2007 гг. формирование устойчивого снежного покрова началось в январе. Запасы снега на водосборном бассейне, которые были наименьшими за весь период наблюдений, в среднем были равны 73 мм. Мутность талых вод в период пика паводка также была выше, по сравнению с предыдущим годом. Концентрация взвешенных частиц в воде левого притока в пик паводка достигала 4,9 г/л. В р. Любожиха содержание взвешенных частиц составляло 2,9 г/л. В пик паводка (18 марта 2007 г.) за сутки с водосборного бассейна талыми водами было вынесено 475,1 т почвы. Несмотря на то, что объем стока был в 1,2 раза меньше по сравнению с предыдущим годом, вынос взвешенных наносов в 2007 г. оказался больше на 75 т. Всего же за период стока потери почвы составили 36,9 т/км<sup>2</sup>. Это большая величина, если учесть, что в гидрографическую сеть попадает не более 15-20 % от смытого материала, который переотлагается при транспортировке наносов водными потоками по различным элементам рельефа.

В зимний период 2007-2008 гг. формирование снежного покрова началось поздно, а интенсивность и продолжительность выпадения твердых осадков была небольшой. К моменту начала стока запасы во-

ды в снеге, в среднем по водосбору, составили 61,3 мм и оказались наименьшими за весь период наблюдений.

Значительная зимняя оттепель вызвала сток на р. Любожиха, который начался 26 февраля. Столь раннего начала стока автором также не отмечалось. Почвенный покров к этому моменту не оттаял, и сток проходил по мерзлой почве. Кроме того, левый приток р. Любожиха не вскрылся, и сток шел по поверхности льда и снега. Мутность потока падала за счет выпадения взвешенных частиц на поверхность снега и льда русла притока. В итоге максимальное содержание взвешенных наносов в притоке оказалось в 5,6 раза меньше, чем в р. Любожиха (0,61 г/л). Однако суммарная мутность потока была небольшой, а максимальная не превышала 0,72 г/л.

Этот период стока следует характеризовать как зимний. И только с 11 марта начался период устойчивого весеннего стока. Первый пик паводка проходил в течение семи дней с 12 по 18 марта, а второй – с 24 по 31 марта. За время паводка было вынесено всего 116,1 т мелкозема, или 6,2 т/км<sup>2</sup>. Вместе с тем автором было выявлено, что отложенные наносы во время паводка в дальнейшем транспортируются потоком, который образуется при интенсивном выпадении жидких осадков. Так с 21 по 25 мая выпало 50,3 мм осадков, которые способствовали выносу 37,8 т мелкозема. К этому времени на водосборном бассейне сформировался густой растительный покров, который надежно защищал почву от размыва дождевыми осадками. Коэффициент стока был незначительным – 0,04. Поэтому логично добавить к общему выносу мелкозема во время паводка (116,1 т) еще 37,8 т, или 32,5 %. Тогда общие потери почвы с водосбора составят 153,9 т.

В 2009 году благоприятные погодные условия – ясная солнечная погода с положительными температурами днем и небольшими отрицательными температурами ночью – способствовали постепенному таянию снега. Большая часть талой воды расходовалась на насыщение недостаточно увлажненных с осени серых лесных почв. Подтверждением этому может служить величина коэффициента стока, которая была невысокой – 0,34.

Химический состав паводковых вод в замыкающем створе можно считать интегральным показателем экологического состояния ландшафтов и водосборного бассейна в целом. Исследованиями было установлено, что общий вынос солей с водосборного бассейна за вре-

мя паводка достигает больших величин и находится в пределах 120-150 т (6,4-8,0 т/км<sup>2</sup>). К примеру, в снеге содержание солей не превышает 25-30 мг/л. Из катионов больше всего выносятся Са и Mg, а из анионов – бикарбонат-иона (НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>). Выщелачиванию оснований способствуют выпадающие кислые осадки. Так, рН снеговых вод в отдельные годы не превышал 4,46-4,76 единиц.

Отмечено загрязнение паводковых вод ионом хлора (до 17-27 мг/л, против фонового – 11-15 мг/л) при обработке полотна дороги (борьба с наледью) реагентами, содержащими хлор. Вынос солей с водосборного бассейна закономерно возрастал с увеличением объема стока. Вместе с тем величина плотного остатка постепенно снижалась и достигала наименьших величин при больших расходах воды в реке – это так называемый эффект разбавления (таблица 1).

**Таблица 1 – Химический состав поверхностных вод**

В мг/л									
Дата	Река, приток	рН	СО <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	НСО <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Сl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Са <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	К <sup>+</sup>
8.04	Любожиха	7,98	2,4	127	12,6	33,6	47,2	7,7	2,2
10.04	-//-	7,84	1,2	85	9,8	18,5	35,2	5,8	2,6
11.04	-//-	7,56	-	51	8,4	16,4	20,8	5,3	3,0
12.04	-//-	7,73	-	63	9,8	23,4	24,0	9,1	3,0
13.04	-//-	7,86	1,2	83	11,2	22,6	36,8	6,7	2,4
14.04	-//-	7,76	-	66	9,8	24,2	24,8	7,2	2,8
15.04	-//-	7,93	-	83	9,8	23,4	29,6	7,7	2,5
16.04	-//-	7,97	1,2	85	7,0	20,1	33,6	7,7	2,4
19.04	-//-	8,07	1,2	98	11,2	17,2	35,2	7,7	1,7
24.04	-//-	8,22	2,4	137	14,0	23,8	48,0	9,1	1,6
8.04	Левый приток	7,80	-	82	14,8	21,5	36,7	7,4	2,6
10.04	-//-	7,79	-	73	15,4	20,9	26,4	6,7	2,3
11.04	-//-	7,63	-	59	9,8	34,5	20,8	5,3	2,4
12.04	-//-	7,70	-	56	11,2	20,1	19,2	7,7	2,4
13.04	-//-	7,83	-	73	12,6	16,8	24,8	8,6	2,1
14.04	-//-	7,77	-	61	11,2	18,9	22,4	7,2	2,1
15.04	-//-	7,88	-	73	11,2	20,9	25,6	8,5	1,9
16.04	-//-	7,90	1,2	83	11,2	19,3	28,8	8,2	1,8
19.04	-//-	7,96	1,2	98	11,2	17,2	35,2	7,7	1,7
24.04	-//-	8,10	2,4	122	15,4	23,8	40,8	10,1	1,5

По химическому составу речные воды – гидрокарбонатно-кальциевого состава. Это связано с тем, что подземные воды проходят через карбонатные породы и обогащаются ионами Са<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, НСО<sub>3</sub><sup>-</sup>.

По содержанию анионов в составе речных вод сульфаты занимают второе место после гидрокарбонатного иона. Содержание суль-

фатов в речных водах изменялось от 16 до 34 мг/л (таблица 1). Содержание иона хлора в речной воде колебалось в пределах от 7 до 15 мг/л. В снеге его содержание было невысоким – 2,9 мг/л. Наиболее низкое содержание хлора в речной воде отмечено в период интенсивного таяния снега. Если учесть то, что содержание хлора в серых лесных почвах не превышает 1-2 мг/100 г, то, вероятно, дополнительное его поступление в речные воды происходит в результате разложения растительных остатков в осенне-зимний период.

Содержание водорастворимого углерода в речных водах в межень составляло 3,8-5,6 мг/л. Содержание углерода в снеге составляло 0,7-2,9 мг/л. В паводковых водах содержание водорастворимого углерода колебалось в широких пределах – от 5,2 до 24 мг/л. В среднем за время паводка содержание углерода в речных водах достигало: в р. Любожиха – 7,9 мг/л, в левом притоке – 9,3 мг/л. Суммарный вынос углерода оставил 10,3 т или 5,5 кг с гектара.

Содержание фосфора ( $P_2O_5$ ) в речных водах во время паводка также находилось в широких пределах – от 0,1 до 2,4 мг/л. Содержание фосфора в снеге составляло 0,02-0,08 мг/л. В местах, загрязненных пылью (придорожные участки), содержание фосфора в снеге повышалось до 0,2 мг/л. Следует также отметить, что в меженный период содержание водорастворимых фосфатов в различные годы в речных водах значительно изменялось – от 0,02 до 0,22 мг/л. За все годы наблюдений максимальный вынос фосфора во время половодья составил 1,32 т, или 0,70 кг/га.

Исследования показали, что в зимнюю межень поступления аммонийного азота в речные воды практически не происходит. Содержание аммония в основном оценивается как следовое (0,02 мг/л). Содержание же нитратного азота в этот период составляло 0,33-1,25 мг/л. Во время паводка в речных водах содержание аммония возрастало до 0,16-0,37 мг/л. Наиболее высокая концентрация аммонийного азота (0,70 мг/л) была зафиксирована в левом притоке. Более высокая концентрация аммония в левом притоке не случайна, поскольку эта территория более освоена в сельскохозяйственном отношении: здесь активно осуществляется выпас животных. Наиболее высокие концентрации нитратного азота (2,02-2,18 мг/л) были отмечены в период наибольшего стока паводковых вод.

## **Список использованных источников**

1 Воронков, П. П. Гидрохимия местного стока Европейской территории СССР / П. П. Воронков. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 186 с.

2 Ивичева, К. Н. Анализ зависимости качества вод по гидрохимическим показателям от освоенности водосборов / К. Н. Ивичева, И. В. Филоненко // Принципы экологии. – 2013. – № 3. – С. 53-61.

3 Иванов, А. А. Экологическая оценка водосборов малых рек (на примере Республики Марий Эл) / А. А. Иванов, П. М. Мазуркин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 108 с.

4 Субботин, А. И. Структура половодья и территориальные прогнозы весеннего стока рек в нечерноземной зоне Европейской территории СССР / А. И. Субботин. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 97 с.

5 Серебрянная, Т. А. Динамика границ Центральной лесостепи в голоцене. Вековая динамика биогеоценозов / Т. А. Серебрянная. – М.: Наука, 1992. – С. 54-71.

УДК 556.53:627.15(075.8)

**В. А. Волосухин, А. С. Кравченко**

Донской государственный аграрный университет, Персиановский, Российская Федерация

## **ОБОСНОВАНИЕ ТИПОВ И ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

Приведен анализ экологического состояния малых рек юга России за последние 200 лет. Предложена новая конструкция геотекстильного контейнера для обезвоживания и последующей утилизации донных отложений. На основании исследований обоснованы типы и параметры материалов для производства геоконтейнеров из тканевых материалов высокой прочности. Приведены эмпирические зависимости для каждого типа материалов (технических тканей ТЛФ-5-2, ТБГ). Для случаев, когда необходимо обезвоживать небольшие объемы шлама или донных отложений (отстойники на производстве), рекомендуется ткань ТБГ, т. к. ее физико-механические свойства вполне удовлетворяют требованиям данного вида работ, а стоимость почти в два раза ниже ткани ТЛФ-5-2.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, заиление, обезвоживание, геотекстильный контейнер, утилизация донных отложений.

Исследования антропогенного воздействия на природу рек в России начались в конце XIX века под руководством В. В. Докучае-

ва («Способы образования речных долин Европейской России», 1878 г.). Изучение экологических изменений русел малых рек длится более 200 лет, однако до настоящего времени нет возможности устранить попадание загрязняющих веществ в реки, т. е. недостаточно разработаны мероприятия по предотвращению загрязнений и очистке деградированных рек.

Сопоставление географических карт лесостепной и степной зон Российской Федерации за последние 200 лет (с 1800 по 2000 гг.) выявило сокращение протяженности речной сети от 35 до 59 %.

В работах В. В. Докучаева, Н. И. Маккавеева, В. С. Лапшенкова, Р. С. Чалова, Н. И. Алексеевского и других показано, что накопившийся в настоящее время в днищах долинной сети мощный слой наносов антропогенного происхождения препятствует естественному ходу восстановления малых рек [1].

Между тем все возрастающее хозяйственное использование малых рек и их водосборных площадей, изъятие значительной части стока, отведение в реки загрязненных сточных вод приводят к их загрязнению и заилению.

Особо опасной причиной деградации является загрязнение дна рек различными бытовыми отходами, мусором, который, попадая в воду, оседает на дно, где вскоре начинаются процессы гниения, поэтому малые реки и водоемы нуждаются в систематической очистке и откачке ила.

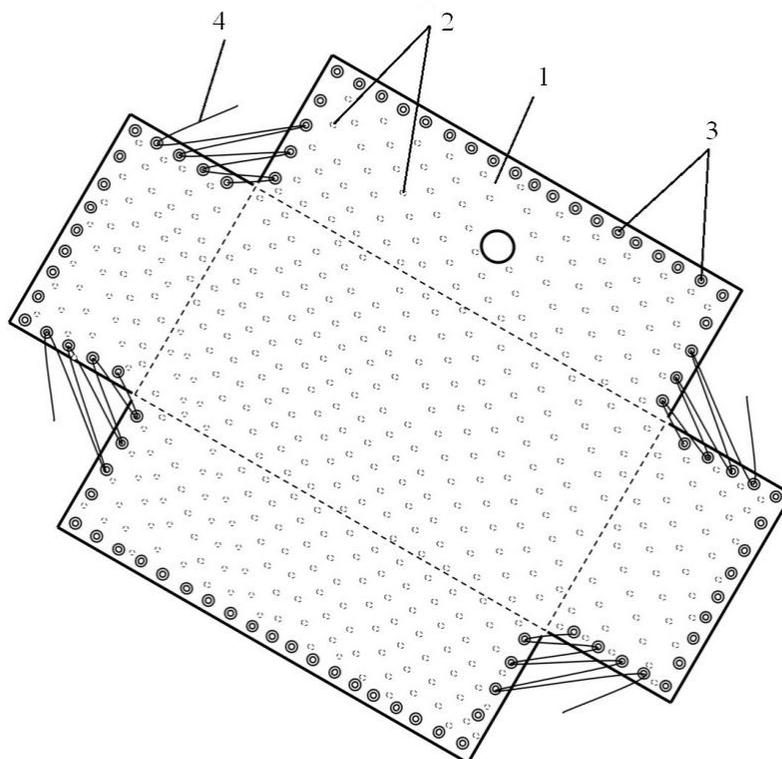
Применяемые технологии при расчистке малых рек недостаточно эффективны, и через 5-10 лет происходит очередное их заиление [2].

Развитие химической промышленности позволило предложить новую экономичную инновационную технологию обезвоживания и захоронения отходов. Для этого предлагаются геотекстильные контейнеры из тканевого материала высокой прочности, пропускающие воду и удерживающие твердые частицы. С течением времени вода из контейнера уходит, твердые фракции остаются. Обезвоженные контейнеры из высокопрочного материала удобны для погрузки, транспортировки и складирования, включая захоронение [3].

Для изготовления геотекстильных контейнеров разработаны технические условия ТУ 1234-147.000142.142.34-12 на курском заводе «Рассвет-К». Масса контейнера с расчетным диаметром 5 м и дли-

ной 100 м составляет  $531,2 \pm 49,8$  кг. Также разработана новая конструкция геотекстильного контейнера из тканевых материалов высокой прочности многократного применения [4].

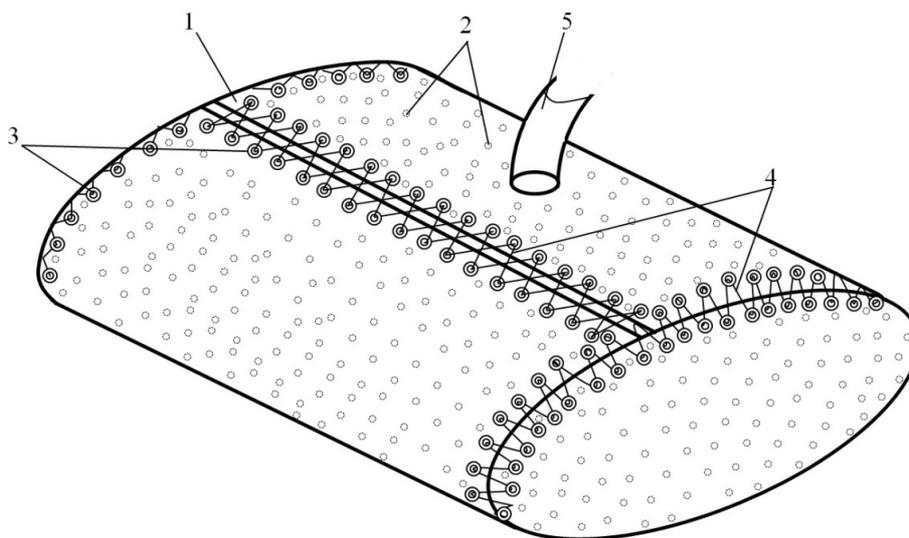
В статическом состоянии геотекстильный контейнер (рисунок 1) представляет собой развернутое в ровную плоскость полотно 1, изготовленное из геотекстильного материала, с перфорацией 2, по периметру которого находятся отверстия 3 для шнуровки [4].



**Рисунок 1 – Геотекстильный контейнер в развернутом состоянии**

При помощи шнуровки 4 геотекстильный контейнер сворачивают в гибкую оболочку (рисунок 2), к которой прикреплена напорная труба 5. После установки собранного контейнера на специально подготовленной площадке чистящая машина по напорной трубе 5 передает пульпу внутрь контейнера. После заполнения свободная вода выходит через перфорацию 2 геотекстильного контейнера. В результате отделения воды происходит уплотнение осадка и уменьшение его объема.

За счет потери влаги в геотекстильном контейнере донные отложения образуют материал, удобный для погрузки и транспортировки. Контейнер вскрывают, и его содержимое вывозят, а наличие шнуровки позволяет использовать контейнер многократно, что приносит экономический эффект при выполнении большого объема работ [4].



**Рисунок 2 – Геотекстильный контейнер в собранном состоянии**

Геоконтейнеры изготавливаются из высокопрочных, долговечных в грунтовых условиях технических тканей методом сшивания на промышленном швейном оборудовании или методом термической сварки по специальному техническому регламенту. Материал выбирается с таким учетом, чтобы он был стоек к воздействию соленой воды, агрессивных сред, ультрафиолетового излучения, многократным циклам замораживания и оттаивания, обладал высокими физико-механическими характеристиками. При выполнении работ на конкретном объекте необходимо учитывать наиболее востребованные качества материала. Геоконтейнеры различаются формой, геометрическими размерами и объемом заполнения в зависимости от места и условий их применения [5, 6].

Геотекстильные контейнеры применяются не только при обезвоживании донных отложений, но и при обезвоживании производственных отходов, шламов водоподготовки, угольного шлама, осадков ЖКХ и т. п. Отходы могут содержать различные химические вещества, такие как нефть, бензин, ртуть, различные виды кислот и т. д. Поэтому при подборе материала для производства геотекстильных контейнеров необходимо также учитывать его стойкость при взаимодействии с химическими веществами, его химическую стойкость.

Контейнер заполняется пульпой под гидростатическим напором или в напорном режиме, в процессе чего создается внутреннее давление, которое должен выдерживать геосинтетический материал. Очень важно при заполнении контейнера, чтобы материал обладал ползучестью, и при длительных нагрузках снижалось его разрушительное на-

пряжение. Также контейнер в процессе всей своей работы находится на открытом пространстве и не защищен ни от прямых попаданий солнечных лучей, ни от сильных морозов. Учитывая климатическое влияние и все оказываемые на геотекстильный контейнер нагрузки, подбор материала для его изготовления должен быть очень тщателен и контролироваться специалистами [6].

При проектировании геотекстильных контейнеров также очень важно для выбора периметра контейнера и допустимой длины, чтобы кольцевые и продольные напряжения в тканевом материале не превышали допусковых как в момент наполнения осадками, так и в процессе обезвоживания. При подкачке пульпы в контейнер условия прочности должны выполняться как поперек контейнера, так и вдоль, и особенно по шву – этим обусловлено проведение исследований разрывных нагрузок на материал (техническая ткань) как по основе, так и по утку.

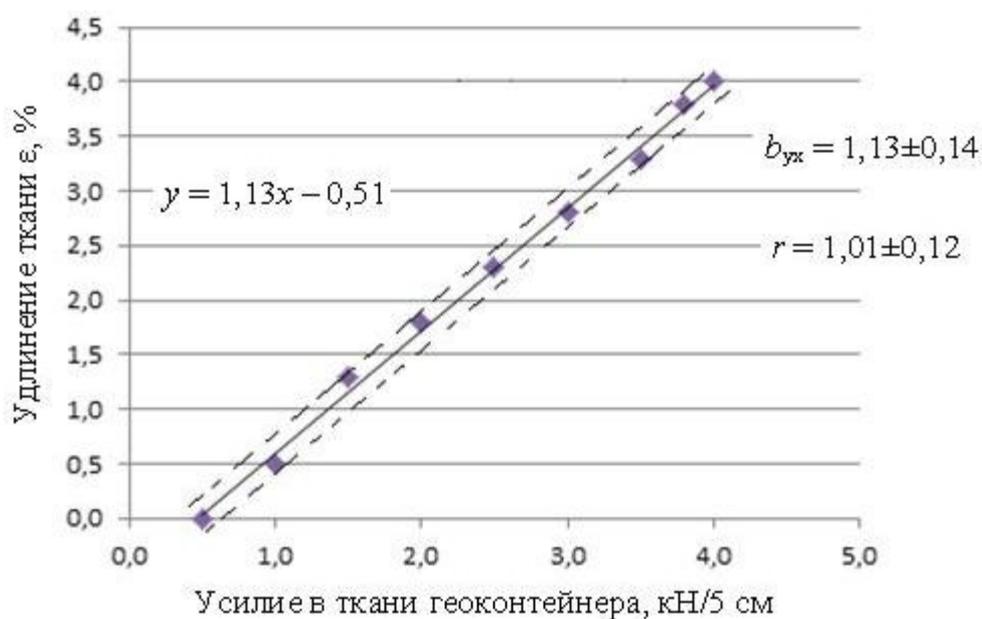
Основные физико-механические свойства и прочностные характеристики геотекстильного контейнера во многом зависят от типов и параметров материала для его изготовления.

Для обоснования типов материалов геотекстильных контейнеров были выбраны два образца ткани с различными параметрами и прочностными характеристиками. Были проведены экспериментальные исследования прочности ткани на разрывные нагрузки, удлинение при разрыве и стандартной нагрузки. По данным обработки опытов построены графики зависимости величины растяжения ткани от приложенной нагрузки, которые позволили оценить прочность и гибкость материала и дать рекомендации по подбору ткани для изготовления геотекстильных контейнеров.

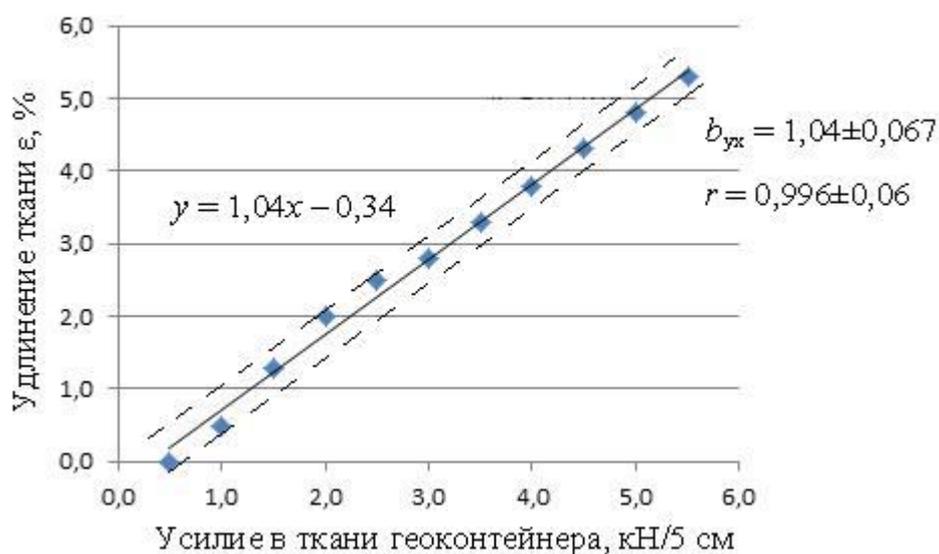
Для подбора материала были выбраны два образца ткани – ТЛФ-5-2 (ТУ 8378-020-00320934-98) и ТБГ (ТУ 8378-020-00320934-98), приобретенные у производителя технических тканей ОАО «Курская фабрика технических тканей», г. Курск. Результаты испытаний технических тканей приведены в таблице 1 и на рисунках 3, 4.

**Таблица 1 – Результаты испытаний технических тканей**

Наименование ткани	Средняя разрывная нагрузка, кН на экспериментальный образец: 5 см – ширина, 20 см – длина		Относительное удлинение при нагрузке, %	
	по основе	по утку	по основе	по утку
ТБГ	4,25	3,77	4,0	4,0
ТЛФ-5-2	6,39	5,78	5,3	10,5



**Рисунок 3 – График подобранной функции при разрыве ткани ТБГ по основе**



**Рисунок 4 – График подобранной функции при разрыве ткани ТЛФ-5-2 по основе**

Испытания показали, что ткань ТЛФ-5-2 способна выдерживать разрывные нагрузки до 6,39 кН/5 см – по основе и до 5,78 кН/5 см – по утку. Это в полтора раза больше, чем может выдержать ткань ТБГ. Удлинение у нее в два раза больше, чем у ткани ТБГ.

Однако это не означает, что при выборе материала для изготовления контейнера однозначно будет выбрана ткань ТЛФ-5-2. Ткань будет подбираться в зависимости от условий, в которых будут рабо-

тать геотекстильные контейнеры. В случае, где нужно обезвоживать небольшие объемы шлама или донных отложений (отстойники на производстве), предпочтительней будет ткань ТБГ, т. к. ее физико-механические свойства хотя и меньше, но вполне удовлетворяют требованиям данного вида работ, а стоимость почти в два раза ниже ткани ТЛФ-5-2.

Эмпирическая зависимость для материала ТЛФ-5-2 имеет вид:

$$T = \frac{\varepsilon}{1,04} - 0,33,$$

где  $T$  – усилие в материале, кН/м,

$\varepsilon$  – относительная деформация в %,

$$\varepsilon = \frac{L_{\text{деф}} - L_0}{L_0},$$

где  $L_{\text{деф}}$  – длина периметра геоконтейнера, заполненного иловым материалом;

$L_0$  – начальная (заводская) длина геоконтейнера.

Для материала ТЛФ-5-2 получена эмпирическая зависимость для усилия в материале ( $T$ , кН/м):

$$T = 1,04 \left( \frac{L_{\text{деф}}}{L_0} - 1 \right).$$

Так как для деформированного состояния усилия в геоконтейнере равны:

$$T = \frac{\gamma L_{\text{деф}}^2 \cdot \sin^2 \theta}{16 \left[ \frac{\pi}{2} + \frac{\ln \cos \theta}{\ln [0,35(1 - 0,2 \cos \theta)]} - \ln \sqrt{e^\pi - (e^\pi - e^2) \cdot \sin^2 \theta} \right]^2},$$

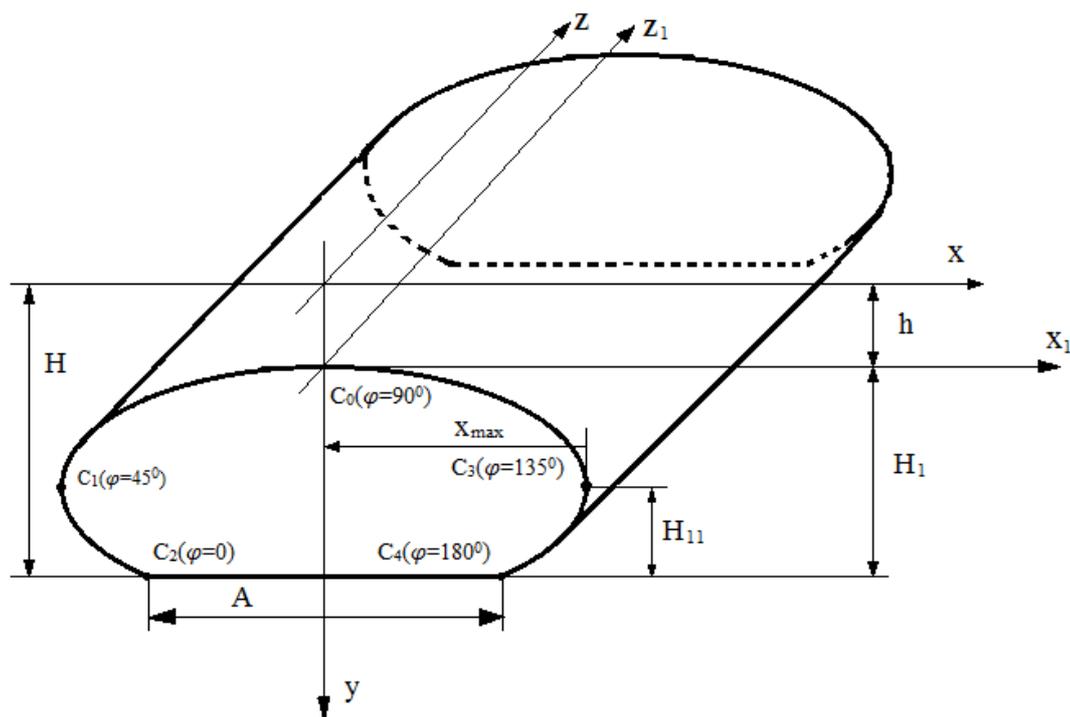
то это позволяет определить  $L_{\text{деф}}$ .

Несколько иное выражение получаем для материала ТБГ, позволяющее определить периметр геотекстильного контейнера в деформированном состоянии ( $L_{\text{деф}}$ ):

$$T = 1,13 \left( \frac{L_{\text{деф}}}{L_0} - 1 \right) + 0,5 \left( \frac{L_{\text{деф}}}{L_0} - 1 \right)^2.$$

По величине деформированного периметра в конечном состоянии находим высоту геоконтейнера ( $H_1$ ), площадь поперечного сечения ( $\omega$ ), объем илового материала в геоконтейнере ( $V = \omega B$ ), геомет-

рические параметры геоконтейнера ( $A, X, y, h, H$  и др.), показанные на рисунке 5.



**Рисунок 5 – Расчетная схема геотекстильного контейнера**

### **Выводы**

1 В настоящее время ввиду критического экологического состояния малых рек необходимо проведение мероприятий по восстановлению и очистке их русел, а также оздоровлению всего бассейна.

2 Развитие химической промышленности позволило предложить новую современную технологию проведения очистных и восстановительных работ малых рек с применением геотекстильных контейнеров высокой прочности. Предложена новая конструкция контейнеров многократного применения.

3 Были проведены испытания отечественных технических тканей ТБГ и ТЛФ-5-2 на разрывную нагрузку и на растяжение, результаты которых позволили дать рекомендации по подбору материала для производства геотекстильных контейнеров.

### **Список использованных источников**

1 Волосухин, В. А. Конструирование и расчет гибких контейнеров из тканевых материалов высокой прочности / В. А. Волосухин, А. С. Кравченко // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Науч-

ные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО». – Волгоград, 2014.

2 Волосухин, В. А. Основы расчета геотекстильных контейнеров из тканевых материалов высокой прочности / В. А. Волосухин, Т. Н. Меркулова, А. С. Кравченко // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 2. – С. 50-57.

3 Меркулова, Т. Н. Технические средства мелиорации малых рек на урбанизированных территориях / Т. Н. Меркулова, А. С. Кравченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 27-29.

4 Заявка на изобретение № 2013123673/20(034051) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www1.fips.ru/fips\\_servl/fips\\_servlet](http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet).

5 Абдель-Бара, Е. М. Полимерные пленки / под ред. Г. Е. Заикова: [пер. с англ.]. – СПб.: Профессия, 2005. – 352 с.

6 Волосухин, В. А. Расчет геотекстильных контейнеров из полипропилена / В. А. Волосухин, Т. Н. Меркулова, А. С. Кравченко // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Техносферная безопасность». – Вып. XIV. – Ростов-на-Дону. – Новомихайловский, 2012.

УДК 626.81:004.14

**С. М. Гаврилюк, Г. А. Сенчуков, В. Д. Гостищев**

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

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАССЕЙНА РЕКИ САЛ**

В статье проведены обзор и анализ водохозяйственной обстановки бассейна реки Сал. Рассмотрены возможные мероприятия по оздоровлению водохозяйственного комплекса малых рек бассейна реки Сал. Сделан вывод о необходимости разработки комплекса мероприятий по охране окружающей среды и природных ресурсов в сложившихся условиях, т. к. проблемы сохранения и восстановления малых рек бассейна р. Сал, являющегося одним из важнейших экологических, экономических и нравственных факторов жизни районов Ростовской области, приобретают большую актуальность.

Ключевые слова: малые реки, деградация, восстановление, комплекс мероприятий, экологическое равновесие.

На территории Ростовской области протекает 126 малых рек общей протяженностью более 9 тыс. км, образующих 26 бассейнов.

Малые реки в степной зоне являются основными источниками обеспечения водой населенных пунктов, промышленности и сельскохозяйственного производства. В условиях полузасушливого климата,

с малоснежной зимой и продолжительным жарким летом, экологическое состояние малых рек приобретает жизненно важное значение.

Острый дефицит воды отмечается в бассейнах таких рек, как Сал, Миус, Маныч, Мокрый Еланчик, Северский Донец, Тузлов, Кагальник Донской, Кагальник Азовский, Большая Каменка, Глубокая, Грушевка, Лихая.

Малые реки деградируют из-за распашки земель до уреза воды, размыва глухих плотин и других перегораживающих сооружений неинженерного типа в весенние половодья и дождевые паводки, в результате чего подпитывающие малые реки и родники начали исчезать, реки интенсивно заиливаются, зарастают болотной растительностью, поднимается уровень грунтовых вод. Все это приводит к заболачиванию и засолению степных земель, уменьшению стока и ухудшению качества воды [1].

Водность реки, сток наносов и ограничивающие условия в руслообразовательных процессах, определяющие нарушение одного из них, приводят к размыву, заилению или перемещению русла в плане. Поэтому при хозяйственном освоении рек необходимо эти деформации прогнозировать и учитывать, не допуская неблагоприятных процессов, а там, где они произошли, анализировать и выявлять причины, чтобы методически правильно бороться с нежелательными последствиями и причинами, породившими их.

Деградация малых и средних рек особенно интенсивно происходит в последние четыре десятилетия. Это обмеление коренного русла при его заилении или занесении песчаными наносами; подпор грунтового потока в пределах поймы; засоление и заболачивание поймы; химическое, биологическое, тепловое и т. п. загрязнения; видоизменение фито- и зообиоценозов в пределах русла и поймы и другие неблагоприятные процессы, снижающие ценность малых рек как объектов производительных сил природы. В результате проведения комплекса мероприятий вредные процессы могут быть остановлены. Таким образом стимулированием полезных процессов рекам можно частично или полностью вернуть утраченный режим [2].

Решение проблемы сохранения и восстановления малых рек бассейна Сала приобретает большую актуальность как один из важнейших экологических, экономических и нравственных факторов жизни [3].

Осуществление данного вида деятельности всегда носило комплексный характер и требовало участия самого широкого круга заинтересованных сторон.

Учитывая исключительную важность данного вопроса для обеспечения водными ресурсами населения и всего водохозяйственного комплекса области и не только в настоящее время, но и на перспективу, большую его природоохранную и экономическую значимость, областной Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов в сложившихся условиях начал искать новые формы и возможности по продолжению начатого дела.

Мероприятия по охране реки от истощения и загрязнения должны быть взаимно связаны и представлять единый комплекс, в который должны входить благоустройство и облесение водосбора; агротехнические мероприятия по задержанию снега и накоплению влаги, по уменьшению водной и ветровой эрозии; расчистка рек и водоемов; строительство очистных сооружений; соблюдение режима водоохранных зон и прибрежных полос; сохранение лесных участков.

Расчистка русла без создания водоохраных зон с водозащитными лесными полосами на пойме и без противоэрозийных мероприятий в наиболее опасных местах малоэффективна. Реки быстро заиливаются и через 3-5 лет приобретают прежний угнетенный вид. Выполнение расчистки в комплексе с водоохранными мероприятиями, безусловно, является эффективным приемом по оздоровлению реки.

Как уже было сказано, в связи с недостаточным финансированием мероприятия по оздоровлению малых рек в настоящее время проводятся медленно и находятся в различной стадии исполнения, а необходимость продолжения этих работ остается. Поэтому рассмотрим бассейн р. Сал, где проводились работы и имеются планы продолжения их проведения, подготовленные коллективом института ФГБНУ «РосНИИПМ».

В зоне деятельности управления водных ресурсов бассейна р. Сал находится семь административных районов Ростовской области: Дубовский, Заветинский, Ремонтненский, Мартыновский, Семикаракорский, Орловский и Зимовниковский, по территории которых проходят русла 13 малых рек. Реки Джурак-Сал, Булукта, Загиста, Амта, Кара-Сал, Акшибай, Большой Гашун, Малый Гашун, Ерик, Ку-

берле, Малая Куберле, Большая Куберле, Двойная относятся к бассейну р. Сал.

Все малые реки сходны между собой, имеют извилистое русло и являются типичными степными реками. Местный сток этих рек используется в основном на полив огородов частного сектора близлежащих населенных пунктов и разведение домашней птицы, КРС и овецводства. Забор воды осуществляется из меженного стока, образующего необходимую санитарную проточность в реке, при этом водопользование часто не обеспечивается, возникают дефициты воды. Для их покрытия в русле рек возводятся подпорные плотины, что приводит к полному изъятию меженного стока, поступающего с вышерасположенных участков, истощению водных ресурсов, ухудшению санитарного состояния рек. В результате обследования выявлено, что большинство русловых плотин по конструкции глухие (без водосбросных сооружений). В целях предотвращения дальнейшей деградации рек, восстановления их экологического равновесия предусматриваются первоочередные и второочередные мероприятия по ГТС в результате обследования существующих плотин и прудов с выработкой предложений по режиму их дальнейшего использования или по их ликвидации (таблица 1).

**Таблица 1 – Количество ГТС по очередности выполнения мероприятий**

Район	1 очередь	2 очередь
Заветинский	33	15
Дубовский	1	31
Мартыновский	0	2
Орловский	6	38
Ремонтненский	9	22
Семикаракорский	2	1
Зимовниковский	13	44
Итого	64	153

Из 217 прудов и водохранилищ, имеющих в бассейне р. Сал на 2013 г., ликвидации подлежат 137 прудов емкостью менее 200 тыс. м<sup>3</sup> каждый. Средняя глубина колеблется в пределах от 0,62 до 1,29 м при среднем слое испарений с водной поверхности 1030-1200 мм в год, т. е. зарегулированный сток в прудах расходуется на покрытие потерь на испарение.

После ликвидации неэффективных прудов водность р. Сал в меженный период ниже слияния рек Джурак-Сал и Кара-Сал увели-

чится в самый маловодный месяц (сентябрь) в три раза. В нынешних же условиях сток реки с июня по январь на этом участке практически отсутствует. Благодаря проведению комплекса мероприятий дефициты водопотребления снизятся.

Ухудшение состояния степных рек снизило их рыбохозяйственное значение. Река Сал и ее притоки реки Джурак-Сал, Большой Гашун, Малый Гашун, Большая Куберле, Малая Куберле являются основными нерестовыми реками рака. В бассейне этих рек развито любительское раколовство.

В бассейне Сала реки практически не пригодны для отдыха, так как на их берегах отсутствуют лесные насаждения, прибрежные полосы распаханы, в целом бассейн имеет низкое рекреационное значение. Сток этих рек неравномерно распределяется по сезонам, наибольшая часть стока проходит в период весеннего половодья, прекращаясь в летний период, в маловодные годы водотоки пересыхают сроком до 5-6 месяцев, все это негативно сказывается на условиях отдыха и купания.

Жители сел и поселков, проживающие на берегах рек, одобрительно относятся к мероприятиям по восстановлению естественных русловых процессов.

Сегодня требуется проявить заинтересованность и заботу органам власти, хозяйственным структурам и жителям, чтобы только еще зарождающаяся надежда – вернуть нашим рекам былое величие – оправдалась.

### **Список использованных источников**

1 Вода России. Малые реки / под науч. ред. А. М. Черняева. – Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2001. – 804 с.

2 Евстеев, П. Д. Пути восстановления водности малых рек степной зоны / П. Д. Евстеев. – Ростов-на-Дону: Южгипроводхоз, 1984. – 116 с.

3 Восстановление и охрана малых рек: Теория и практика / [пер. с англ. А. Э. Габриляна, Ю. А. Смирнова.]; под ред. К. К. Эдельштейна, М. И. Сахаровой. – М.: Агропромиздат, 1989. – 317 с.

**А. С. Капустян**

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

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОКА ДРЕНАЖНЫХ ВОД С ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Рассмотрена система наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши, действующая на сети Росгидромета. Приведены данные состояния учета стока дренажных вод в эксплуатационных организациях Департамента мелиорации Минсельхоза России. Отмечено, что наблюдения за показателями дренажного стока на оросительных системах России в настоящее время проводятся не во всех Управлениях по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению из-за отсутствия соответствующих эксплуатационных структур и финансирования данных видов работ, а восстановление контроля за показателями стока дренажных вод с орошаемых территорий, кроме обеспечения финансирования, требует разработки нормативно-методических документов, регламентирующих данные наблюдения.

Ключевые слова: система наблюдений, сток дренажных вод, учет стока, створ наблюдений, пункт наблюдений.

Система наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши является составной частью государственного мониторинга и государственной службы наблюдений за состоянием окружающей природной среды.

Организацию и осуществление государственного мониторинга природной среды обеспечивают в пределах своей компетенции специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти [1]:

- Министерство природных ресурсов Российской Федерации;
- Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- Министерство сельского хозяйства Российской Федерации и другие органы исполнительной власти.

В пределах своей компетенции названные органы формируют государственную систему наблюдений за состоянием окружающей среды и обеспечивают функционирование этой системы, взаимодействуют с органами государственной власти субъектов Российской Федерации по вопросам организации и функционирования системы, осуществляют сбор, хранение, аналитическую обработку и формиро-

вание государственных информационных ресурсов о состоянии окружающей среды и использования природных ресурсов.

Система наблюдений должна обеспечивать непрерывное и своевременное получение и доведение информации до потребителя, единство методов сбора, обработки, хранения данных, создания и ведения банков данных о состоянии поверхностных вод суши, их загрязнении, распространение полученной в результате наблюдений информации, возможность ее обмена и включения в нее других ведомственных систем.

В основе организации и проведения наблюдений должны быть заложены следующие основные принципы [1]:

- комплексность и систематичность наблюдений;
- согласованность сроков их проведения с характерными гидрологическими ситуациями;
- определение состава и свойств воды по единым или сопоставимым методикам.

Комплексность наблюдений обеспечивают одновременным проведением наблюдений по гидрохимическим, гидрологическим и биологическим показателям.

Наблюдения за загрязнением поверхностных вод проводятся организациями нескольких министерств и ведомств, особое место среди них отводится системе Росгидромета, на сети пунктов наблюдений которой в настоящее время базируется государственная служба наблюдений (ГСН).

В соответствии с РД 52.04.567 государственная наблюдательная сеть подразделяется на две категории [2]: основная и дополнительная.

Основная наблюдательная сеть предназначена для изучения режима и состояния поверхностных вод суши, их загрязнения по стране в целом или по крупным ее регионам.

Дополнительная наблюдательная сеть предназначена для решения локальных задач по изучению состояния поверхностных вод суши, а также уровня их загрязнения в особых физико-географических и климатических районах.

Основополагающими документами, регламентирующими деятельность системы наблюдений, являются разработанные в разные годы нормативно-методические документы [1-3].

Наблюдения по физическим, химическим и биологическим показателям осуществляют организации наблюдательной сети Росгидромета.

Непосредственное руководство и общий надзор за работой организации наблюдательной сети осуществляет в соответствии с РД 52.04.567 государственное учреждение Межрегиональное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ГУ УГМС).

Для проведения режимных наблюдений за загрязнением воды водоемов, водотоков формируют сеть пунктов наблюдений.

В первую очередь пункты наблюдений организуют на водоемах и водотоках, имеющих большое хозяйственное значение или подверженных значительному загрязнению промышленными, хозяйственно-бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами.

Пунктом наблюдений за загрязнением поверхностных вод считают место на водоеме или водотоке, в котором производят комплекс работ для получения данных о составе и свойствах воды, предназначенных для последующего обобщения во времени и пространстве и представления обобщенной систематической информации заинтересованным организациям.

Под пунктом наблюдений следует понимать весь участок водоема или водотока, на котором расположен населенный пункт, но не отдельные источники загрязнения [1]. Название пункта дается по наименованию ориентира (населенного пункта, устья реки, плотины и т. д.). Совокупность пунктов наблюдений конкретного вида, построенная по научно обоснованному принципу, представляет собой сеть пунктов наблюдений.

В пункте наблюдений может быть один или несколько створов наблюдений – поперечных сечений водотока или водоема, в которых производят комплекс работ для получения данных о показателях состава и свойствах воды.

Один створ на водотоках организуют в следующих случаях:

- при отсутствии организованного сброса сточных вод;
- на незагрязненных участках водотоков;
- на предплотинных участках рек;
- в тех местах, где водоток пересекает государственную границу.

Два и более створа организуют на водотоках при наличии организованного сброса сточных вод следующим образом:

- один из створов располагают выше источника загрязнения (вне влияния рассматриваемых сточных вод);

- остальные створы располагают ниже источника (или группы источников) загрязнения.

Характер и степень загрязненности вод под влиянием источников загрязнения определяют путем сравнения фоновых значений показателей (створ выше источника загрязнения) с показателями воды в пробе, отобранной ниже источника загрязнения с учетом времени добегания.

Верхний створ устанавливают на 1 км выше источника загрязнения, место расположения створов ниже источника (или группы источников) загрязнения выбирают с учетом всего комплекса условий, влияющих на характер распространения загрязняющих веществ в водотоке. Способы определения створа смешения приведены в РД 52.24.634 и других рекомендациях [3].

При наличии группы источников загрязнения верхний створ располагают выше первого источника, нижний – ниже последнего. Исходя из интересов собственников земли, между створами выше и ниже источников загрязнения можно установить дополнительные створы, которые должны охарактеризовать влияние отдельных источников загрязнения. При наличии на водотоке нескольких рукавов створы располагают на тех из них, где наблюдаются наибольшие расходы воды и (или) нарушение норм качества воды водотоков.

На водоемах наблюдения проводят по водоему в целом или на его отдельных загрязненных участках.

Прошедшие за последние годы социально-экономические преобразования в агропромышленном комплексе России, связанные с приватизацией земель сельскохозяйственного назначения, привели к снижению эффективности эксплуатации оросительных систем в целом и учета показателей стока с орошаемой территории в частности.

Для оценки состояния учета стока дренажных вод на оросительных системах России в адрес эксплуатационных организаций, подведомственных Депмелиорации Минсельхоза России, были разосланы письма-запросы для сбора информационных материалов:

- краткая характеристика объектов наблюдений;

- виды наблюдений, определяемые показатели, формы и сроки отчетности;

- методы и приборы, используемые для наблюдений;

- службы, подразделения, осуществляющие учет стока.

Запросы были разосланы во все Управления региональных учреждений мелиорации России, на обслуживании которых согласно мелиоративного кадастра находятся площади орошаемых сельскохозяйственных угодий с дренажем. Анализ полученной от большинства региональных учреждений мелиораций информации показал, что регулярные наблюдения за показателями дренажного стока осуществляются не во всех регионах России.

Учет и контроль количественных и качественных показателей стока дренажных вод с орошаемых площадей в настоящее время проводят Управления по мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения в Ростовской области, Республике Калмыкии, Астраханской области. Поделилось опытом проведения учета в прошлые годы Управление ФГБУ Кабардино-Балкарской Республики и Ставропольского края.

На оросительных системах Ростовской области наблюдения за количественными и качественными показателями дренажного стока осуществляет гидрогеологомелиоративная партия (РГМП) и филиалы ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Основной целью работ является организация и проведение ведомственного и производственного контроля за объемом и качеством воды, сбрасываемой по коллекторно-дренажной сети, для оценки влияния коллекторно-дренажного стока на водные объекты.

Работы ведутся в Азовском, Аксайском, Веселовском, Багаевском, Семикаракорском, Волгодонском, Донском филиалах ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» по 33 коллекторно-дренажным системам, находящимся на балансе Управлений оросительных систем и Управления эксплуатации Донского магистрального канала, и трем источникам орошения в соответствии с графиком лабораторного контроля.

Отбор проб воды производится по точкам в устьевой части каждого обследуемого коллектора, расположение которых согласовано с филиалами учреждения. Перечень определяемых показателей согласован с территориальным органом Федерального агентства водных ресурсов.

Метод отбора проб выбирают в зависимости от глубины отбора пробы, цели исследований и перечня определяемых показателей с таким расчетом, чтобы исключить возможные изменения определяемого показателя в процессе отбора.

На водоприемниках пробы отбираются в закрепленных точках 500 м выше и 500 м ниже впадения коллекторов. Эти точки нанесены на картах-схемах оросительных систем.

Отбор проб воды проводится в течение месяца согласно графика и до 5-го числа следующего месяца. Филиалам Управлений предоставляется протокол лабораторного анализа воды.

Данные по учету количественных показателей стока, а также методы и приборы, используемые для наблюдений, находятся в филиалах Управления «Ростовмелиоводхоз».

На территории Республики Калмыкии учет стока и выноса растворенных веществ с орошаемых территорий ведется на Сарпинской оросительно-обводнительной системе.

Объект наблюдений – сбросная часть канала ВР-1, в которую поступают дренажные и сбросные воды с рисовых чеков хозяйств Октябрьского района. По каналу ВР-1 дренажно-сбросные воды поступают в озеро Сарпа.

Наблюдения ведутся за уровнем воды и скоростью потока для определения расхода. Скорость потока измеряется гидрометрической вертушкой ГР-21М.

Ежемесячно в вегетационный период отбираются пробы воды для определения качественных показателей дренажно-сбросных вод.

Химический анализ воды проводится в испытательной лаборатории ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз». Определяемые качественные показатели – водородный показатель рН, гидрокарбонат- и карбонат-ионы, хлориды, сульфаты, кальций, магний, сухой остаток, сумма натрия и калия, жесткость.

Анализы проводятся по стандартным методикам. Применяемые приборы – рН-метр, рН-150М, электрошкафы сушильные, водяные бани, аквадистилляторы, весы электронные аналитические Shinko AF-R220CE 220g·0,0001.

Количественный учет стока ведет Сарпинский филиал ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз», определение качественных показате-

телей стока проводит испытательная лаборатория ФГБУ «Управление «Калммелиоводхоз».

В Астраханской области учет и контроль количественных и качественных показателей стока дренажно-сбросных вод ведется в Черноярском и Камызякском районах.

По данным за 2012 год в Черноярском районе (Утаковская ОС) сброс дренажных вод осуществляется в протоку Казачий. Всего за год отведено нормативно-чистой воды 6895 тыс. м<sup>3</sup>.

В Камызякском районе сброс дренажных вод осуществляется по четырем водным объектам дельты р. Волга: ерик Черепашка, протока Большая Черная, протока Широкая, ерик Кафтаник.

Ерик Черепашка (система 0-71) протекает по территориям Приволжского и Камызякского районов области. Объем сброса дренажных вод не должен превышать 50309 тыс. м<sup>3</sup>/год. Всего отведено 3523 тыс. м<sup>3</sup>/год нормативно-чистой воды.

Протока Большая Черная (система Коммунар) относится к рукаву Царев. Объем сброса не должен превышать 34904 тыс. м<sup>3</sup>/год. Всего отведено 8359 тыс. м<sup>3</sup>/год нормативно-чистой воды.

Протока Широкая (система 0-69 Южная) относится к рукаву Кривая Болда, водохозяйственный участок 11.01.00.025. Объем сброса не должен превышать 29510 тыс. м<sup>3</sup>/год. Всего отведено 6339 тыс. м<sup>3</sup>/год нормативно-чистой воды.

Ерик Кафтаник (0-69 Северная) в 10 км северо-восточнее п. Чилимный Приволжского района Астраханской области относится к рукаву Прямая Балда, водохозяйственный участок 11.01.00.025. Объем сброса дренажных вод не должен превышать 32736 тыс. м<sup>3</sup>/год. Всего отведено 6553 тыс. м<sup>3</sup>/год нормативно-методической воды.

Учет объемов стока дренажных вод во всех районах Астраханской области ведется косвенным методом, а контроль качества осуществляется лабораторией экологического контроля ФГУ Государственный центр агрохимической службы «Астраханский».

Не ведутся наблюдения в Амурской, Владимирской, Рязанской областях, Пермском и Приморском краях из-за отсутствия в региональных учреждениях мелиорации структур, обеспечивающих данный вид работ.

В заключение следует отметить следующее:

- реализация Экологической доктрины Российской Федерации предусматривает наличие информации о состоянии природной среды и уровня ее загрязнения;

- для получения таких сведений организованы и функционируют службы наблюдений разных министерств и ведомств, осуществляющие в пределах своей компетенции мониторинг окружающей среды и контроль в области окружающей среды;

- наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши производятся организациями ряда министерств и ведомств, включая Министерство сельского хозяйства России, особое место среди которых занимает система Росгидромета;

- наблюдения за показателями дренажного стока на оросительных системах России в настоящее время проводятся не во всех Управлениях по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению из-за отсутствия соответствующих эксплуатационных структур и финансирования данных видов работ;

- восстановление контроля за показателями стока дренажных вод с орошаемых территорий, кроме обеспечения финансирования, требует разработки нормативно-методических документов, регламентирующих данные наблюдения.

### **Список использованных источников**

1 Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета: РД 52.24.309-2004: утв. Росгидрометом 28.10.2004: введ. в действие с 01.01.2006 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

2 Положение о государственной наблюдательной сети: РД 52.04.567-2003: утв. Росгидрометом 01.07.2003: введ. в действие с 01.07.2003 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

3 Методические указания по уточнению местоположения створов (пунктов) наблюдений и режимов отбора проб на основе использования трассерных методов изучения гидродинамических характеристик водных объектов: РД 52.24.634-2002: утв. Росгидрометом 16.05.2002: введ. в действие с 01.01.2003 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

**О. Н. Матвиец**

Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, Киев, Украина

## **ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОГО САДА**

Приведены результаты опытов, проведенных в 2009-2011 годах в яблоневом саду интенсивного типа в условиях низменной зоны Закарпатья (Береговский район, с. Гать, ООО «Артос») на дерновых оподзоленных вязких среднесуглинистых почвах с использованием воды из поверхностного источника – искусственного водоема, созданного путем расширения проходящего возле территории сада канала Мерце. Выявлено, что поливная вода соответствует требованиям экологически безопасного земледелия, что позволяет использовать ее в необходимых количествах для орошения яблоневого сада без существенного антропогенного влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: водные ресурсы, водопользование, орошение, интенсивный сад, химический состав воды, оценка качества поливной воды.

**Актуальность.** В садоводстве Украины яблоня является основной культурой. В структуре плодовых насаждений ее доля составляет более 70 % площади [1]. Яблоки преобладают и в общей массе произведенных плодов и ягод. Однако существующий уровень их производства (27-31 кг/чел.) не обеспечивает разработанную Институтом питания научно обоснованную минимальную годовую норму потребления, которая составляет 50-60 кг яблок на душу населения [2].

Закарпатье расположено в зоне достаточного увлажнения. Яблоня в этом регионе занимает 72,5 % площади всех плодовых насаждений. Ее распространение объясняется благоприятными почвенно-климатическими условиями для выращивания ценных сортов яблок, которые дают значительные прибыли товаропроизводителям. В благоприятные годы естественная природная влагообеспеченность региона обеспечивает формирование в интенсивных насаждениях 25-30 т/га плодов [3].

Климатические особенности в последние годы сопровождались дефицитом влаги и неконтролируемыми поступлениями осадков к растениям естественным путем, особенно в жаркие периоды года, что в основном не совпадало с биологическими потребностями культур. Для гарантированного получения плодов стандартного качества около 40-80 т/га необходимо проведение орошения, для чего активно используются ресурсы пресных вод региона.

В Закарпатье протекает 9429 рек и протоков. Крупнейшая из них – Тиса, которая является левым притоком Дуная. В границах области ее протяженность составляет 240 км. В регионе расположено также 137 естественных озер, в основном ледникового происхождения. Самое большое и глубокое из них – Синевир [4]. Но для использования данного водного потенциала малых рек и озер в сельском хозяйстве необходимо проведение ряда подготовительных работ. Важными факторами являются обеспечение плодовых насаждений водой хорошего качества и в достаточном количестве.

Для зоны достаточного увлажнения капельное орошение является наилучшим методом полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемы-ми малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц.

Проблема рационального использования и качества оросительной воды является весомой составляющей общих требований к технологическому процессу капельного орошения и охраны окружающей среды [5].

Понятие «качество воды» имеет динамический характер, которое меняется вместе с ее химическим составом и ростом антропогенного воздействия на окружающую среду. Для оценки качественных и количественных изменений грунтовой толщи под влиянием орошения необходимо постоянно вести комплексное наблюдение за химическим составом поливных вод по ряду агрономических, технических и экологических критериев.

**Цель исследований.** В целях предотвращения негативного антропогенного воздействия на почву изучали процессы изменения показателей качества поливной воды при капельном орошении в яблоневом саду в условиях низменной зоны Закарпатья.

**Условия и методика исследований.** Опыты проводились в 2009-2011 годах в яблоневом саду интенсивного типа в условиях низменной зоны Закарпатья (Береговский район, с. Гать, ООО «Артос») на дерновых оподзоленных вязких среднесуглинистых почвах.

Для орошения опытного участка использовали воду из поверхностного источника – искусственного водоема, созданного путем расширения проходящего возле территории сада канала Мерце. От насосного агрегата вода через узел фильтрации по распределени-

тельному и раздаточному трубопроводам транспортировалась на оросительные ряды.

Сад окружен сетью открытых осушительных каналов глубиной более 2,0 м, которые обеспечивали сток воды во влажные периоды года. Грунтовых вод на обследуемых участках на глубине до 200 см не обнаружено.

Пригодность воды для капельного орошения оценивали по степени ее воздействия на почву, растения и элементы оросительной сети. Для ее оценки проведен расчет показателей качества по угрозе вторичного засоления, осолонцевания, ощелачивания грунтов и токсического влияния ее на растения согласно ГОСТ 2730-94.

Химический состав воды изучали в течение вегетационного периода. Отбор проб проводили в начале и в конце вегетации. Все анализы выполнены в ГП «Центральная научно-исследовательская лаборатория качества воды и почвы» Института водных проблем и мелиорации НААН Украины.

Оценка качества оросительной воды по опасности вторичного засоления почвы проведена на основе определения показателя общей концентрации токсичных ионов (в эквивалентах хлора) с учетом гранулометрического состава.

Устанавливая качество воды по опасности ощелачивания почвы, во внимание принимались такие показатели, как рН, щелочность от нормальных карбонатов ( $\text{CO}_3^-$ ) и токсическая щелочность ( $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ ) поливной воды с учетом реакции почвенной среды.

Расчет суммы токсичных солей в эквивалентах хлора велся по формуле:  $\text{эCl}^- = \text{Cl}^- + 0,2 \text{SO}_4^{2-} + 0,4 \text{HCO}_3^- + 10 \text{CO}_3^{2-}$ .

Качество оросительной воды по опасности осолонцевания почвы определяли по величине отношения (в процентах) суммы щелочных катионов калия и натрия к сумме всех катионов с учетом противосолонцующей буферности и гранулометрического состава почвы, величины отношения в оросительной воде ионов магния к кальцию и класса воды по опасности засоления или подщелачивания почв.

По опасности токсического воздействия на растения вода оценивалась с учетом общей и токсической щелочности, щелочности от нормальных карбонатов и содержания ионов хлора.

Воду из открытого источника орошения в период массового размножения («цветения») фитопланктона (одноклеточные водоросли и цианобактерии) предварительно очищали с помощью обратного клапана с сеткой, фильтров грубой и тонкой очистки.

**Результаты исследований.** Минерализация (сумма минеральных веществ) исследуемых образцов воды в течение 2009-2011 годов составляла в среднем 0,41-0,45 г/л, что позволяет отнести ее к классу наименее вредной по химическому составу для почв (таблица 1). И, хотя динамика общей минерализации изменялась в довольно широких пределах от 0,37 до 0,56 г/л, она все же относилась к пресной (не превышала 0,3-0,6 г/л) и по ирригационной классификации была пригодна для орошения без применения химических мелиорантов, и соответствовала требованиям экологически безопасного земледелия.

По величине водородного показателя рН, который определяет реакцию водной среды, источник орошения меняет свое значение от нейтрального (рН = 6,84) до слабощелочного (рН = 7,6) (таблица 2). Эти колебания незначительны и являются допустимыми в поливной практике.

Для среднесуглинистых почв, по угрозе вторичного их засоления, поливная вода относится к I классу качества (пригодна для орошения), поскольку количество токсичных солей в эквивалентах хлора по годам в среднем составляет 1,1-1,8 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что не превышает допустимую концентрацию 10 мг-экв/дм<sup>3</sup> при нейтральной реакции почвенной среды.

По комплексной оценке влияния поливной воды на ощелачивание почвы, она относится к I классу, так как наличие нормальных карбонатов отсутствует, реакция водной среды в среднем по годам приближена к нейтральной, а величина токсичной щелочности ( $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ ) составляет менее предела допустимой нормы (2,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>) – 1,0-1,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Исследуемый водный источник по угрозе токсического воздействия на растения соответствует требованиям I класса, поскольку отсутствуют нормальные карбонаты в воде, а величина хлора составляет в среднем 0,7-0,9 мг-экв/дм<sup>3</sup> (менее 3,0), динамика содержания гидрокарбонатов в воде колеблется от 2,5 до 3,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 1 – Химический состав поливной воды для орошения сада**

Год	Дата отбора	Содержание ингредиентов, мг/дм <sup>3</sup>												pH	Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>
		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>-</sup>		
2009	4.04	0	158,6	17,8	80,0	64,0	14,4	7,4	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	343,8
	25.05	0	207,4	7,1	199,9	108,0	21,6	12,3	1,4	0,0	0,6	0,0	0,0	6,84	558,3
	25.06	0	213,5	21,3	124,0	80,0	26,4	11,1	1,8	0,0	1,3	0,0	0,1	7,0	479,5
	27.07	0	176,9	21,3	120,0	60,0	31,2	9,3	1,5	0,0	0,4	0,0	0,0	7,05	420,6
	19.11	0	152,5	17,8	92,0	56,0	24,0	7,8	2,0	0,0	19,0	0,9	0,0	7,2	372
Среднее		0	181,8	17,0	123,1	73,6	23,5	9,6	1,7	0,0	4,3	0,2	0,0	7,0	434,8
2010	11.05	0	244,0	35,5	46,0	80,0	16,8	12,3	2,2	0,1	2,4	0,0	0,1	7,3	439,4
	20.11	0	207,4	28,4	112,0	68,0	31,2	11,3	3,0	0,0	0,6	0,0	0,1	7,1	462
Среднее		0	225,7	32,0	79,0	74,0	24,0	11,8	2,6	0,0	1,5	0,0	0,1	7,2	450,7
2011	18.07	0	179,6	28,4	67,97	68	14,4	28,4	1	0	0	0	0,2	7,6	387,9
	20.09	0	195,2	17,8	112,0	68	26,4	10,1	1,6	0	1,2	0	0,1	7,0	432,3
Среднее		0	187,4	23,1	90,0	68	20,4	19,3	1,3	0	0,6	0	0,1	7,3	410,1

**Таблица 2 – Показатели качества и ирригационная оценка поливной воды**

Год	Дата отбора	Показатели качества, определенные в ГОСТ 2730-94							Ирригационная оценка по опасности, класс			
		содержание токсических солей, экв хлор	pH	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , мг-экв/дм <sup>3</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – Ca <sup>2+</sup> , мг-экв/дм <sup>3</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг-экв/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , мг-экв/дм <sup>3</sup>	$\frac{Na^+ + K^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}}$ , %	засоление почвы	ощелачивание почвы	токсическое воздействие на растения	осолонцевание почвы
2009	4.04	0,8	7,1	0	0,6	2,6	0,5	7,6	I	I	I	I
	25.05	1,1	6,84	0	1,4	3,4	0,2	7,3	I	I	I	I
	25.06	1,4	7,0	0	1,5	3,5	0,6	7,9	I	I	I	I
	27.07	1,3	7,05	0	0,9	2,9	0,6	6,9	I	I	I	I
	19.11	0,9	7,2	0	0,5	2,5	2,8	7,5	I	I	I	I
Среднее		1,1	7,0	0	1,0	3,0	0,9	7,4	I	I	I	I
2010	11.05	1,8	7,3	0	2,0	4,0	1,0	9,8	I	I	I	I
	20.11	1,4	7,1	0	1,4	3,4	0,8	8,6	I	I	I	I
Среднее		1,6	7,2	0	1,7	3,7	0,9	9,2	I	I	I	I
2011	18.07	1,2	7,6	0	0,9	2,9	0,8	11,2	I	I	I	I
	20.09	2,3	7,0	0	1,2	3,2	0,5	7,9	I	I	I	I
Среднее		1,8	7,3	0,0	1,1	3,1	0,7	9,6	I	I	I	I

Поливная вода относится к I классу качества и по опасности осолонцевания почвы, так как отношение суммы щелочных катионов к общему их количеству за все годы исследований колебалось от 6,9 до 11,2 % и не превышало 50 %.

Капельное орошение интенсивного яблоневого сада водой хорошего качества в комплексе с другими агроприемами обеспечило урожайность плодов около 30 т/га уже в год вступления растений в плодоношение, что позволило вернуть все капитальные вложения. В последующие годы продуктивность растений превышала 50 т/га. При этом уровень рентабельности производства в среднем за три года составил около 300 %.

**Выводы.** В низменной зоне Закарпатья поливная вода из имеющихся природных ресурсов по степени воздействия на почву и растения по всем агрономическим критериям и по ГОСТ 2730-94 отвечала первому классу. Значительной динамики по химическим показателям она за время исследований не испытывала и соответствовала требованиям экологически безопасного земледелия, что позволяет использовать ее в необходимых количествах для орошения яблоневого сада без существенного антропогенного влияния на окружающую среду.

#### **Список использованных источников**

1 Сластьон, Р. Ринок овочів і фруктів України / Р. Сластьон, Т. Висоцький. – Київ, 2010. – 96 с.

2 Статистичний щорічник України за 2011 рік / за ред. О. Г. Осауленко. – Київ: Август Трейд, 2012. – 558 с.

3 Любимова, Л. Яблуня на Закарпатті / Л. Любимова. – Ужгород: Закарпатська обл. науково-газетне видавництво, 1963. – 104 с.

4 Туризм по регионам. Закарпатская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ukrtourism.com/region-karpaty/area-zakarpatya\\_region/turizm\\_by\\_regions/list.html](http://www.ukrtourism.com/region-karpaty/area-zakarpatya_region/turizm_by_regions/list.html).

5 Якість природної води для зрошування. Екологічні критерії: ДСТУ 7286-2012: введ. в действие с 01.07.13. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. – 14 с.

**ПАРАМЕТРЫ РЕЛЬЕФА ДНА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
СКОРОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ В ОТКРЫТОМ КАНАЛЕ  
ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ИЗМЕНЕНИИ  
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА**

Рассмотрены некоторые аспекты переформирования донного рельефа при взаимодействии между открытым водным потоком и деформируемым руслом. Уточнены физические представления и аналитические зависимости, характеризующие взаимодействие потока и русла на начальной стадии формирования донного рельефа, для прогнозирования эффективности инженерных мероприятий по направленному регулированию речного стока, а также переформированию русла и его очистке от загрязненных донных отложений. Полученные результаты лабораторных опытов и математические зависимости позволят повысить точность и надежность экологических прогнозов переформирования русел открытых водотоков, в том числе малых рек.

Ключевые слова: экологическое прогнозирование, русловые процессы, переформирование рельефа открытых водотоков, влияющие факторы, кинематические и динамические характеристики русловых потоков.

Проблема рационального водопользования и охраны малых рек РФ не теряет своей актуальности, поскольку именно на малые реки приходится около 50 % объема речного стока по стране. Малые реки принимают с водой различные наносы и растворенные вещества, поступающие с водосборов, формируют средние и большие реки. На берегах малых рек проживает значительная часть населения России. Широкое хозяйственное использование малых рек приводит к дальнейшему ухудшению качества вод, накоплению загрязняющих веществ. Экологическое состояние водных объектов вообще, и особенно на урбанизированных территориях, в настоящее время, как правило, ухудшается из-за нарушения формирования стока, изменения температурного, химического режимов, а также различных типов загрязнения воды (например сточные воды, снеготопка и др.), и как следствие загрязнения – прогрессирующего заиления речных русел, уменьшения пропускной способности. Особенно это ощущается в настоящее время, когда открытые водотоки находятся под возрастающим, слабо контролируемым и многоплановым антропогенным воздействием.

При изменении водности потока, вызванной территориальным и временным перераспределением стока в связи со срезкой паводков,

накоплением весеннего стока либо с дополнительным обводнением для отведения стока, происходит интенсификация процессов размыва на одних участках русла и процессов заиления – на других.

В настоящее время различными авторами накоплен обширный материал, посвященный параметрам различных (установившихся) донных форм, обзор которых дан, например, в монографиях Н. С. Знаменской, К. В. Гришанина, В. С. Боровкова, В. К. Дебольского, А. Б. Клавена, З. Д. Копалиани, М. Ялина, Х. Шена и других.

Существуют различные гипотезы начала взвешивания твердых частиц потоком, возникновения и развития русловых форм, но не имеется единой точки зрения на причины возникновения неровностей на зернистой поверхности дна и переформирования русловых форм. Наиболее распространенными в настоящее время являются три подхода к объяснению зарождения песчаных волн на дне водотоков:

- образование донных гряд связано с вихревым характером обтекания частиц, слагающих дно (В. Н. Гончаров);

- образованию рельефа на дне турбулентного потока способствуют крупномасштабные упорядоченные структурные формирования, имеющие продольные размеры величины, близкой к глубине потока (Н. А. Михайлова, К. В. Гришанин). Высота образующегося рельефа по крайней мере на порядок меньше глубины потока;

- третий подход связан с передачей возмущений, возникающих на поверхности потока при некоторых значениях числа Фруда, ко дну (Дж. Кеннеди).

Экспериментальные данные М. А. Великанова, Дж. Кеннеди, В. С. Кнороза, Н. Н. Гришина, К. И. Россинского, Н. А. Ржаницына, Р. С. Чалова, К. В. Гришанина, А. Б. Векслера позволяют считать, что движение наносов мелкими скачками вблизи дна или качением по дну связано с образованием продольно-периодических возвышений, быстро преобразующихся в особую форму перемещающихся песчаных волн – микроформ.

Отрыв частиц от дна осуществляется под действием подъемных сил, возникающих в результате несимметричного обтекания лежащих на дне частиц. Перенос частиц потоком, опускание на дно и повторный их подъем обусловлены неравномерностью и неустойчивостью локальных скоростных полей, т. е. процессами турбулентного пере-

мешивания. Это способствует образованию местных размывов и местных отложений, которые сразу же начинают оказывать обратное воздействие на скоростное поле потока.

При этом создаются гидравлические условия, обеспечивающие подвижку частиц донного грунта, которая приводит в конечном счете к образованию русловых микроформ, так называемые критические условия.

Особенностью системы «поток–русло» является саморегулируемость, при которой изменение первоначального состояния дна приводит к изменению кинематической структуры потока и гидравлического сопротивления, что в свою очередь приводит к изменению глубины потока во времени.

При анализе условий взаимодействия потока и русла на начальной стадии формирования донного рельефа рассматривается изменение динамического равновесия именно на уровне движения отдельных частиц грунта и микроформ. Взаимодействие потока и русла при изменении гидравлического режима до настоящего времени изучено слабо, натурные наблюдения требуют исключительно высокой точности, поэтому наиболее приемлемым для решения этой задачи является метод лабораторного физического моделирования.

При трансформации руслового рельефа происходит обратное воздействие русла на водный поток, при котором изменяются его динамические и кинематические характеристики. До настоящего времени характер и степень таких изменений не были изучены, не была выполнена обоснованная оценка пригодности для этих условий ставших классическими известных формул Прандтля–Никурадзе. Для анализа взаимодействия между потоком и руслом необходима достоверная информация о распределении скоростей в придонной области потока, которая будет зависеть от характеристик развивающихся микроформ. До настоящего времени такая информация отсутствовала.

В связи с отсутствием данных о возникновении и трансформации русловых образований при изменении параметров речного потока от одного стационарного режима к другому стационарному режиму (что затрудняет прогнозирование экологической эффективности таких сбросных режимов) выполнено исследование изменения параметров русла и русловых переформирований при различных физико-

механических характеристиках грунтов и существенно различающихся гидравлических параметрах водных потоков. При этом получены обобщенные характеристики донного микрорельефа в их связи с характеристиками водного потока. Для решения поставленных задач использовался метод физического моделирования.

С помощью анализа размерностей и в соответствии с теоремой Букингема установлен общий вид функции, описывающей формирование и развитие руслового микрорельефа:

$$f\left(\frac{S}{Hi}; \lambda; \frac{Vt}{d_{\text{гр}}}\right) = 0, \quad (1)$$

где  $S$  – высота микрорельефа;

$H$  – глубина потока;

$i$  – уклон дна потока;

$\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления русла;

$V$  – средняя скорость течения;

$t$  – продолжительность проведения опыта;

$d_{\text{гр}}$  – диаметр зерен грунта.

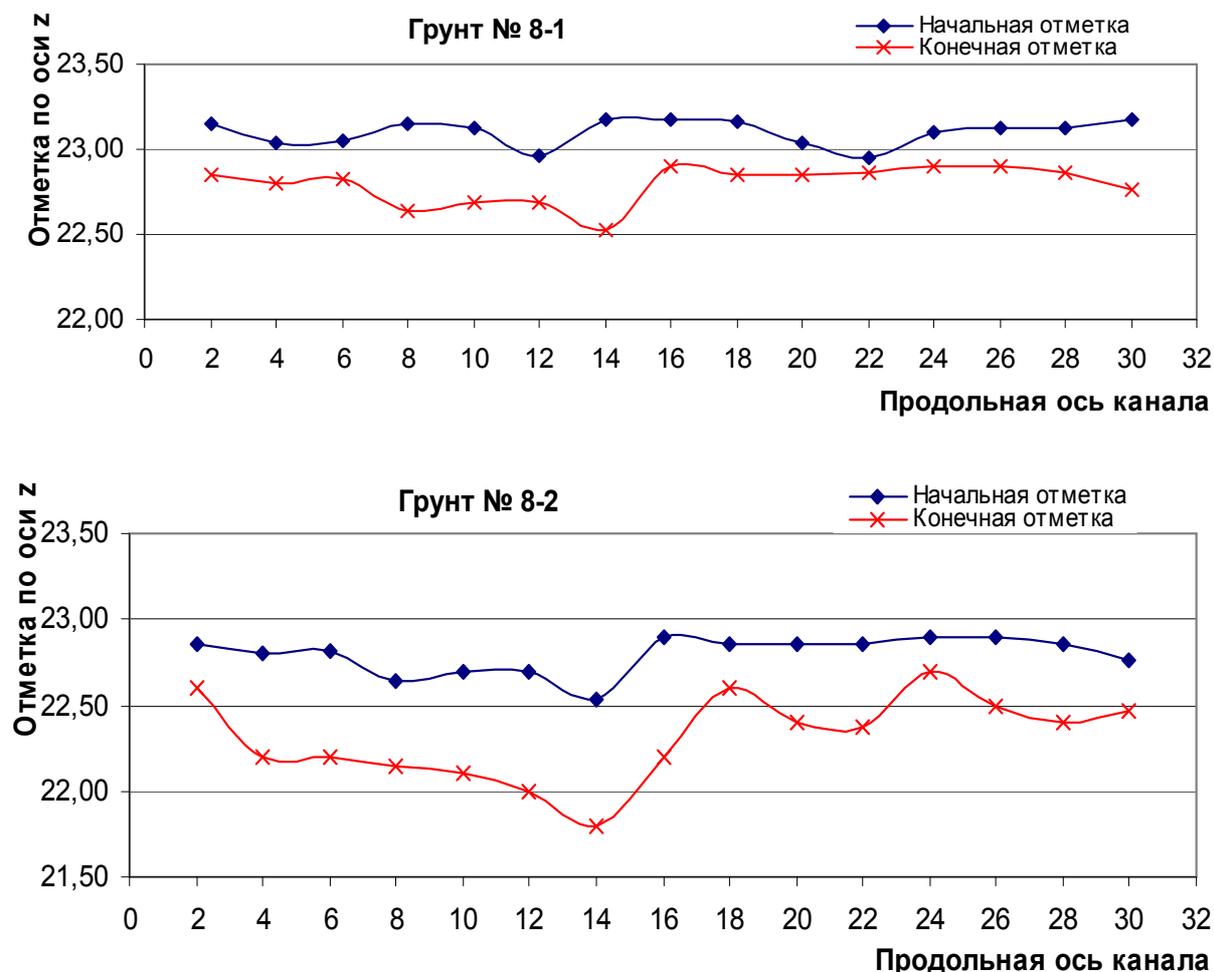
Вид полученной функции и качественный характер влияния входящих в нее параметров определены на основе экспериментальных данных.

Механизм развития микроформ в начальный период определяется сложным комплексом взаимосвязанных факторов, что затрудняет теоретический расчет, поэтому в данной работе исследования образования и развития микроформ выполнялись экспериментально на русловых грунтах р. Москвы. Пробы грунтов до начала опытов хранились в естественно влажном состоянии. Испытаны на размыв грунты с диаметром  $d_{60} = 0,03; 0,04; 0,07; 0,08; 0,25$  и  $0,4$  мм.

Лабораторные эксперименты по определению осредненных характеристик течения выполнялись при условии: критерий Фруда изменялся в пределах от 0,12 до 0,58, критерий Рейнольдса при  $\nu = 0,011 \text{ см}^2/\text{с}$  изменялся в пределах от 58225 до 138190, параметр  $H/d$  изменялся в пределах от 237,5 до 3000, критерий устойчивости частиц донного грунта, согласно Великанову, изменялся от 2,4 до 9,02, то есть гидравлический режим обеспечивал различную степень подвижки частиц испытуемого грунта.

Всего проведено 15 серий опытов (315 измерений значений скоростей и 105 измерений рельефа). По результатам измерения отметок поверхности дна и их статистической обработки находилась высота микроформ  $S$  и их длина  $L$ .

Характер развития микрорельефа на различных донных грунтах иллюстрируется рисунком 1.

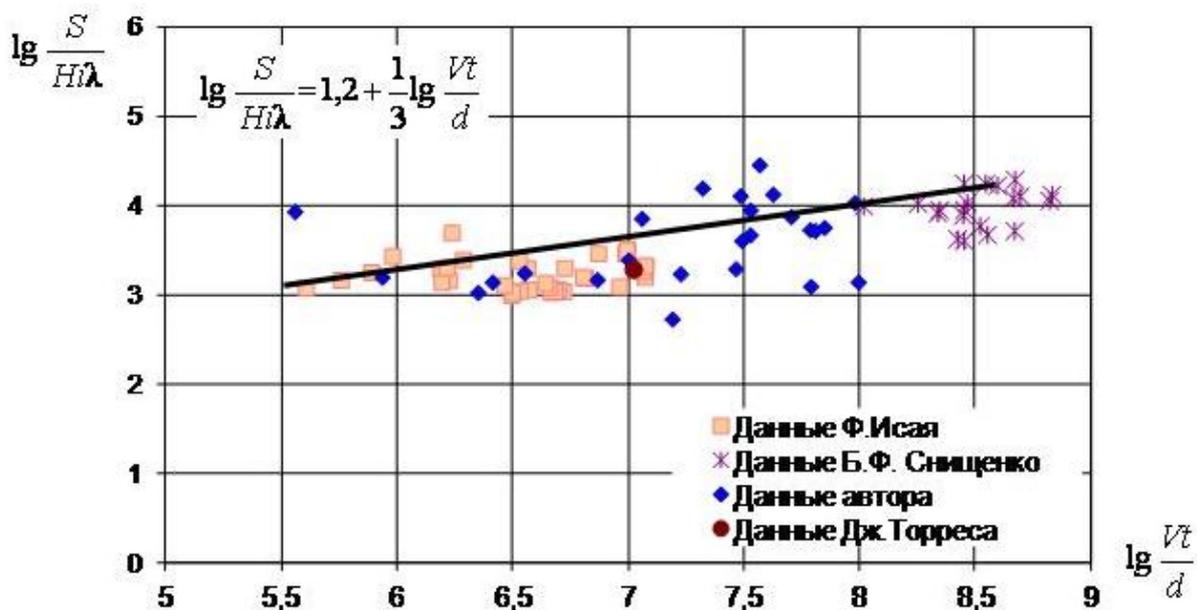


**Рисунок 1 – Характерный продольный профиль рельефа дна при размыве в различные моменты времени**

Обобщение всего массива экспериментальных данных на базе зависимости (1), обоснованной с применением анализа размерностей, позволило получить универсальный график для различных физико-механических характеристик частиц донного грунта, скорости течения, в диапазоне глубин от 5 до 12 см/с, в следующих координатах (рисунок 2).

Экспериментальные данные по высоте микроформ, образующихся и развивающихся на начальной стадии взаимодействия потока

и русла, включали опытные данные МГСУ и других исследователей – Ф. Исая (Япония), Д. Торреса (США) и натурные данные ГГИ, полученные Б. Ф. Смищенко. Все данные подтверждают связь безразмерных комплексов, полученных при помощи анализа размерностей.



**Рисунок 2 – Расчет высоты донного микро рельефа по экспериментальным данным разных исследователей**

Установлено, что значения безразмерного комплекса  $S/Hi\lambda$ , характеризующего высоту донных образований как для лабораторных, так и для натуральных условий, нанесенные на график в логарифмическом масштабе, зависят от параметра  $Vt/d$ , и эта зависимость может быть выражена следующей аппроксимацией:

$$\lg \frac{S}{Hi\lambda} = 1,2 + \frac{1}{3} \lg \frac{Vt}{d}. \quad (2)$$

Несмотря на некоторый разброс экспериментальных точек, связанный с разнородностью лабораторных и натуральных данных, они обнаруживают удовлетворительное соответствие функциональной зависимости, полученной на основе выполненного анализа размерностей, и позволяют установить вид этой зависимости. Зависимость (2) показывает, что высота образующихся микроформ  $S$  зависит от глубины потока, уклона канала и коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$ , причем безразмерная комбинация этих параметров оказывается слабо возрастающей в зависимости от числа Струхала, включающего время взаимодействия потока и русла, скорость потока и круп-

ность донного грунта. Полученная зависимость оказывается справедливой не только для начального периода развития микроформ, но также и для стабилизированных значительных по размеру русловых образований как в условиях лаборатории, так и в условиях речного потока.

Следует отметить, что отдельные исследователи указывают на зависимость сопротивления не только от относительной высоты русловых форм  $S/H$ , но также и от относительной длины  $L/H$ . В частности, такой результат был получен Кнорозом в опытах с жесткими модельными грядами, где крутизна гряд  $S/L$  изменялась в значительных пределах, в то время как при естественном развитии донного рельефа, как показали опыты, крутизна  $S/L$  сохранялась близкой к 0,05.

Диапазон изменения чисел Рейнольдса позволил предположить, что в условиях эксперимента реализуется режим квадратичного сопротивления русла, что и было подтверждено экспериментально. Поэтому все дальнейшие расчеты по определению кинематических и динамических параметров производились согласно распределению скоростей логарифмического вида для гидравлически шероховатых каналов.

Для практического использования этой зависимости при прогнозе русловых деформаций величина коэффициента гидравлического сопротивления русла, которая входит в эту зависимость, установлена в [1]. В свою очередь, коэффициент сопротивления  $\lambda$  связан с распределением скоростей в потоке, которое зависит от степени развитости рельефа.

Для исследования взаимосвязи между характеристиками течения и сопротивлением русла в открытых потоках с учетом логарифмического характера распределения скоростей по глубине произведено интегрирование профиля скорости (2) с целью определения средней скорости течения  $V$ , коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  и взаимосвязи между параметрами логарифмического профиля скорости (параметром Кармана  $K$  и так называемой второй константой турбулентности  $B_{\text{шер}}$ ).

Для течения в шероховатом канале характерными параметрами являются динамическая скорость  $u_*$  и высота эквивалентной песоч-

ной шероховатости  $k_S$ . Принимая это во внимание, запишем выражение для распределения скорости логарифмического вида в форме, используемой для шероховатого режима сопротивления:

$$\frac{u}{u_*} = \frac{1}{K} \ln \frac{z}{k_S} + 8,48, \quad (3)$$

где  $u$  – скорость воды в данной точке;

$K$  – параметр Кармана;

$z$  – вертикальная координата точки.

Интегрированием (3) можно получить выражение для изменения параметра Кармана  $K$  в зависимости от  $\lambda$  и  $B_{\text{шер}}$ :

$$\frac{V}{u_*} = \frac{1}{K} \left( \ln \frac{H}{k_S} - 1 \right) + B_{\text{шер}}.$$

В открытых каналах число Рейнольдса определяется по формуле:

$$\text{Re} = \frac{4VH}{\nu},$$

где  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости.

Отсюда

$$K = \frac{\ln \frac{H}{k_S} - 1}{\frac{\sqrt{8}}{\sqrt{\lambda}} - B_{\text{шер}}}. \quad (4)$$

С учетом формулы сопротивления А. П. Зегжда:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{2H}{k_S} + 1,52,$$

после преобразований получается экспериментальный закон сопротивления при условии  $\lambda = 2gRi/V^2$ :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 0,87 \ln \frac{H}{k_S} + 2,34. \quad (5)$$

Закон сопротивления (6) можно преобразовать. Подставляя (5) в (4), получим выражение для  $K$  в зависимости от  $B_{\text{шер}}$  для случая зернистой шероховатости на дне:

$$K = \frac{1,15 - 3,69\sqrt{\lambda}}{B_{\text{шер}} \sqrt{\lambda} - \sqrt{8}}.$$

В результате интегрирования логарифмического профиля скорости для шероховатого режима сопротивления выявлены факторы, влияющие на параметры профиля скорости и на коэффициент гидравлического сопротивления речного русла. Расчетная зависимость удовлетворительно согласуется с данными экспериментальных измерений.

Полученный метод позволяет определить значение  $K$  при  $u_*$ , найденной независимо, либо определить  $u_*$  с использованием известного значения параметра Кармана  $K$ . Параметр  $V_{\text{шер}}$  логарифмического профиля скорости для каждого опыта определялся при  $z/k_S = 1$ . Для опытов, проведенных в условиях квадратичного сопротивления, установленные значения  $K$  и  $V_{\text{шер}}$  не обнаружили тенденции к изменению. При этом среднее значение  $K$  оказалось близким к 0,35, что согласуется с оценками Кармана, среднее значение  $V_{\text{шер}}$  оказалось близким к 7,8, что несколько меньше этой величины по измерениям Никурадзе в трубах.

На основе исследования условий начальной стадии развития донного рельефа при изменении характеристик потока воды в размываемом канале получены характеристики начальной стадии образования донного рельефа под воздействием водного потока, установлен вид связи между параметрами профиля скорости логарифмического вида  $K$  и  $V_{\text{шер}}$ , получена формула для коэффициента гидравлического сопротивления в открытом русле при наличии рельефа дна. Представлены результаты лабораторных и натурных экспериментальных исследований разных авторов, по которым получены зависимости, описывающие развитие донных форм на начальном этапе взаимодействия потока и русла.

Полученные результаты позволяют повысить точность и надежность экологических прогнозов переформирования русел открытых водотоков, в том числе малых рек.

### **Список использованных источников**

1 Брянская, Ю. В. Гидравлика водных и взвесенесущих потоков в жестких и деформируемых границах: моногр. / Ю. В. Брянская, И. М. Маркова, А. В. Остякова; под ред. В. С. Боровкова. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 264 с.

**Т. С. Пономаренко**

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

## **НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕТА СТОКА И ВЫНОСА РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

В статье проведен обзор и анализ действующих нормативно-методических документов по учету стока и выноса растворенных веществ дренажно-сбросными водами с орошаемых территорий. Приводится обоснование необходимости разработки нормативно-методического документа по учету стока и выноса растворенных веществ дренажно-сбросными водами, который подготовлен ФГБНУ «РосНИИПМ» и находится в стадии утверждения на НТС Минсельхоза России.

Ключевые слова: нормативно-методическое обеспечение, учет стока, качество воды, водные объекты, оросительная система.

Эксплуатация оросительных систем в большинстве случаев предусматривает отвод за пределы орошаемых территорий поверхностных и подземных вод. Отличающиеся по объему и химическому составу, они существенно влияют на качество воды в водоприемниках и в связи с этим подлежат учету и контролю.

Последняя редакция Водного кодекса Российской Федерации определила основные понятия в сфере водных отношений [1].

Согласно ст. 39, собственники водных объектов, водопользователи при использовании водных объектов обязаны вести в установленном порядке учет объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса дренажных вод, их качества, а также бесплатно и в определенные сроки представлять результаты такого учета в уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти.

Решение о предоставлении водного объекта в пользование в целях сброса дренажных вод должно содержать указание места сброса, объем допустимых сбросов и требования к качеству воды в водных объектах в местах сброса дренажных вод. В качестве основного ограничения, определяющего возможность сброса дренажных вод в водные объекты, было установлено такое количество веществ, содержащихся в сбросах, которое не должно превышать установленные нормативы допустимого воздействия на водные объекты.

В 2009 году был утвержден Порядок ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъя-

тия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества [2].

Данный порядок определяет последовательность действий собственников водных объектов и водопользователей при ведении ими учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса дренажных вод, их качества, а также представления сведений такого учета. Для организации данного учета водопользователем составляется схема систем водопотребления и водоотведения, предоставляющая информацию о размещении мест сброса дренажных вод, количестве и качестве сбрасываемых дренажных вод, о системах оборотного водоснабжения, повторного использования вод, а также передачи (приема) воды потребителям. Обязанность ведения учета возлагается на физические или юридические лица, которым предоставлено право пользования водным объектом.

В целях информационного обеспечения комплексного использования водных объектов, целевого использования водных объектов и их охраны, а также в целях планирования и разработки мероприятий по предотвращению негативного воздействия вод и ликвидации его последствий в 2007 году было утверждено Постановление Правительства РФ № 253 «О порядке ведения государственного водного реестра» [3]. В соответствии с данным Постановлением ведение реестра осуществляется Федеральным агентством водных ресурсов, а сведения для его формирования передают органы исполнительной власти на безвозмездной основе. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации предоставляет сведения об использовании водных объектов для нужд сельского хозяйства, в том числе в целях водопотребления и водоотведения, а также о государственных мелиоративных системах и об отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружениях на водных объектах.

Для подготовки и проведения наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши в 2004 году взамен РД 52.24.309-92 были разработаны рекомендации Р 52.24.309-2004 «Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета» [4].

Данные рекомендации устанавливают требования, которые Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды предъявляет к организации и проведению наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши, описывают принцип формиро-

вания сети пунктов наблюдений и основные факторы для определения их категоричности, устанавливают определяемые показатели и виды программ наблюдений, а также планирование, периодичность и сроки их проведения, утверждают порядок внесения изменений в состав наблюдений, определяют порядок организации, учета и функционирования ведомственной наблюдательной сети, а также критерии оценки выполнения работ.

Приказом Росгидромета в 2000 году было утверждено «Положение о порядке организации, учета и функционирования ведомственной наблюдательной сети» [5], которое устанавливает порядок организации, учета и функционирования стационарных и подвижных пунктов наблюдений, создаваемых министерствами и ведомствами Российской Федерации, осуществляющими деятельность в области гидрометеорологии и смежных с ней областях. Данный документ включает общие положения, порядок организации и учет ведомственных пунктов наблюдений.

Для организаций, осуществляющих наблюдение и контроль качества поверхностных вод суши и очищенных сточных вод, в 1994 году были разработаны рекомендации Р 52.24.353-94 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» [6]. Настоящие рекомендации устанавливают основные принципы по составлению программ отбора проб воды, методы отбора проб, способы хранения и обработки проб, общие сведения об устройствах, применяемых для отбора и хранения проб воды при определении химических показателей, требования безопасности при отборе проб.

В целях установления единого порядка организации и проведения наблюдений за стоком и выносом растворенных веществ в 2003 году ФГБНУ «РосНИИПМ» были разработаны методические указания по учету стока и выноса растворенных веществ дренажно-сбросными водами с орошаемых территорий [7]. В данном документе изложены особенности, порядок организации и проведения наблюдения за количественными и качественными показателями стока дренажно-сбросных вод с орошаемых территорий.

Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании», который вышел в свет в 2002 году, определил необходимость в организации новых подходов к техническому нормированию и стандарти-

зации на мелиоративных системах, в том числе при учете количественных и качественных показателей стока дренажно-сбросных вод.

В настоящее время ФГБНУ «РосНИИПМ» разработало нормативно-методический документ по учету стока и выноса растворенных веществ дренажно-сбросными водами, который находится в стадии утверждения на НТС Минсельхоза России.

### **Список использованных источников**

1 Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ: по состоянию на 21 октября 2013 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

2 Приказ Минприроды России от 8 июля 2009 г. № 205 «Об утверждении Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества» // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

3 О порядке ведения государственного водного реестра: Постановление Правительства РФ от 28 апреля 2007 г. № 253: по состоянию на 11 апреля 2012 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

4 Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Росгидромета: Р 52.24.309-2004: утв. Росгидрометом 28.10.04: введ. в действие с 01.01.06 // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

5 Приказ Росгидромета от 21 января 2000 г. № 13 «Об утверждении Положения о порядке организации, учета и функционирования ведомственной наблюдательной сети» // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

6 Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод: Р 52.24.353-94: утв. Росгидрометом 21.07.94: введ. в действие с 01.10.95 // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

7 Методические указания по учету стока и выноса растворенных веществ дренажно-сбросными водами с орошаемых территорий / ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. – 27 с.

**Э. И. Чембарисов, Т. Ю. Лесник**

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

**Т. Э. Чембарисов**

Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкент, Республика Узбекистан

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОКА МАЛЫХ РЕК ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ**

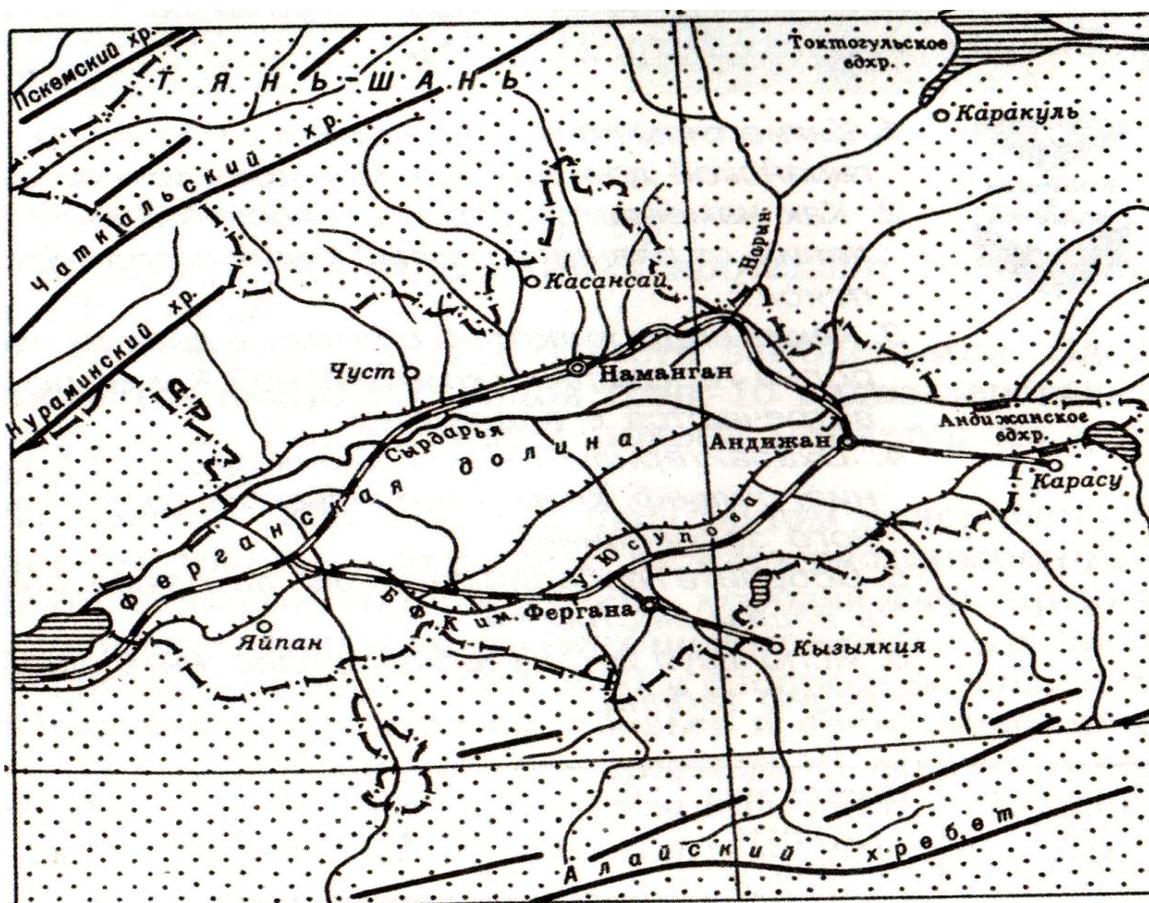
В статье рассмотрены особенности использования стока малых рек Ферганской долины для орошения: Падшаата, Шахимардан, Коксу, Чадак, Гавасай и Сох. Более подробные данные об использовании стока для орошения приведены по р. Падшаата, водой которой орошаются земли Янгикурганского и Чартакского районов Республики Узбекистан, а также земли Кыргызстана. Общая площадь орошаемых земель составляет 27,8 тыс. гектаров, из них 24 тыс. га в Узбекистане и 3,8 тыс. га в Кыргызстане. На этих территориях выращивается почти весь урожай сельскохозяйственных культур, поэтому ставится вопрос о необходимости разработки технически надежных экономически эффективных решений по улучшению водообеспеченности и водопользования в некоторых районах Ферганской долины.

Ключевые слова: Ферганская долина, характеристика бассейнов малых рек, особенности орошения, описание показателей орошения в бассейне р. Падшаата, перспективные задачи по улучшению водообеспеченности Ферганской долины.

Ферганская долина представляет собой межгорную впадину, расположенную в верхнем течении р. Сырдарьи. Протяженность ее в широтном направлении около 300 км, а в меридиональном – 60 км. Ферганская долина ограничена с северо-запада Кураминским хребтом, с севера – Чаткальским, с востока – Ферганским, а с юга – Туркестанским и Алайским (рисунок 1). Только центральная часть Ферганской долины находится в пределах территории Узбекистана (Андижанский, Наманганский и Ферганский вилояты), остальные части принадлежат Кыргызстану и Таджикистану [1].

Ферганская долина – тектоническая впадина (котловина), образовавшаяся вследствие прогибания земной коры в разные геологические периоды. На герцинском этапе складчатости одновременно с поднятием гор в Тянь-Шаньской горной системе образовалась Ферганская впадина. В мезозойскую эру западную часть долины покрывало неглубокое море. По окраинам долины образовались озера и болота, вокруг которых росли густые леса с хвощевидными и папоротникообразными растениями. Впадавшие в озера реки приносили

с прилегающих гор много гравия, песка и других обломочных пород, илистых отложений, остатки растений. Впоследствии из остатков этих растений под осадочными породами образовались слои угля. В мезозойскую эру и палеогенный период из остатков морских организмов в водных бассейнах образовалась нефть.



**Рисунок 1 – Ферганская долина**

В эпоху неогена, когда усилилось альпийское горообразование, вокруг Ферганской впадины поднялись горы и море отступило, долина превратилась в сушу. В этот период Тянь-Шаньская горная система, превратившаяся в пенеплен, поднялась вновь и приобрела современный облик.

В палеогене продолжалось опускание Ферганской долины и накопление мощных отложений. Стекающие с окружающих гор реки Шахимардан, Исфайрам, Сох и другие несли с собой обломки горных пород и при выходе на равнину образовали конусы выносов. В последующие засушливые периоды в центральной части долины аллювиальные отложения рек были развеяны ветрами, в результате появились подвижные пески.

Отложенные реками вокруг долины гравий и песок с течением времени сцементировались в конгломераты, а сверху на них отложились лессовые образования. Позднее текущие воды размывали лесс, прорезали возвышенности и образовали адыры.

Землетрясения, случающиеся в Ферганской долине и в ее окрестностях, свидетельствуют о том, что на территории долины все еще продолжается тектоническая деятельность. Горы, окружающие Ферганскую долину в период последующих 10-12 млн лет, поднялись на 5-7 км. Самое сильное землетрясение на территории нашей республики произошло в Ферганской долине в 1902 году в Андижане, когда город был полностью разрушен. Это землетрясение вошло в историю как «Андижанская трагедия».

Окружающие Ферганскую долину Кураминский, Чаткальский, Ферганский, Алайский и Туркестанский хребты расположены в основном на территории Кыргызстана и Таджикистана. Поверхность Ферганской долины сложена преимущественно из лессов и лессовидных мелких пород, песков, нанесенных р. Сырдарьей и ее древними притоками, протекавшими по центральной части долины. Поэтому рельеф в центральной части Ферганы – равнинный. Лишь песчаные бугры и конусы выноса рек придают равнине некоторую холмистость. Занимающие значительную площадь Каракалпакская и Язъяванская пустыни благодаря деятельности человека меняют свой облик: площади их все больше сокращаются, подвижные пески закрепляются. На месте пустынь возникают хлопковые поля и сады.

Протекающая в северной части долины р. Сырдарья образовала пойму и надпойменные террасы, сложенные аллювиальными отложениями. Южные террасы реки соединяются с конусами выноса рек Сох, Шахимардан, Исфайрамсай и Акбура, берущих начало с Алайских и Туркестанских горных хребтов. Пологую равнину на правой стороне Сырдарьи образовали саи, берущие начало с Чаткальского и Кураминского хребтов. Они расположены приблизительно на 30 м выше новых конусов выноса Сырдарьи.

Центральную часть Ферганской долины почти со всех сторон окружают адыры высотой 1000-1200 м. Особенно много адыров в восточной и юго-восточной частях долины. Адыры сложены отложениями неогенного и антропогенного периодов – конгломератами,

песчаниками и лессом. Адыры – это антиклинальные складки, возникшие в недалеком геологическом прошлом. Они отделены друг от друга ложбинами – речными долинами. Участки адыров с ровным рельефом используются под посевы. Здесь выращивают бахчевые, овощи и технические культуры, в некоторых местах – богарные культуры, а также фруктовые деревья. Подножия Кураминского хребта расположены асимметрично, северный склон – крутой, южный склон – пологий.

**Общая характеристика малых рек.** Реки и саи, протекающие через Ферганскую долину, берут начало с высоких гор. Больше всего воды приносят в долину реки Нарын и Карадарья.

Реки Нарын и Карадарья имеют важное значение в обеспечении водой оросительной системы Ферганской долины. Эти реки питаются талыми снеговыми и ледниковыми водами, стекающими с гор Тянь-Шаня. От слияния этих двух рек образуется р. Сырдарья. По Ферганской долине она протекает в северной части с востока на запад. Вода в реке прибывает в июне–июле. На западной границе Ферганской долины на р. Сырдарья построено Кайраккумское водохранилище.

На юге Ферганской долины с Туркестанского хребта стекают реки Исфара, с Алайского хребта – Сох (протяженностью 130 км, расход воды 42 м<sup>3</sup>/с), Шахимардан (протяженностью 77 км), Исфайрамсай, Аравансай, Акбура. Наиболее многоводны из них – Сох и Шахимардан.

По северной части долины с Кураминского хребта стекает Чадаксай, с Чаткальского хребта – Гавасай, Касансай, Намангансай, Чартаксай и Падшаатасай, питающиеся талыми снежными и ледниковыми водами с вершин этих хребтов. Воды саев, стекающих с гор южной и северной частей Ферганской долины (древние притоки Сырдарьи), полностью разбираются на орошение и потому до Сырдарьи не доходят.

Для задержания весенних вод, улучшения водоснабжения долины и орошения земель, а также для предупреждения весенних селевых потоков построены специальные дамбы и укрепления.

В таблице 1 приведены данные о среднемесячных расходах некоторых малых рек Ферганской долины.

**Таблица 1 – Среднемесячные расходы воды некоторых рек Ферганской долины за 2011 г.**

В м<sup>3</sup>/с

Месяцы											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
р. Падшаата – устье р. Тосту											
1,62	1,68	1,62	3,04	9,25	9,03	5,57	4,31	1,95	1,60	1,82	1,37
р. Шахимардан (Аксу) – выше устья р. Дугова											
3,13	3,06	3,09	3,49	4,35	5,30	7,72	6,58	3,86	2,64	2,24	2,04
р. Дугова – устье											
0,85	0,67	0,66	0,70	1,05	1,21	1,41	1,18	0,91	0,71	0,68	0,64
р. Коксу (Курбанкуль) – устье											
2,41	2,18	2,02	1,86	2,84	3,80	4,57	4,33	3,36	2,68	2,32	2,08
р. Чавасай – кишлак Гава											
1,60	1,33	2,03	10,9	13,3	5,69	2,95	1,42	1,36	1,28	2,19	2,91
р. Сох – кишлак Сарыканда											
13,9	12,1	10,8	18,6	46,4	105	162	164	77,5	29,1	19,8	14,8
р. Чадак – устье р. Джулайсай											
1,01	1,01	1,15	5,68	6,83	2,26	1,0	0,68	0,54	0,5	1,14	1,36

**Особенности орошаемого земледелия.** Орошаемые угодья площадью 907 тыс. га являются основным источником средств к существованию и занятости сельского населения, составляющего свыше 4,5 млн. На одного сельского жителя приходится 0,19 га орошаемых земель против 0,27 га в целом по Узбекистану. Однако производство хлопчатника и пшеницы с единицы площади в 1,3-1,5 раза превышает среднереспубликанские показатели [2].

Для регулирования режима рек и рационального их использования в долине построены Северный и Южный Ферганские каналы, Большой Ферганский канал им. Усмана Юсупова, Андижанский и другие каналы.

Для задержания весенних вод и использования их на орошение построены водохранилища – Касансайское, Андижанское, Каркидонское, Кайраккумское. Особое место среди гидросооружений принадлежит Большому Ферганскому каналу им. У. Юсупова. Он был построен в 1939 году в течение 45 дней. Работы велись в основном вручную методом хашара. Протяженность его по территории Узбекистана составляет 283 км. После ввода его в действие в центральной части Ферганской долины были освоены большие площади целинных земель.

Андижанское водохранилище построено в ущелье Кампыррават на р. Карадарье. В нем собирается 1 млрд 750 млн м<sup>3</sup> воды. Это водохранилище позволяет улучшить водоснабжение на 265 тыс. га земель, оросить 34 тыс. га новых земель на территории Узбекистана и Кыргызстана.

Ферганская долина богата подземными водами. Воды артезианских скважин используются для питья и орошения. В долине имеются целебные источники минеральных вод – Чартак, Чимион, Палванташ, Южный Аламышик, Ширманбулак, Кутырбулак, на базе которых созданы санатории и лечебницы.

**Почвы.** Почвообразовательные процессы на разных участках протекают неодинаково. Это зависит от характера отложений, рельефа, температуры воздуха, количества осадков и глубины залегания подземных вод.

В Ферганской долине в основном развиты сероземы. Они распространены в самой низкой части долины до высоты 1400 м над уровнем океана. В Ферганской долине развиты в основном светлые сероземы и типичные сероземы, а также луговые почвы. Светлые сероземы распространены на высоте 300-500 м над уровнем океана и содержат 1-1,5 % гумуса. На высоте 600-800 м над уровнем океана встречаются типичные сероземы с количеством перегноя 1,5-2,5 %. Выше типичных сероземов на высоте 800-1400 м над уровнем океана, где выпадает много осадков, густой растительный покров, образовались темные сероземы, содержащие до 3,5-4 % гумуса. Сероземы в основном образовались над лессовыми породами.

Сероземно-луговые почвы встречаются в равнинной части долины, на адырах есть также луговые. Самые низкие места речных долин – поймы рек – покрыты луговыми и болотными почвами. В пустынях центральной части долины распространены серо-бурые почвы и такыры.

По краям конусов выноса рек, стекающих с Ферганского, Алайского и Туркестанского хребтов, встречаются солончаки. В этих местах подземные воды залегают близко к поверхности земли и засоляют почвы. Для нейтрализации засоленных почв проводят дренирование. Закрепление подвижных песков способствует формированию здесь песчаных почв.

**Бассейн р. Падшаата как пример малых рек Ферганской долины.** Бассейн реки Падшаата расположен в юго-западной части горной системы Тянь-Шань, в северной части Ферганской долины. Река Падшаата относится к горным рекам бассейна реки Сырдарья в пределах Ферганской долины. Река берет свое начало на территории Кыргызстана, в горах Чаткальского хребта, орошает в основном земли Наманганского вилоята Республики Узбекистан.

Река Падшаата имеет снегово-ледниковое питание. Средняя высота бассейна реки над уровнем моря составляет около 2000 м. Длина реки достигает 130 км, а площадь водосбора составляет 443 км<sup>2</sup>.

Среднемноголетний сток реки по данным гидропоста возле места впадения реки Тосту составляет 193 млн м<sup>3</sup>/год. Среднегодовой расход воды реки равняется 5,5 м<sup>3</sup>/с. Наибольшие расходы воды (в среднем 16,1 м<sup>3</sup>/с) в реке наблюдаются в июне, а наименьшие (в среднем 1,5 м<sup>3</sup>/с) – в феврале.

Предгорная часть бассейна реки сложена осадочными породами мезо-кайнозоя (конгломератами, песчаниками, известняками, глинами, алевролитами). На равнинах они погребены под мощной толщей четвертичных отложений.

Четвертичные отложения (галечник, щебень, песок, суглинок, супесь, редко глины) слагают равнины и заполняют межгорные, задырные и межадырные впадины. Гранулометрический состав отложений изменяется в направлении от гор к равнине, становясь более мелкозернистым. В этом же направлении мощность отложений увеличивается от нескольких метров вблизи гор до 300 м и более во впадинах.

На склонах Чаткальского хребта, откуда берет свое начало река Падшаата, распространены леса из грецкого ореха, яблони, алычи, местами растет фисташка.

Климат бассейна реки Падшаата несколько разнится по течению реки, в зависимости высотного положения. В предгорной части температура воздуха несколько ниже, чем в нижней части бассейна, а безморозный период несколько короче. Осадки в предгорьях также несколько интенсивнее, чем в нижней части бассейна.

Подземные воды в бассейне реки формируются в отложениях всех возрастов и имеют повсеместное распространение. Основное пи-

тание подземные воды получают за счет атмосферных осадков и расходуются на выклинивание в виде родников.

На территории узбекской части бассейна реки проживает около 130 тысяч человек. Основной вид хозяйственной деятельности населения – сельскохозяйственное производство.

Водой р. Падшаата орошаются земли Янгикурганского и Чартакского туманов Наманганского вилоята Республики Узбекистан, а также земли Кыргызстана. Общая площадь орошаемых земель составляет 27,8 тыс. га, из них 24 тыс. га в Узбекистане и 3,8 тыс. га в Кыргызстане.

Возделывание сельскохозяйственных культур на основной части бассейна осуществляется только с помощью орошения. Богарные посевы в узбекской части бассейна р. Падшаата почти отсутствуют.

### **Выводы**

1 Начиная с 1994 года, изменение режима работы Токтогульского водохранилища привело к резкому снижению летних ирригационных попусков и увеличению зимних. По данным Минсельводхоза Республики Узбекистан, только по Наманганской области дефицит водоподдачи в летний период составляет 0,9 км<sup>3</sup>. В средневодный год дефицит воды варьирует от 57-61 % (июнь–август) до 85 % (сентябрь). При этом сток р. Нарын в осенне-зимний период более чем в 2 раза превышает природный показатель, а в летние месяцы он в 1,9 раза меньше естественной величины.

2 Всемирный банк вместе со специалистами Узбекистана работает по реализации проекта «Управление водными ресурсами в Ферганской долине». Стратегической целью проекта является разработка технически надежных и экономически эффективных решений по улучшению водообеспечения и водопользования в трех районах Ферганской области и защите месторождений подземных вод в нижней части Сохского конуса выноса.

### **Список использованных источников**

1 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахритдиов. – Ташкент: «Укитувчи», 1989. – 232 с.

2 Вода – жизненно важный ресурс для будущего Узбекистана // ПРООН. – Ташкент, 2007. – 128 с.

**Н. Б. Эгамбердиев, Т. А. Салохиддинов, У. А. Кодиров,  
Р. К. Кенжаева, А. Ж. Бегалов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

## **БИООЧИСТКА ВОД МАЛЫХ РЕК ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ**

Приводятся результаты биоочистки вод малых рек, предназначенных для использования в сельскохозяйственном водоснабжении, с применением водорослей. Результаты лабораторных исследований показали, что свойства очищенной с применением пистии и хлореллы воды реки Буз-сув улучшаются. Исчезает неприятный запах, рН среды из кислой становится нейтральной, увеличивается количество растворенного кислорода в воде и БПК (24,1 мгО<sub>2</sub>/л – контрольная сточная вода) уменьшается до 11,5 мгО<sub>2</sub>/л при соотношении сточной воды и чистой воды 50:50 % (после месячного культивирования водоросли пистии, хлореллы в биопрудах).

Ключевые слова: водоросли, сточные воды, орошение, водные ресурсы, малые реки, загрязнение, удобрения, ядохимикаты, пестициды, гербициды, фунгициды, углеводороды.

Водоемы, озера, реки и грунтовые воды загрязняются в основном в результате сброса в них неочищенных или предварительно очищенных промышленных и сточных вод орошаемых полей. В Узбекистане сельхозкультуры орошаются искусственно, поэтому многие водоемы в республике загрязняются сбросами с орошаемых полей, содержащими минеральные удобрения – соли азота, фосфора, неразрешенные пестициды, гербициды, фунгициды и углеводороды. Сброс очищенных или условно очищенных промышленных сточных вод в естественные и искусственные реки, водоемы и арыки огромен. Органические примеси этих вод в очистительных сооружениях окисляются и минерализуются, однако сами стоки не очищаются от биогенных элементов и ядохимикатов. Из-за близкого расположения к поверхности горизонтов грунтовых вод в Каракалпакстане, Харезмской, Бухарской областях промышленные и сточные воды орошаемых полей переходят в грунтовые воды и далее переходят в водоемы, арыки и реки [1-4].

Установлено, что более 30 % вносимых на поля азотистых удобрений вымываются и со сточными водами попадают в грунтовые воды и естественные и искусственные водоемы. Так со стоками с орошаемых участков с одного гектара земли в водоемы в среднем попа-

дает 12-15 % азота, 9-13 % фосфора в год. При этом в водоемах нарушается биологическое равновесие.

В настоящее время в центре внимания научных и научно-технических учреждений республики находится проблема качества природных и промышленных вод, особенно Приаральских районов Каракалпакстана, которое планомерно ухудшается в последнее время. Грунтовые воды являются резервом пополнения подземных и наземных рек, а также естественных водоемов. От их качества зависит возможность использования последних в пищевых или хозяйственно-бытовых целях [1-4].

Наряду с интенсивным использованием минеральных удобрений используется искусственное орошение – первостепенный фактор роста, развития и продуктивности растений. Под действием повышения оросительных норм и атмосферных осадков промышленные загрязненные сточные воды и растворенные в почве различные минеральные удобрения мигрируют в нижележащие горизонты вплоть до грунтовых вод, повышая в них концентрацию питательных элементов и загрязняя их. Проблема усугубляется тем, что выращивание риса в Хорезмской области и Каракалпакстане требует использования максимального полива почв. Все это приводит к загрязнению грунтовых вод минеральными удобрениями и ядохимикатами.

Установлено, что ассортимент и количество пестицидов, примененных в 2004-2005 гг. в сельском хозяйстве Республики Каракалпакстан, составляет 25 наименований в количестве около 836 т. Проведены исследования на наличие остаточных количеств пестицидов в 828 пробах почвы. Из них в 38 пробах обнаружены пестициды, в 34 случаях концентрация пестицидов превышала предельно допустимую.

Таким образом, вышеизложенное позволяет заключить, что в регионе существуют сложные экологические проблемы, связанные с загрязнением ядохимикатами окружающей среды, особенно попадаемыми со сточными, грунтовыми и промышленными водами. Необходим поиск новых путей, технологий, специальных мер и методов очистки грунтовых, сточных и промышленных вод от загрязнений [1-4].

Среди существующих методов очистки питьевых, сточных и грунтовых вод – механические, физико-химические. Например, изучен вопрос влияния камыша озерного на очистку промышленно-сточных вод от органических соединений (таблица 1).

**Таблица 1 – Влияние камыша озерного на очистку  
промышленно-сточных вод от органических  
соединений**

Органические соединения	Концентрация, мг/л	Число дней, необходимых для исчезновения из среды органических соединений
p-нафтол	10	5
p-хинон	10	7
p-хлорфенол	10	15
Гидрохинон	20	15
Анилин	20	9
Ксилон	20	15
Пирокахетин	30	15
p-крезол	30	15
Фенол	100	15
Пирогаллон	100	15
Пирридин	100	8

Наиболее эффективным методом очистки питьевых, сточных и грунтовых вод является биологический способ с применением водорослей пистия, эхория, озолы, хлорелла и других. Степень очистки сточных вод по БПК в этих случаях достигает 85-90 %. Однако существующие биологические методы очистки промышленных сточных вод основаны на применении бактерий в метантенках и аэротенках. Водоросли как автотрофные организмы при фотосинтезе обогащают водную среду кислородом, ускоряя тем самым окислительные процессы в минерализации органических примесей [3, 5]. Многие водоросли, водные высшие растения и простейшие способны использовать не только минеральные вещества, но и простые органические соединения, имеющиеся в стоках. Они активно усваивают соли азота, фосфора, калия и других биогенных элементов. Так при содержании 40-50 мг/л азота в питательном растворе пистия и хлорелла полностью поглощают его в течение 10-20 дней. При культивировании их в сточных водах инфекционные микроорганизмы быстро исчезают. Водоросль хлорелла губительно влияет на микроорганизмы холеры, чумы, туберкулеза и других болезней [3, 5, 6].

В связи с вышеизложенным авторами поставлена задача биочистки сточных вод малых рек для использования в сельскохозяйственном водоснабжении.

Исследован химический состав промышленно-сточных вод, сброшенных в реку Буз-сув (г. Ташкент), и сточных вод Хорезмского сахарного завода (таблица 2).

**Таблица 2 – Физико-химические показатели сточных вод  
(водоочистительное сооружение реки Буз-сув)**

Показатель	Исходное содержание сточных вод, мг/л	После очистки, мг/л
Запах, балл	5	1
pH	7,3-8,5	6,5-7,5
Цвет	коричневый	-
ХПК	222,2	232
Взвешенные частицы	56,2	30
Сухие вещества	1850	1000
Азот аммоний	1,8	2,3
Хлорид	124,95	300
Азот нитрат	12,5	10
Азот нитрит	0,045	0,05
БПК	88,5	14
Железо	4,19	5,1
Медь	0,077	0,5
Хром (VI)	0,0011	0,03

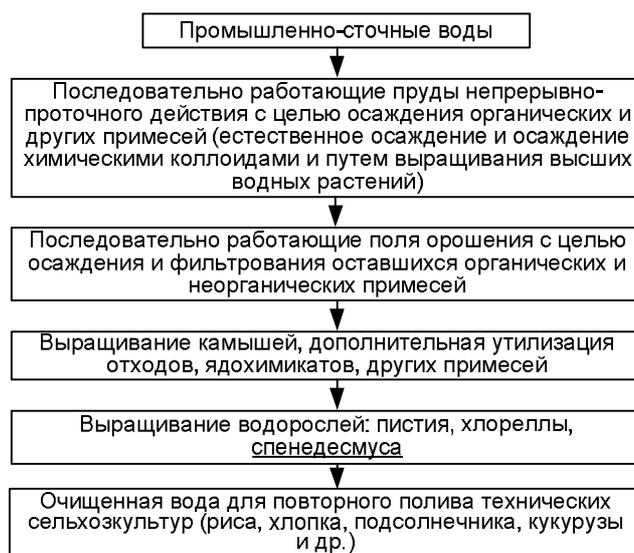
В изучаемых районах под посевы сельскохозяйственных культур ежегодно вносятся минеральные удобрения: азота – 250, фосфора – 200, калия – 100 кг/га. В качестве азотного удобрения применяют аммиачную селитру, фосфорного – аммофос, калийного – хлористый калий. Из основных минеральных элементов питания наибольшая доля потерь приходится на азот, причем теряются наиболее подвижные его формы. Потери фосфорных удобрений не достигают значительных размеров. Калий может теряться из почвы в больших количествах, поскольку его валовое содержание в ней значительно превосходит запасы азота и фосфора. При орошении сельскохозяйственных культур, в частности риса, подсолнуха и хлопка, потери азота, фосфора и калия максимальны. Кроме того, большое значение имеют дозы, сроки и способы внесения удобрений. При поливах во время вегетации растений уровень грунтовых вод значительно повышается (в 1,5-2 раза по сравнению с допосевным периодом) [4, 7].

Также были взяты пробы грунтовых вод для агрохимического анализа, т. к. удобрения, особенно азотные, загрязняют окружающую среду, в том числе и грунтовые воды. Содержание нитратов, подвижного фосфора и калия в грунтовой воде значительно возрастает в вегетативный период развития растений, содержание нитратного азота в грунтовых водах в опытных вариантах увеличивается в июне, июле, августе по сравнению с контрольным вариантом. Кроме того, содержание питательных элементов особенно повышается после вегетативных периодов. Это объясняется тем, что интенсивность миграции и

просачиваемость питательных элементов в грунтовые воды возрастают под действием орошения [8].

В составе грунтовых вод наблюдается большее содержание калия, нежели других элементов. При сравнении состава грунтовых вод из опытного дренажа с контрольными образцами, отобранными вне поля, видно, что в дренажах в местах внесения минеральных удобрений грунтовые воды загрязняются нитратным азотом, фосфором и калием больше, чем в контрольных.

Содержание нитратных элементов в составе грунтовых вод повысилось с 6,4 до 17,7 мг/л. Потери фосфорных удобрений, как правило, не достигают больших размеров – от 0,8 до 1,7 мг/л. Содержание обменного калия в составе грунтовых вод во время вегетации в контрольном варианте составило 3,4-6,5 мг/л, а в опытных вариантах в апреле – 8,2 мг/л, в июле увеличивается в 2-3 раза (до 18,1 мг/л), а в сентябре в грунтовых водах оно постепенно уменьшилось. Таким образом, применение высоких доз минеральных удобрений способствует повышению содержания доступных растениям минеральных элементов в грунтовых водах и тем самым увеличивает загрязнение окружающей среды и грунтовых вод азотом, фосфором и калием. В результате очистки сточных вод комбинированным биологическим способом с применением водорослей пистии, хлореллы и камыша озерного вода очищается от органических соединений, и ее можно использовать для повторного полива сельхозкультур и для технических целей (рисунок 1). В таблице 3 представлены результаты влияния камыша озерного и хлореллы на очистку промышленно-сточных вод в модельных растворах.



**Рисунок 1 – Технологическая схема очистки сточных вод**

**Таблица 3 – Физико-химические показатели сточных вод реки Буз-сув до и после очистки (через 15 дней)**

Вариант	pH	Цвет	Запах, балл	Сухие вещества	Азот аммоний	Азот нитрат	Азот нитрит	БПК
Сточная вода 100 % + пистия	7	Коричневая	5	950	2,8	1,05	0,05	1,7
Сточная вода 75 % + чистая вода 25 % + пистия	7	Коричневая	3	780	2,5	9	0,03	13
Сточная вода 50 %+ чистая вода 50 % + пистия	7	Слабо-коричневая	-	600	1,7	7	0,02	10
Сточная вода (контроль)	7	Сильно-коричневая	5	1850	17,8	13	0,09	88,5

Промышленно-сточные воды очищаются последовательно: пруд непрерывно-проточного действия (осаждение твердых частиц органических и неорганических примесей коллоидами) – последовательно работающие поля орошения (естественная фильтрация) – выращивание в промышленно-сточных водах озерных камышей (утилизация ядохимикатов и обогащение кислородом воды) – выращивание в последовательно соединенных ферментерах (типа бассейн). Очищенная вода направляется для полива сельхозкультур или для технических целей промышленных предприятий.

Наиболее высокой адсорбционной и разрушающей способностью органических соединений обладает камыш озерный, который питается минеральными и органическими веществами и ядохимикатами, хорошо адсорбирует воду, создавая нормальные условия для роста и развития микроводорослей пистии и хлореллы. Особенно надо отметить поглощающую способность камыша озерного с хлореллой – композиционных фильтров с иммобилизованными ферментами на сточных водах Хорезмского сахарного завода. Камыш озерный и хлорелла, распространенные в коллекторах, могут очистить и нейтрализовать воду от различных ядохимикатов, включая фенол, за 7-15 дней. Поэтому одним из важных факторов очистки вод от органических загрязнений является комбинированное применение при очистке сточных вод камыша озерного, пистии и хлореллы, композиционных фильтров с иммобилизованными ферментами.

Результаты исследований химического состава промышленно-сточных вод, сбрасываемых в реку Буз-сув, до и после очистки с водорослями пистия представлены в таблицах 2-4. Как следует из таблиц, биологической метод очистки сточных вод способствует уменьшению количества органических соединений. Очищенную таким способом воду можно рекомендовать для сельскохозяйственных и технических целей.

**Таблица 4 – Физико-химические показатели сточных вод реки Буз-сув после очистки водорослями пистия (через 1 месяц)**

Вариант	рН	Запах, балл	Сухие вещества, мг/л	Азот аммоний, мг/л	Азот нитрат, мг/л	Азот нитрит, мг/л	БПК, мг/л
Сточная вода 100 % + пистия	7	Нет	750	2,3	-	-	14,4
Сточная вода 75 % + чистая вода 25 % + пистия	7	Нет	680	2	-	-	13,8
Сточная вода 50 % + чистая вода 50 % + пистия	7	Нет	600	1,2	-	-	11,5
Сточная вода (контроль)	7	4	120	10,4	0,08	7	24,1

Как следует из таблиц, химический состав промышленно-сточных вод, сбрасываемых в реку Буз-сув, при очистке с применением пистии и хлореллы улучшается. Исчезает неприятный запах воды, рН среды из кислой становится нейтральной, увеличивается количество растворенного кислорода в воде – БПК (24,1 мгО<sub>2</sub>/л на контроле) уменьшается до 11,5 мгО<sub>2</sub>/л при соотношении: сточная вода 50 % и чистая вода 50 % + пистия (после месячного культивирования водоросли пистии, хлореллы в биопрудах).

Таким образом, применение микроводорослей пистии, хлореллы и аэрации очищает сточные воды. Подготовленную таким образом воду рекомендуется использовать для полива сельскохозяйственных культур.

#### **Список использованных источников**

1 Композиционные материалы и биополимеры для решения экологических проблем очистки промышленно-сточных вод / Н. Б. Эгам-

бердиев, С. С. Негматов, Э. К. Уралов, Д. Н. Алимова, С. З. Шукуров // Экологическое образование, мониторинг и управление качеством окружающей среды: сб. – Карши, 2009. – С. 109.

2 Проблемы экологии воды, почвы и некоторые пути их решения / Н. Б. Эгамбердиев, Д. Н. Алимова, Т. Б. Азизов, С. С. Негматов, Х. Ф. Якубов, Ш. О. Мурадов, Р. А. Эшанкулов // Экологическое образование, мониторинг и управление качеством окружающей среды: сб. – Карши, 2009. – С. 119.

3 Бурлибаев, М. Ж. К концепции комплексной оценки качества поверхностных вод / М. Ж. Бурлибаев // Гидрометеорология и экология. – 1998. – № 3-4. – С. 3-24.

4 Галкина, Н. В. Водные растения как очистители промстоков, содержащих медь, цинк, свинец / Н. В. Галкина // Тез. докл. НТС по использованию сточных вод в сельском хозяйстве. – Ташкент, 1972. – С. 29-31.

5 Видинеева, Е. М. О загрязнении водных объектов Ташкентской области специфическими загрязняющими компонентами / Е. М. Видинеева, К. А. Дамладжанов, М. С. Молодовская // Водные ресурсы. – 2009. – № 5. – С. 59-67.

6 Адукадыров, А. Применение микроводорослей в очистке азотмедьсодержащих промышленных стоков в биологических прудах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ташкент, 2001. – 24 с.

7 Музаффаров, А. М. Охрана водоемов и роль высшей водной растительности и водорослей в очистке коммунально-промышленных стоков / А. М. Музаффаров, Т. Т. Таубаев // Материалы совещ. по охране объектов растительного мира рек Средней Азии и Казахстана. – Ташкент, 1991. – С. 5-7.

8 Мережко, А. И. К вопросу о роли высших водных растений в детоксикации вредных веществ в водоемах / А. И. Мережко. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 62 с.

---

---

## РАЗДЕЛ II

### АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ НАУЧНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

---

---

УДК 631.674.6:532.546.001.57

**Н. А. Антонова, Ю. Е. Домашенко**

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

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

В статье приведены результаты анализа математических моделей фильтрующих материалов, рассматриваемых с позиции зернистой среды, и определены параметры отклонения от них фильтрующей загрузки на основе горелых пород терриконов. Для исследования разрабатываемого пористого материала предлагается модель, которая представляет собой совокупность твердых частиц материала наполнителя, называемую скелетом, и разветвленную сеть пустот – поровое пространство. Решая предложенные уравнения, можно найти оптимальное значение толщины пленки связующего и рассчитать его требуемое количество для изготовления фильтроэлемента с заданными параметрами и наоборот, задавшись требуемым диаметром поры и толщиной пленки, можно подобрать состав загрузки, обеспечивающий приемлемое соотношение экономической эффективности и степени очистки. После уточнения выявленных в результате анализа недостатков полученная модель может быть использована для определения оптимального состава фильтрующего материала и получения уравнения фильтрации.

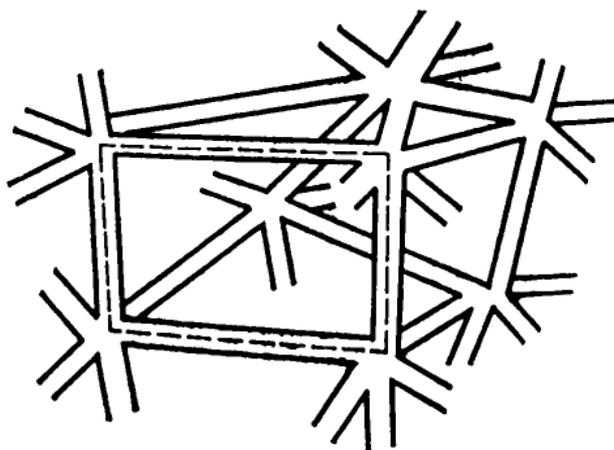
Ключевые слова: математическое моделирование, фильтрация, система капельного орошения, фильтрующие элементы, уравнение фильтрации.

Быстрые темпы развития капельного орошения объясняются высокой экономической эффективностью при минимальной нагрузке на агроландшафты, в частности на почвенные характеристики возделываемых угодий. Одним из недостатков систем капельного орошения являются высокие требования к качеству оросительной воды за счет маленьких (1-2 мм) выходных отверстий капельниц [1], поэтому обязательным элементом системы являются зернистые фильтры, степень очистки которых зависит от качественного состава оросительной воды. Чаще всего существует необходимость снизить содержание взвешенных веществ в природной воде, следовательно, загрузка фильтра представлена кварцевым песком.

Целью данной работы является теоретическое изучение моделей пористых материалов и их использование для поиска оптимального состава альтернативной фильтрующей загрузки на основе горелых пород терриконов.

Сыпучесть и динамичность частиц используемой в настоящее время фильтрующей загрузки усложняет промывку и снижает грязеемкость фильтрующего материала, что приводит к частым остановкам, заменам загрузки и, как следствие, дополнительным экономическим затратам. В качестве альтернативы песчаной загрузке можно выделить полимербетонные фильтрующие блоки, которые изготавливаются на основе отходов горнодобывающей промышленности и полимерных связующих.

Для исследования разрабатываемого пористого материала предлагается модель, которая представляет собой совокупность твердых частиц материала наполнителя, называемую скелетом, и разветвленную сеть пустот – поровое пространство (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Модель порового пространства идеального полимербетона**

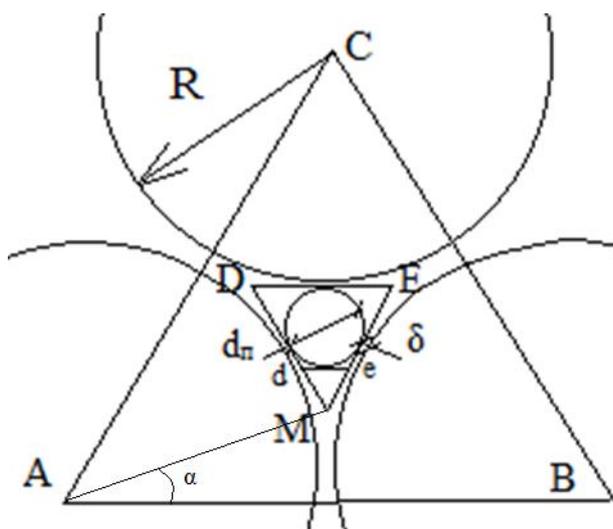
Данная решетка является наиболее универсальной и достаточно упрощенной для дальнейших математических расчетов. Существует также более упрощенная кубическая решетка, которая служит основой в исследованиях О. С. Ксенжека при описании капиллярного равновесия, а также более сложная модель псевдорешеток (ветвящаяся модель) [2]. Последняя используется в основном для наглядного представления связей, а не для математического исследования, так как в ее основе лежит допущение, что часть капилляров не имеет

замкнутых циклов в поровом пространстве, что приводит некоторые расчеты к нерешаемым задачам.

Фильтрующая загрузка, изготовленная на основе горелых пород терриконов и полимерного связующего, может быть представлена в качестве идеального полимербетона со следующими начальными допущениями [3]:

- все частицы имеют сферическую форму;
- радиусы сфер равны,  $R$ ;
- толщина пленки полимерного связующего, покрывающего каждую частицу, одинакова и равна  $\delta$ ;
- образующиеся поровые каналы цилиндрической формы и не имеют тупиков.

Схема модели представлена на рисунке 2, на котором показано соединение частиц твердого вещества на плоскости при условии обеспечения плотной упаковки зерен заполнителя (гексагональное уплотнение по Сликтеру) [4].



**Рисунок 2 – Модель порового пространства идеального полимербетона**

За искомую величину примем диаметр поры  $d_{\text{п}}$ , образующейся при соединении частиц радиусом  $R$ . С одной стороны мы имеем равносторонний треугольник DEM со стороной  $l = DM$ , описанный вокруг окружности диаметром  $d_{\text{п}}$ , с другой – равносторонний шестиугольник со стороной  $l' = de$ , вписанная окружность которого имеет диаметр  $d_{\text{п}}$ . Проводя геометрические преобразования, основанные на подобии треугольников ACB и DEM и задавшись равенством (1):

$$\delta = \bar{\delta} \cdot R, \quad (1)$$

где  $\bar{\delta}$  – относительная толщина пленки, мм,  
получим уравнения:

$$l=3,456 \cdot R \cdot (0,1533 - \bar{\delta}); \quad (2)$$

$$l'=1,315 \cdot R \cdot \bar{\delta} \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{5\bar{\delta}}{9}}{(1 + \bar{\delta}) \cdot \sin \alpha \cdot \arccos \left( \frac{1}{1 + \bar{\delta}} \right)}}. \quad (3)$$

Решая уравнения (2) и (3) как систему относительно параметра  $\bar{\delta}$ , варьируя значения  $R$ , можно найти оптимальное значение толщины пленки связующего и рассчитать его требуемое количество для изготовления фильтроэлемента с заданными параметрами, и наоборот, задавшись требуемым диаметром поры и толщиной пленки, можно подобрать состав загрузки, обеспечивающий приемлемое соотношение экономической эффективности и степени очистки.

Представленная модель имеет ряд допущений, которые существенно отличаются от реальной характеристики структуры предлагаемой фильтрующей загрузки. С целью получения точных результатов и построения действительного уравнения фильтрации существующую модель идеального полимербетона необходимо доработать. Основными допущениями, которые могут существенно изменить конечные уравнения, являются приведение всех частиц к сферической форме и рассмотрение состава загрузки как монодисперсного.

### Список использованных источников

1 Воеводина, Л. А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения [Электронный ресурс] / Л. А. Воеводина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 3(07). – 13 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=119>.

2 Хейфец, Л. И. Многофазные процессы в пористых средах / Л. И. Хейфец, А. В. Неймарк. – М.: Химия, 1982. – 320 с.

3 Корневский, В. И. Расчет пористой полимербетонной перегородки / В. И. Корневский, И. В. Лебедева, А. В. Коновалов. – Ростов-н/Д.: Ростовская-на-Дону государственная академия строительства, 1997. – 58 с.

4 Лейбензон, Л. С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде / Л. С. Лейбензон. – М.: Ростехиздат, 1953. – 457 с.

**С. М. Васильев, П. В. Калинин, М. А. Ляшков**

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

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ В ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ПОСТАНОВКЕ**

В статье отражена экономико-математическая модель, позволяющая учитывать особенности водораспределения и осуществлять оптимизацию водоподачи на орошение мелиоративных систем. В рамках представленной работы предложена экономико-математическая модель мелиоративных систем, содержащая в себе ряд факторов: природно-климатические и агротехнические, технико-экономические показатели орошаемых земель. Формирование модели оптимизации планирования орошения в детерминированной постановке позволяет построить общий план размещения сельскохозяйственного производства на территории оросительной системы и решить вопрос о целесообразности вложений в строительство и реконструкцию отдельных узлов системы.

Ключевые слова: водоподача, водораспределение, оптимизация, орошение, экономико-математическая модель, оптимизация планирования орошения.

Орошение – одно из наиболее эффективных мероприятий, связанных с повышением сельскохозяйственного производства. Однако оно требует значительных материальных и энергетических затрат. Мероприятия, направленные на орошение земель, с одной стороны, связаны с конкретными территориями и требуют различных технических вариантов их осуществления, с другой – зависят от природно-климатических условий, что обуславливает использование различных технологических решений в сельскохозяйственном производстве [1]. В рамках представленной работы будет предложена экономико-математическая модель мелиоративных систем, содержащая в себе ряд факторов: природно-климатические и агротехнические, технико-экономические показатели орошаемых земель. Данная модель позволит осуществлять комплексный анализ всех возможных вариантов развития орошения и выбирать наилучшие из них [2].

Если рассматривать южную зону, дальнейшее наращивание объемов сельскохозяйственного производства возможно только при обеспечении орошением наиболее отзывчивых на водный фактор культур. Без учета этого фактора дальнейшее развитие сельского хозяйства южной зоны практически невозможно.

Задача планирования орошения на уровне речного бассейна решается лишь при усредненных данных и довольно схематичном учете основных условий развития орошения на отдельных массивах. Вместе

с тем такая постановка задачи позволяет исходить из интересов бассейна как для развития сельского хозяйства, так и для использования всех производственных ресурсов, включая площади земельных угодий и водные ресурсы.

Следовательно, задача оптимизации планирования орошения в детерминированной постановке формулируется следующим образом: при фиксированной структуре и параметрах оросительных комплексов и при заданных исходных условиях, в частности ограничениях на трудовые, материальные, земельные и водные ресурсы, найти такие планы развития орошения, которые обеспечивали бы минимум приведенных затрат на развитие орошения [2].

С учетом указанных соображений для решения поставленной задачи может быть использована структурная модель с рядом ограничивающих условий [3]:

- $L_1$  – множество, включающее республики, специализации и орошаемые массивы;
- $L_2, L_6, L_{10}$  – множества товарных культур;
- $L_3, L_7, L_{11}$  – множества кормовых культур соответственно на существующих, реконструируемых и перспективных орошаемых землях за счет собственных водных ресурсов бассейна;
- $L_4, L_8, L_{12}$  – множества товарных культур;
- $L_5, L_9, L_{13}$  – множества кормовых культур соответственно на существующих, реконструируемых и перспективных орошаемых землях за счет водных ресурсов, привлекаемых в бассейн извне;
- $L_{14}, L_{15}$  – множества соответственно товарных и кормовых культур, возделываемых на богаре;
- $L_{16}$  – множество отраслей животноводства;
- $L_{17}$  – множество массивов в 5-м водохозяйственном районе;
- $L_{2i}, L_{6i}, L_{10i}$  – множества технологических схем выращивания  $i$ -й товарной культуры;
- $L_{3i}, L_{7i}, L_{11i}$  – множества технологических схем выращивания  $i$ -й кормовой культуры соответственно на существующих, реконструируемых и перспективных орошаемых землях за счет собственных водных ресурсов;
- $L_{4i}, L_{8i}, L_{12i}$  – множества технологических схем выращивания товарной культуры;
- $L_{5i}, L_{9i}, L_{13i}$  – множества технологических схем выращивания

кормовой культуры соответственно на существующих, реконструируемых и перспективных орошаемых землях за счет водных ресурсов, привлекаемых извне;

-  $L_{14i}, L_{15i}$  – множества технологических схем выращивания соответственно товарной и кормовой культур, возделываемых на богаре;

-  $L_{16i}$  – множество вариантов содержания скота в отрасли животноводства;

-  $y$  – площадь культур (га), соответственно орошаемых на базе собственных водных ресурсов и привлекаемых в бассейн извне, или поголовье скота, выращиваемого на продукции орошаемых земель;

-  $s$  – затраты на 1 га сельскохозяйственных культур, соответственно возделываемых на собственных водных ресурсах и привлекаемых в бассейн извне, или на выращивание расчетной единицы поголовья скота;

-  $V_p$  – располагаемые водные ресурсы бассейна при заданной обеспеченности, млн м<sup>3</sup>/год;

-  $N$  – оросительная норма, тыс. м<sup>3</sup>/год;

-  $h$  – норма водопотребления на одну голову скота, тыс. м<sup>3</sup>/год;

-  $E_{\text{сущ}}$  – размеры существующих орошаемых площадей, га;

-  $j$  – недобор прибыли в период реконструкции системы;

-  $p$  – недобор прибыли в период освоения.

В принятых обозначениях модель рассматриваемой задачи записывается так:

требуется найти минимум функционала:

$$S = \sum_{k \in L_1} (\sum_{L \in L_2} \sum_{r \in L_{2i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_4} \sum_{r \in L_{4i}} \bar{s}_{kr} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_6} \sum_{r \in L_{6i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_8} \sum_{r \in L_{8i}} \bar{s}_{kr} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_{10}} \sum_{r \in L_{10i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{12}} \sum_{r \in L_{12i}} \bar{s}_{kr} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_{14}} \sum_{r \in L_{14i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{13}} \sum_{r \in L_{13i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_5} \sum_{r \in L_{5i}} \bar{s}_{kr} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_7} \sum_{r \in L_{7i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_9} \sum_{r \in L_{9i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{11}} \sum_{r \in L_{11i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{13}} \sum_{r \in L_{13i}} \bar{s}_{kr} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_{15}} \sum_{r \in L_{15i}} s_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{16}} \sum_{r \in L_{16i}} s_{kr} y_{kr} + j + p) \rightarrow \min$$

при следующих условиях:

- ограничение использования располагаемых водных ресурсов бассейна:

$$\sum_{k \in L_1} (\sum_{L \in L_2} \sum_{r \in L_{2i}} N_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_3} \sum_{r \in L_{3i}} N_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_6} \sum_{r \in L_{6i}} N_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_7} \sum_{r \in L_{7i}} N_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{10}} \sum_{r \in L_{10i}} N_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{11}} \sum_{r \in L_{11i}} N_{kr} y_{kr} + \sum_{L \in L_{16}} \sum_{r \in L_{16i}} h_{kr} y_{kr}) \leq V_p;$$

- ограничение на площади существующих орошаемых земель:

$$\sum_{L \in L_2} \sum_{r \in L_{2i}} y_{kr} + \sum_{L \in L_3} \sum_{r \in L_{3i}} y_{kr} + \sum_{L \in L_4} \sum_{r \in L_{4i}} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_5} \sum_{r \in L_{5i}} y_{kr} + \sum_{L \in L_6} \sum_{r \in L_{6i}} y_{kr} + \sum_{L \in L_7} \sum_{r \in L_{7i}} y_{kr} + \sum_{L \in L_8} \sum_{r \in L_{8i}} \bar{y}_{kr} + \sum_{L \in L_9} \sum_{r \in L_{9i}} y_{kr} \leq E_{k, \text{сущ}}, k \in L_1.$$

Модель позволяет учесть особенности водораспределения на мелиоративных системах и осуществить оптимизацию водоподдачи на орошение.

Данная модель реализована в виде программы ЭВМ, которая создана для автоматизации расчетов площадей орошения при минимизации затрат по возделыванию культур на собственных водных ресурсах, привлекаемых извне водных ресурсов, выращиванию поголовья скота. Результатами работы программы являются: матрицы площадей множеств товарных культур, матрицы площадей множеств кормовых культур, выращиваемых на существующих землях за счет внутренних водных ресурсов, привлекаемых извне водных ресурсов.

Формирование модели оптимизации планирования орошения в детерминированной постановке позволяет построить общий план размещения сельскохозяйственного производства на территории оросительной системы и решить вопрос о целесообразности вложений в строительство и реконструкцию отдельных узлов системы.

### Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Перспективы развития мелиорации и водного хозяйства в Российской Федерации [Электронный ресурс] / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 1(05). – 9 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=83>.

2 Воропаев, Г. В. Проблемы управления водными ресурсами Арало-Каспийского региона / Г. В. Воропаев, Г. Х. Исмаилов, В. М. Федоров. – М.: Наука, 2003. – 426 с.

3 Программа расчетов площадей орошения при минимизации затрат по возделыванию культур на собственных водных ресурсах, привлекаемых извне водных ресурсах, выращиванию поголовья скота [Электронный ресурс] / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, П. В. Калинин, Ю. Е. Домашенко. – Progr. для ЭВМ. – Св-во о гос. регистр. прогр. для ЭВМ № 2013619747 от 14.10.2013.

**Ю. Е. Домашенко**

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

## **ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

В статье представлен анализ проблемы технического перевооружения мелиоративных систем в рамках существующего градостроительного, налогового и проектного законодательства. Проведенный анализ свидетельствует о том, что в силу специфики мелиоративных систем в некоторых случаях термин «техническое перевооружение» для них остается по-прежнему актуальным, потому что в настоящее время сельхозтоваропроизводители закупают современную технику и оборудование с дальнейшей ее установкой на существующие оросительные и осушительные сети, что по составу работ является техническим перевооружением.

Ключевые слова: мелиоративные системы, техническое перевооружение, реконструкция, капитальный ремонт линейных объектов, градостроительное, налоговое и проектное законодательство.

Мелиоративные системы подчиняются законам подотрасли земледелия, а именно гидротехнической мелиорации, которая в свою очередь обеспечивает подведение к мелиорированной территории поливных вод, необходимых для регулирования водного режима почв, аккумуляцию влаги в необходимом количестве и в нужное время, сброс избыточной гравитационной влаги за пределы рассматриваемой территории. Основной задачей гидротехнических мелиораций является регулирование водного режима почв, что достигается орошением, осушением, двусторонним регулированием водного режима почв, обводнением территории, строительством водохранилищ [1, 2].

В состав мелиоративной системы, как правило, входят следующие основные узлы: водохранилища; водозаборные и рыбозащитные сооружения на естественных или искусственных водоисточниках; отстойники; насосные станции; оросительная, водосборно-сбросная и дренажная сети; нагорные каналы; сооружения на сети; поливные и дождевальные машины, установки и устройства; средства управления и автоматизации, контроля над мелиоративным состоянием земель; объекты электроснабжения и связи; противоэрозионные сооружения; производственные и жилые здания эксплуатационной службы; дороги; лесозащитные насаждения; дамбы [3].

Мелиоративные системы – это линейные объекты (объекты инженерной инфраструктуры), которые являются одним из видов объектов капитального строительства, разрешение на строительство которых выдается в соответствии со ст. 51 Градостроительного кодекса РФ.

В Градостроительном кодексе присутствуют понятия лишь реконструкции и капитального ремонта линейных объектов капитального строительства [4]:

- «реконструкция линейных объектов – изменение параметров линейных объектов или их участков (частей), которое влечет за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов (мощности, грузоподъемности и других) или при котором требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов»;

- «капитальный ремонт линейных объектов – изменение параметров линейных объектов или их участков (частей), которое не влечет за собой изменение класса, категории и (или) первоначально установленных показателей функционирования таких объектов и при котором не требуется изменение границ полос отвода и (или) охранных зон таких объектов».

Однако в Градостроительном кодексе отсутствует понятие технического перевооружения линейных объектов, каковыми являются мелиоративные системы.

Несмотря на то, что Налоговый кодекс РФ содержит четкое определение понятия технического перевооружения, «к техническому перевооружению относится комплекс мероприятий по повышению технико-экономических показателей основных средств или их отдельных частей на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным» [5].

По мнению Минрегиона России, по своей технологической структуре работы по расширению и техническому перевооружению могут включать в себя создание новых объектов капитального строительства, изменение параметров (конструктивных решений) и инженерного обеспечения существующих зданий и сооружений, а также модернизацию технологического оборудования.

Однако в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2013 № 922 «О федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» определено субсидирование следующих мероприятий: строительство, реконструкция и техническое перевооружение, что в некотором роде противоречит градостроительному законодательству, при этом соблюдаются действующие финансовые нормативы.

Для подведения итога проведенного анализа нормативных и законодательных актов в области градостроительства и проектирования хочется обратить внимание на то, что в силу специфики мелиоративных систем в некоторых случаях термин «техническое перевооружение» для них остается по-прежнему актуальным, так как на сегодняшний день сельскохозяйственные производители закупают современную технику и оборудование с дальнейшей ее установкой на существующие оросительные и осушительные сети, что по набору работ является именно техническим перевооружением.

#### **Список использованных источников**

1 Зайдельман, Ф. Р. Мелиорация почв: учеб. / Ф. Р. Зайдельман. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 448 с.

2 Щедрин, В. Н. Перспективы развития мелиорации и водного хозяйства в Российской Федерации [Электронный ресурс] / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – № 1(05). – 9 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=82&id=83>.

3 Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.08.03-85: утв. Гос. комитетом СССР по делам строительства 17.12.1985: введ. в действие с 01.07.86. – М.: ЦИТП Госстрой СССР, 1986. – 60 с.

4 Градостроительный кодекс РФ: Федеральный закон от 20 апреля 2014 г. № 80-ФЗ: по состоянию на 5 мая 2014 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

5 Налоговый кодекс РФ: Федеральный закон от 2 апреля 2014 г. № 52-ФЗ: по состоянию на 5 мая 2014 г. // Гарант Эксперт 2014 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2014.

## **ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПРОМЫВОК РУСЛА Р. ИНГУЛЕЦ**

Для пространственно-временного анализа качества воды для орошения предложена нейронная сеть. Показано, что по экологическим критериям вода вдоль русла р. Ингулец соответствует первому классу и остается «пригодной» для орошения. На основании исследования динамики агрономических критериев установлено, что по показателям хлоридов вода принадлежит к третьему классу и является «не пригодной» для орошения. Предложенная нейронная сеть для пространственно-временной оценки качества воды позволила оценить пригодность воды для целей орошения: в 2008 г. – при отсутствии промывки, в 2012 г. – при проведении промывок русла днепровской водой. Анализ агрономических критериев показал уменьшение содержания анион-хлора в результате промывки, что способствует улучшению качества воды до «ограниченно пригодной». Другие показатели по агрономическим критериям остались без изменений: как до проведения промывки, так и после, вода относится ко второму классу и является «ограниченно пригодной».

Ключевые слова: пространственно-временной анализ, качество воды для орошения, промывка русла, нейронная сеть, экологический критерий, агрономический критерий.

**Постановка задачи.** Одним из основных условий эффективного орошения является качество оросительной воды, которое существенно влияет на плодородие почв и состояние агроландшафтов [1]. В нижнем течении р. Ингулец вода забирается на орошение Ингулецкой и Явкинской оросительными системами. Однако вследствие сбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями качество используемой воды для орошения не удовлетворяет требованиям по экологическим и агрономическим критериям [2, 3].

Многолетняя хозяйственная деятельность в бассейне р. Ингулец привела к значительному ухудшению природного гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режима, а также снижению способности к самовосстановлению. С целью улучшения качества воды для нужд населения, различных отраслей экономики и орошения на протяжении всего вегетационного периода разработан регламент промывки русла днепровской водой [4]. Для улучшения экологического состояния и обеспечения нормативного качества воды для орошения сельскохозяйственных угодий с 2011 г. подается днепровская вода каналом Днепр-Ингулец. Объем годовой водоподачи с последующим сбросом из Карачуновского водохранилища составляет более 120 млн куб. м [4].

Для оценки эффективности промывок ставится задача разработки экосистемной модели пространственно-временного анализа, которая позволит оценить соответствие качества оросительной воды существующим нормативам и принимать решение о возможности проведения поливов.

**Методика экосистемных пространственно-временных исследований.** Формализация экосистемной модели для принятия решений адекватно представляется моделью нейронной сети [5], особенностью которой является ансамбль формальных нейронов, которые взаимодействуют вдоль русла реки (рисунок 1). В соответствии с нормативными документами при оценке качества оросительной воды выделяют три класса ее пригодности: I класс – «пригодная», II класс – «ограниченно пригодная», III класс – «непригодная». Логико-математическая модель нейрона определяется на основе ограничений (пороговых элементов) в виде неравенств для измеряемых концентраций каждого показателя:

$$A(S_{ij}) = \begin{cases} \text{I класс - "пригодная", если } P_{ij}^1 \leq S_{ij} \leq P_{ij}^2 \\ \text{II класс - "ограниченно пригодная", если } P_{ij}^2 \leq S_{ij} \leq P_{ij}^3, \\ \text{III класс - "непригодная", если } P_{ij}^3 \leq S_{ij} \leq P_{ij}^4 \end{cases}$$

где  $A(S_{ij})$  – определяет класс критериев по измерениям;

$i = 1, 2$  – порядковые номера оценок по экологическим или агрономическим критериям;

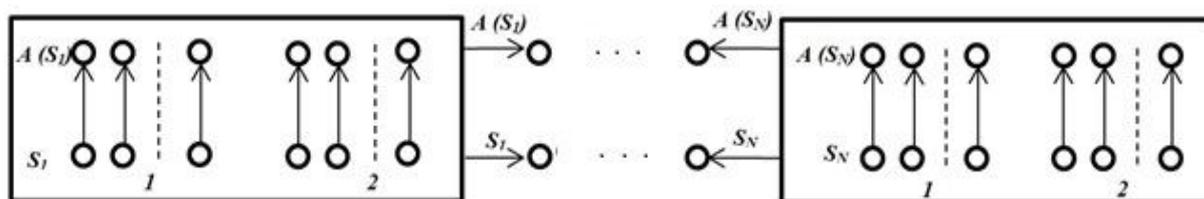
$j \in [1; n_1] \cup [1; n_2]$  – порядковые номера экологических и агрономических критериев;

$n_1$  – количество экологических критериев;

$n_2$  – количество агрономических критериев;

$P_{ij1}, \dots, P_{ij4}$  – ограничения для классификации критериев.

Взаимодействие  $S$ - и  $A$ -элементов между собой в пределах нейронной сети (рисунок 1) реализует интегрированные логико-лингвистические оценки качества воды (классы). Исходные значения элементов и классы для сравнения в пространстве и времени представляются графически в каждой точке измерений вдоль русла реки. Используя существующую базу мониторинговых измерений критериев качества воды, накопленную Государственным агентством водных ресурсов Украины, графическим методом проводим сравнительный анализ их изменений во времени.



1 – оценка по агрономическим критериям; 2 – оценка по экологическим критериям

**Рисунок 1 – Схема оценки качества воды для орошения по ансамблю нейронов**

**Оценка качества воды для орошения по сезонам с учетом регламента промывки русла р. Ингулец днепровской водой.** Анализ внутригодовой динамики изменения качества воды проводится на протяжении года с учетом трех периодов: первый период – с февраля по март; второй период – с июня по август; третий период – с сентября по октябрь. Промывка днепровской водой из Карачуновского водохранилища расходом 20-30 м<sup>3</sup>/с осуществляется только во втором периоде.

Для сравнения эффективности проведения промывок использовались данные 2008 г. (промывка не осуществлялась) с результатами измерений 2012 г., когда промывка осуществлялась согласно регламенту (рисунок 2).

**Качество воды по экологическим критериям.** Согласно анализу качества воды по измеряемым концентрациям железа, марганца, меди и их классов выявлено, что как внутригодовое распределение, так и распределение в разные годы практически не изменяется, остается в пределах значений первого класса. Таким образом, вода является «пригодной» для орошения и не зависит от регламента промывок (рисунок 3).

**Качество воды по агрономическим критериям.** Исследования многих авторов показали, что наиболее опасным загрязнителем воды р. Ингулец при использовании для нужд орошения являются хлориды, поступающие со сточными водами предприятий Криворожского промышленного бассейна [1].

На основании сравнительного анализа пространственной динамики показателя содержания анион-хлора вдоль русла реки выявлено (рисунок 4), что после проведения промывок согласно новому регламенту вода для орошения изменяется от преимущественно «непригодной» к «ограниченно пригодной».

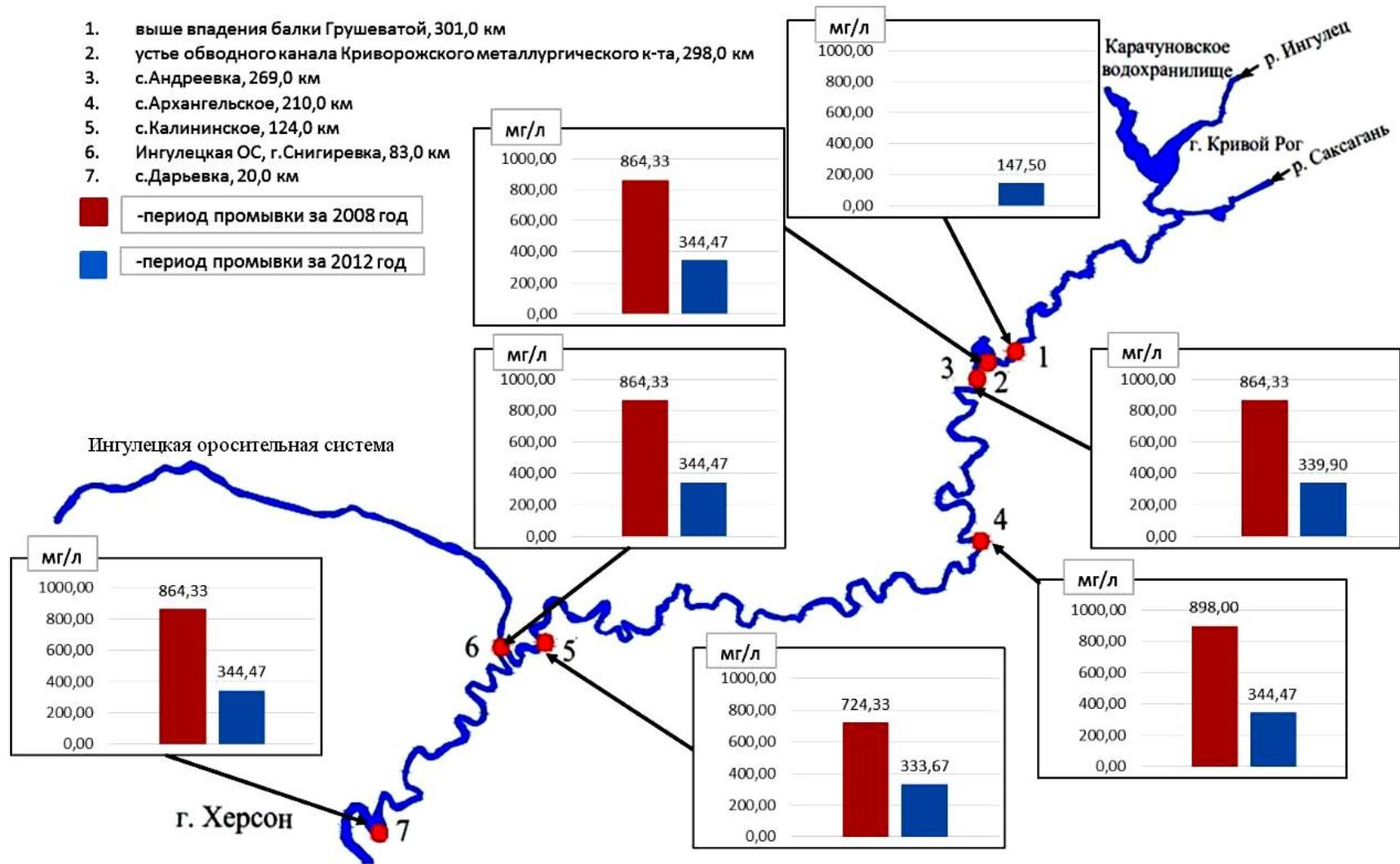
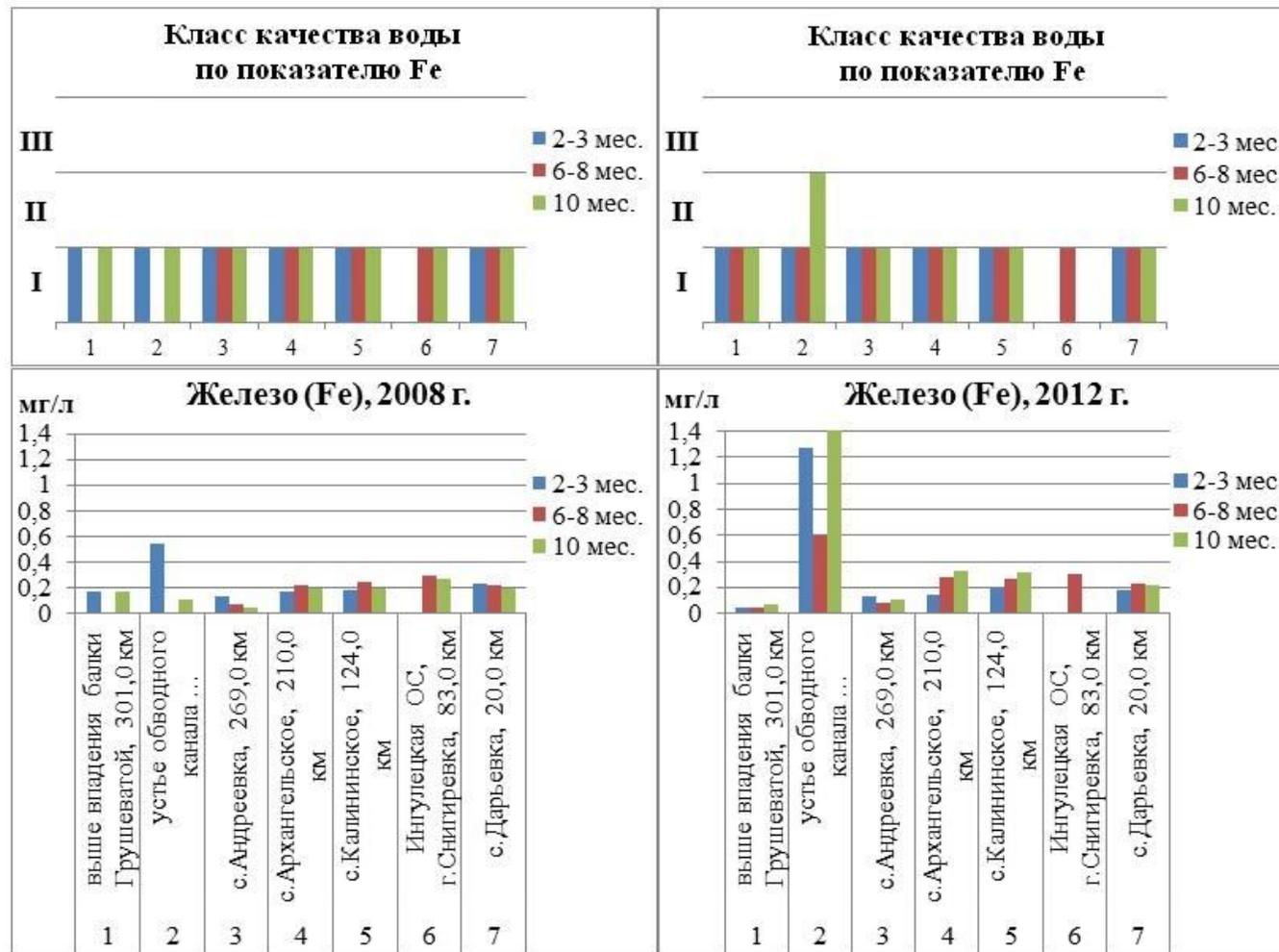
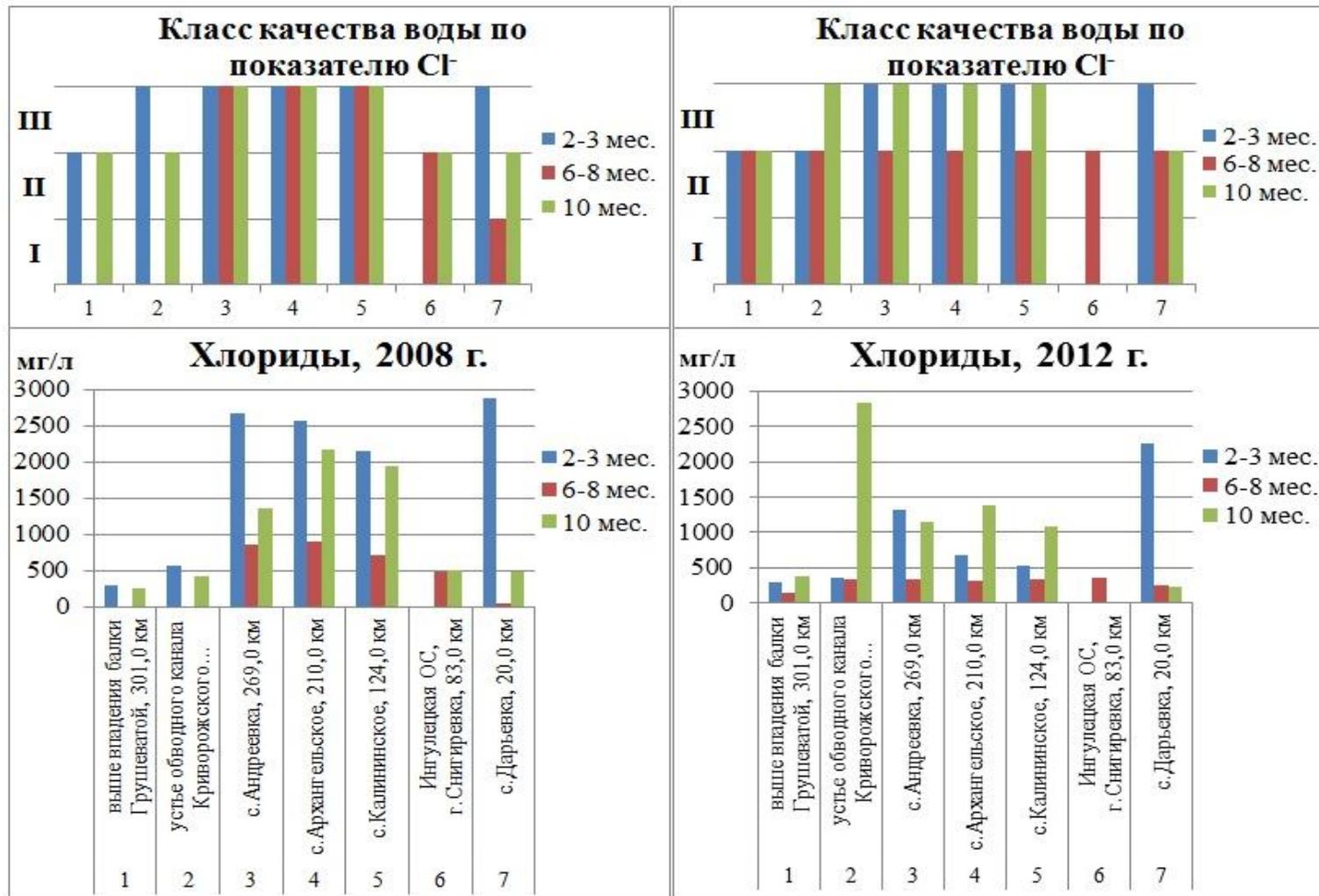


Рисунок 2 – Схема размещения точек отбора проб вдоль р. Ингулец для сравнения эффективности промывок



**Рисунок 3 – Сравнительная характеристика экологических критериев качества воды для орошения вдоль русла р. Ингулец в различные годы (2008 г. – до промывки; 2012 г. – при проведении промывок) и в различные внутригодовые периоды**



**Рисунок 4 – Сравнительная характеристика агрономических критериев качества воды для орошения вдоль русла р. Ингулец в различные годы (2008 г. – до промывки; 2012 г. – при проведении промывок) и в различные внутригодовые периоды**

Таким образом, наблюдается улучшение качества воды при проведении промывок днепровской водой (рисунок 2). В другие периоды исследований без проведения промывок качество воды остается неудовлетворительным, то есть вода «непригодна» для орошения (рисунок 4).

Анализ содержания в воде других элементов ( $\text{HCO}_3^-$ , pH) не подтверждает по агрономическим критериям эффективности проведения промывок.

### **Выводы**

Предложенная нейронная сеть для пространственно-временной оценки качества воды позволила проанализировать пригодность воды для целей орошения вдоль русла р. Ингулец при отсутствии промывки (в 2008 г.) и при проведении промывок русла днепровской водой (в 2012 г.).

Выявлено, что по экологическим критериям качество воды вдоль русла р. Ингулец в годы исследований практически не изменяется и соответствует первому классу. Таким образом, вода «пригодна» для орошения.

Анализ агрономических критериев показал уменьшение содержания анион-хлора ( $\text{Cl}^-$ ) в результате промывки, что способствует улучшению качества воды до «ограниченно пригодной». Другие показатели по агрономическим критериям остаются без изменений: как до проведения промывки, так и после вода относится ко второму классу и является «ограниченно пригодной».

### **Список использованных источников**

1 Моніторинг еколого-агромеліоративного стану земель інгулецької зрошувальної системи і напрями їх подальшого використання / С. Балюк, В. Ладних, М. Солоха, Ю. Афанасьєв, О. Недоцюк, Г. Макарова, С. Говтва, П. Максимов // Водне господарство України. – 2011. – № 4. – С. 20–24.

2 ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. – К.: Мінекономрозвитку України, 2013. – 14 с.

3 ДСТУ 2730-94. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. – К.: Держстандарт України, 1994. – 14 с.

4 Бурлака, В. Промивка р. Ингулец у 2011 році / В. Бурлака // Водне господарство України. – 2011. – № 5. – С. 17-18.

5 Kovalchuk, P. Perceptron Model of System Environmental Assessment of Water Quality in River Basins / P. Kovalchuk, A. Gerus, V. Kovalchuk // 4 International conference on inductive modeling (ICIM-2013), September 16-20. – Kyiv, 2013.

**М. А. Куликова, Т. А. Колесникова**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

## **АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИПРОДУКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ**

С целью определения эколого-экономической эффективности технологии подготовки жидкого навоза свиноводческого комплекса с использованием в качестве реагента отхода производства ацетилена – шлама карбида кальция для утилизации на оросительных системах сточных вод была разработана структура комплексной эколого-экономической оценки реагентной обработки животноводческих стоков, с помощью которой оценена ее эффективность. Определение экономической эффективности технологии проводилось в хозяйстве Белоглинского района Краснодарского края. Расчет капитальных вложений в предложенную технологию выполнялся отдельно для подготовки жидкой и твердой фракций (осадка). Сумма капитальных вложений при обработке жидкой фракции составила 2,543 млн руб., а при обработке твердой фракции – 341,220 тыс. руб. При этом годовые суммы амортизационных отчислений составили соответственно 151,873 тыс. руб. и 21,052 тыс. руб. Предложенная технология позволяет решить вопрос экологически безопасной утилизации ацетилена.

Ключевые слова: биопродуктивная технология утилизации животноводческих стоков, ацетилен, реагент отхода производства, эколого-экономическая эффективность технологии, свиноводческий комплекс.

Анализ литературных данных позволил выявить нерешенные задачи в области определения эколого-экономической эффективности утилизации бесподстилочного навоза, обработанного кальцийсодержащими реагентами на оросительных системах сточных вод.

Рациональное и эффективное использование сточных вод животноводческих комплексов, являющихся ценным вторичным ресурсом, содержащим высокие концентрации биогенных элементов (калия, фосфора и азота), способствует решению экологических, ресурсосберегающих и экономических проблем при утилизации жидких отходов. Целью этого этапа работы являлось определение эколого-экономической эффективности технологии подготовки жидкого навоза свиноводческого комплекса с использованием в качестве реагента отхода производства ацетилена – шлама карбида кальция – для утилизации на оросительных системах сточных вод (ОССВ).

Для достижения указанной цели была разработана структура комплексной эколого-экономической оценки реагентной обработки животноводческих стоков (ЖС), с помощью которой оценена ее эф-

фективность. Структура интегрированной эколого-экономической оценки, разработанная на основе известных упрощенных схем, представлена на рисунке 1. Комплексная оценка включает два этапа: определение экономической эффективности предлагаемой авторами технологии и проведение комплексной оценки ресурсосбережения.

Определение экономической эффективности технологии подготовки СВСП свинокомплекса проводилось в Белоглинском районе Краснодарского края, производительность свинокомплекса 1,5-4,5 тыс. голов, объем СВСП – 600 м<sup>3</sup>/сут. Расчеты проводили с использованием программы Excel 2000.

Расчет капитальных вложений в предложенную технологию выполнялся отдельно для подготовки жидкой и твердой фракций (осадка). Сумма капитальных вложений при обработке жидкой фракции составила 2,543 млн руб., а при обработке твердой фракции – 341,220 тыс. руб. При этом годовые суммы амортизационных отчислений составили соответственно 151,873 тыс. руб. и 21,052 тыс. руб.

Для определения эксплуатационных расходов вычислялись затраты на электроэнергию, заработную плату основных и инженерно-технических работников, суммарные цеховые расходы, затраты на реагенты.

Затраты на электроэнергию ( $Z_{эл}$ ) составили: для обработки жидкой фракции – 68,433 тыс. руб., твердой фракции – 5,443 тыс. руб.

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих ( $Z_{зп}$ ), составившие 279,878 тыс. руб., и инженерно-технических работников, равные 192 тыс. руб., отнесли к расходам средств на обработку жидкой фракции СВСП как имеющей большую производительность и трудоемкость.

Годовые суммы цеховых расходов ( $Z_{ц}$ ) с учетом затрат на охрану труда (0,4608 тыс. руб.) и прочих расходов (5,976 тыс. руб. – для жидкой фракции и 0,273 тыс. руб. – для твердой) составили соответственно 304,79 тыс. руб. и 13,922 тыс. руб.

Согласно предложенной авторами технологии подготовки животноводческих стоков к сельскохозяйственному использованию, в качестве щелочного коагулянта используется отход производства ацетилена – шлам карбида кальция. Высокое содержание в нем активного оксида кальция (80 %) позволило перейти от традиционного применения товарной извести к использованию дешевого шлама карбида кальция. Кроме того, таким способом возможно решить вопрос экологически безопасной утилизации указанного авторами отхода производства ацетилена.



**Рисунок 1 – Структура эколого-экономической оценки утилизации животноводческих стоков с использованием шлама карбида кальция на оросительных системах сточных вод**

В таблицах 1 и 2 приведены результаты расчетов затрат на реагенты ( $Z_{\text{реаг}}$ ) при обработке жидкой фазы ЖС с применением извести или шлама карбида кальция с последующей нейтрализацией кислым удобрением – суперфосфатом. При этом учитывали затраты на потребление чистой воды для разбавления жидкой фракции по содержанию азота 1:1,5 до требуемых 200 мг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 1 – Затраты на реагенты при обработке жидкой фазы ЖС известью и суперфосфатом**

Наименование химических реактивов и препаратов	Расход реагентов, т		Цена 1 т реагента, тыс. руб.	Итого, тыс. руб.
	на 1000 м <sup>3</sup> ПГСК	на 1 год		
Известь	1,5	226,665	3,00	679,995
Суперфосфат	2,0	302,220	3,30	997,320
Чистая вода	1,5	226,665	0,25	56,666
Всего				1733,98
Примечание – Число дней очистки в году – 365; объем обрабатываемой жидкой фракции ПГСК, м <sup>3</sup> : в сутки – 414,0; в год – 160000,0.				

**Таблица 2 – Затраты на реагенты при обработке жидкой фазы ЖС шламом карбида кальция и суперфосфатом**

Наименование химических реактивов и препаратов	Расход реагентов, т		Цена 1 т реагента, тыс. руб.	Итого, тыс. руб.
	на 1000 м <sup>3</sup> ПГСК	на 1 год		
Шлам карбида кальция	2,7	407,997	0,0048	1,99
Суперфосфат	2,0	302,220	3,3000	997,32
Чистая вода	1,5	226,665	0,2500	56,666
Всего				1055,98
Примечание – Число дней очистки в году – 365; объем обрабатываемой жидкой фракции ПГСК, м <sup>3</sup> : в сутки – 414,0; в год – 160000,0.				

После реагентного фракционирования образовавшийся осадок обрабатывали овицидными препаратами растительного происхождения. Затраты на овицидные препараты для дегельминтизации осадка составили 20,16 тыс. руб.

Сравнительный анализ результатов расчетов, представленных в таблицах 1 и 2, показал снижение общей суммы затрат на реагенты (14 %) при замене товарной извести на шлам карбида кальция.

Суммарные годовые эксплуатационные расходы и себестоимость подготовки ЖС приведены в таблице 3.

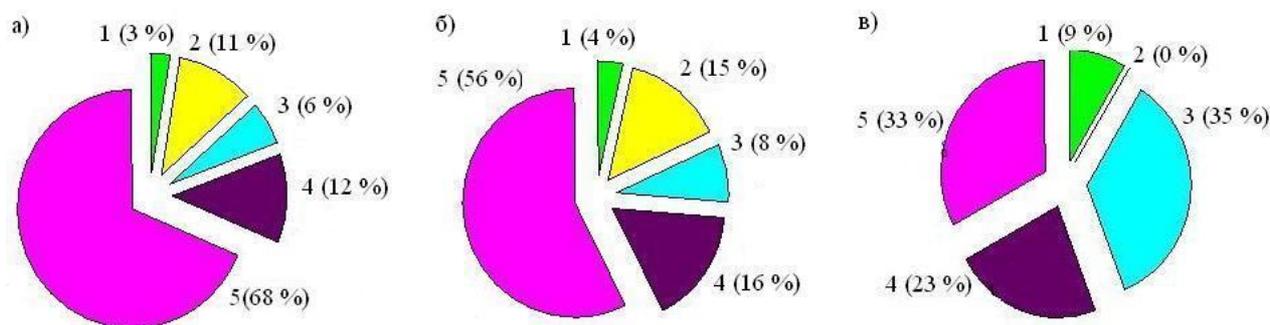
Как видно из таблицы 3, при замене товарной извести на шлам карбида кальция затраты на реагенты при обработке ЖС сократились примерно в 1,6 раза. Использование отхода производства ацетилена позволило уменьшить общую сумму годовых эксплуатационных расходов на 30 %, а себестоимость обработки жидкой фракции почти на

25 %. Себестоимость обработки осадка овицидными препаратами растительного происхождения составила 2,8 руб./м<sup>3</sup>.

**Таблица 3 – Годовые эксплуатационные расходы и себестоимость обработки ЖС**

Показатель	Подготовка жидкой фракции ЖС		Подготовка осадка
	известью	шламом карбида кальция	
Годовой объем обрабатываемой фракции, тыс. м <sup>3</sup> /год	160,0	160,0	21,90
Объем разбавляющей воды, тыс. м <sup>3</sup>	240,0	240,0	0,00
Годовая производительность по фракции <i>W</i> , тыс. м <sup>3</sup> /год	400,0	400,0	21,90
Годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.:			
$Z_{эл}$	68,43	68,43	5,44
$Z_{зп}$	279,88	279,88	0,00
$Z_a$	151,87	151,87	21,52
$Z_c$	304,79	304,79	13,92
$Z_{реаг}$	1733,98	1055,97	20,16
$Z_{эк}$	2567,29	1889,26	61,05
Удельные затраты, руб./м <sup>3</sup> :			
$Z_{уд.эл}$	0,17	0,17	0,26
$Z_{уд.зп}$	0,69	0,67	0,00
$Z_{уд.а}$	0,38	0,37	0,98
$Z_{уд.ц}$	0,74	0,74	0,64
$Z_{уд.реаг}$	3,95	2,59	0,92
Себестоимость подготовки ПГСК ССВСП, руб./м <sup>3</sup>	5,95	4,55	2,81

Сводные затраты по эксплуатации системы подготовки ЖС для утилизации на участках орошения при обработке его жидкой фракции известью и шламом карбида кальция, а также при дегельминтизации твердой фракции ПГСК представлены на рисунке 2.



а – затраты при обработке жидкой фракции известью; б – затраты при обработке жидкой фракции шламом карбида кальция; в – затраты при обработке осадка;

1 – затраты на электроэнергию; 2 – затраты на заработную плату; 3 – затраты на амортизацию; 4 – цеховые расходы; 5 – затраты на реагенты

**Рисунок 2 – Сводные затраты**

Таким образом, анализ экономической эффективности технологии подготовки жидкого навоза свиноводческого комплекса показал, что при замене товарной извести на шлам карбида кальция затраты на реагенты при обработке животноводческих стоков сокращаются в 1,6 раза, общая сумма годовых эксплуатационных расходов – на 30 %, а себестоимость обработки жидкой фракции – на 25 %.

УДК 631.862.2.002.8:628.36.003.13:637.147

**М. А. Куликова, О. А. Суржко, Т. А. Колесникова**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ УТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ КАК ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

Для интегрированной оценки эколого-экономической эффективности утилизации животноводческих стоков учитывали результаты, полученные при расчете эффективности технологии обработки бесподстильного навоза кальцийсодержащими реагентами и анализе ресурсосбережения. При этом учитывали не только технико-экономическую эффективность самих технологий, но и фактор ресурсосбережения, определенный на основе величин возможных предотвращенных ущербов окружающей среде. Результаты свидетельствуют о том, что суммарный предотвращенный ущерб окружающей среде при сокращении объемов добычи калийного сырья составил 0,413-41,7 млн руб., а при сокращении добычи фосфорсодержащей руды – 0,850-32,0 млн руб. Величина суммарного дохода от утилизации стоков в зависимости от площади орошения составила 9,814-232,8 млн руб. Приведенные математические зависимости позволяют прогнозировать величину чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости капиталовложений при различных проектируемых площадях оросительных систем.

Ключевые слова: эколого-экономическая оценка, животноводческие стоки, вторичные ресурсы, инновации, оросительные системы.

Рациональное и эффективное использование сточных вод животноводческих комплексов, или животноводческих стоков (ЖС), являющихся ценным вторичным ресурсом, содержащим высокие концентрации биогенных элементов (калия, фосфора и азота), способствует решению экологических, ресурсосберегающих и экономических проблем при утилизации жидких отходов.

Комплексная оценка включает два этапа: определение экономической эффективности предлагаемой авторами технологии и проведение комплексной оценки ресурсосбережения.

Анализ экономической эффективности биопродуктивной техно-

логии утилизации животноводческих стоков был проведен авторами ранее.

Утилизация ЖС, имеющих высокую агромелиоративную ценность, позволяет сократить потребление чистой воды на орошение и уменьшить потребление и приобретение значительного количества минеральных удобрений. В таблице 1 представлены результаты расчетов уменьшения затрат на орошение и дополнительный доход от использования ЖС на расчетных площадях, принятых авторами в размере 0,5-100 тыс. га.

**Таблица 1 – Результаты расчетов экономии средств на чистой воде и дополнительный доход при использовании ЖС для орошения**

Варианты орошения и удобрения	Показатели									
	$N_{ор}$ , тыс. м <sup>3</sup> /га	$S_{ор}$ , тыс. га	$\Pi$ , руб./м <sup>3</sup>	$C$ , г/м <sup>3</sup>	$\Pi_y$ , руб./т	$D_1$ , млн руб.	$D_2$ , млн руб.	Суммарный доход, млн руб.		
								$D_1$	$D_2$	$D$
Орошение чистой водой	2,0	0,5	100,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,04	0,0	0,28
	2,0	1,0	100,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,08	0,0	0,48
	2,0	5,0	100,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,40	0,0	1,60
	2,0	10,0	100,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,80	0,0	3,20
	2,0	50,0	100,0	0,0	0,0	10,0	0,0	4,00	0,0	16,00
	2,0	100,0	100,0	0,0	0,0	20,0	0,0	8,00	0,0	32,00
Использование ПГСК для удобрения	1,2	0,5	100,0	200,0	2000,0	0,0	0,06	0,00	0,24	0,28
	1,2	1,0	100,0	200,0	2000,0	0,0	0,12	0,00	0,48	0,48
	1,2	5,0	100,0	200,0	2000,0	0,0	0,60	0,00	1,20	1,60
	1,2	10,0	100,0	200,0	2000,0	0,0	1,20	0,00	2,40	3,20
	1,2	50,0	100,0	200,0	2000,0	0,0	6,00	0,00	12,00	16,00
	1,2	100,0	100,0	200,0	2000,0	0,0	12,00	0,00	24,00	32,00

Примечание –  $N_{ор}$  – годовая оросительная норма;  $S_{ор}$  – площадь орошения;  $\Pi$  – стоимость оросительной воды;  $C$  – концентрация азота в обработанных ЖС;  $\Pi_y$  – стоимость удобрений;  $D_1$  – доход от экономии на оросительной воде;  $D_2$  – дополнительный доход от использования ЖС в качестве удобрения;  $D$  – суммарный дополнительный доход.

Анализ данных, приводимых в таблице 1, показал, что экономия средств за счет сокращения потребления чистой воды на орошение пропорционально возрастала от 40 тыс. руб. до 8 млн руб. с увеличением расчетной площади от 0,5 до 100 тыс. га.

Дополнительный доход от использования ЖС в качестве удобрения изменялся от 240 тыс. руб. до 24 млн руб. при росте величины расчетной площади от 0,5 до 100 тыс. га.

Использование ЖС на участках орошения дает возможность значительно сократить добычу минерального сырья для производства

калийных и фосфатных удобрений, а также снизить объемы производства азотных удобрений.

Авторами разработаны новые интегральные оценочные подходы и экономические показатели на примере ПО «Уралкалий» и Подмосковского карьера «Фосфорит» для определения предотвращенных экологических ущербов и расчета степени уменьшения негативного воздействия на водные объекты, воздух и земельные ресурсы горных предприятий, добывающих минеральное сырье. Кроме того, с использованием экономических показателей вычислены возможные предотвращенные ущербы воздушной и водной средам при сокращении производства азотных удобрений.

В частности, была проведена оценка прогнозируемого снижения негативного воздействия на окружающую среду при сокращении добычи калийсодержащего сырья при использовании ЖС для расчетных площадей 0,5-100 тыс. га. Для иллюстрации последующих расчетов авторами предложена дифференцированная структура определения предотвращенного ущерба земельным ресурсам при снижении объемов добычи калийного сырья (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Структура определения предотвращенного ущерба земельным ресурсам при сокращении добычи калийного сырья**

Результаты расчетов общей стоимости нарушенных горным предприятием земель и предотвращенного ущерба земельным ресурсам при уменьшении объемов добычи калийного сырья приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Выводимые из горного отвода земли и их стоимость при различных площадях участков орошения**

Показатель	Площади, орошаемые ЖС, тыс. га					
	0,5	1,0	5,0	10,0	50,0	100,0
Определение необходимого количества удобрений:						
$K_n$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
$M$	35,00	70,00	350,00	700,00	3500,00	10000,00
$\rho_{пп}$ , т/м <sup>3</sup>	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
$A$ , т	184,20	368,40	1842,10	3684,00	18421,00	52632,00
$P$ , %	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
$V_{пп}$ , м <sup>3</sup>	56,68	113,43	566,80	1134,00	5668,00	16194,00
$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
$m_{пл}$ , м	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
$K_{рт}$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
$K_p$	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Площади земель, нарушенных горным предприятием, га:						
$S_{осн. пр}$	0,05	0,10	0,51	1,02	5,12	14,62
$S_{отв}$	0,12	0,15	0,34	0,49	1,23	2,34
$S_d$	0,01	0,010	0,05	0,10	0,51	1,46
$S_{общ}$	0,27	0,390	1,36	2,43	10,29	27,63
Определение расчетной цены нарушенных земель:						
$\Pi_{з.в.}$ , тыс. руб./га			4,10			
$R$ , тыс. руб.			13,50			
$\Pi_{з.р.}$ , тыс. руб./га			33,13			
$C_{общ}$ , тыс. руб.	8,80	12,93	44,98	80,61	340,89	915,21
Примечание – $K_n$ – коэффициент извлечения полезного компонента; $M$ – требуемое количество удобрений; $\rho_{пп}$ – плотность пустой породы; $A$ – эквивалентное количество руды; $P$ – банковская ставка; $V_{пп}$ – объем пустых пород; $\rho$ – плотность руды; $m_{пл}$ – мощность пласта; $K_{рт}$ – коэффициент развития территорий; $K_p$ – коэффициент разрыхления; $S_{осн. пр.}$ – площадь, занимаемая непосредственно шахтой; $S_{отв}$ – площадь отвалов; $S_d$ – площадь внутренних дорог; $S_{общ}$ – суммарная площадь земель, нарушенных горным предприятием.						

Результаты расчетов предотвращенных ущербов окружающей среде при сокращении добычи калийсодержащего сырья представлены в таблице 3.

Для экономической оценки негативного воздействия на окружающую среду предприятия по добыче фосфорсодержащей руды за расчетный период 15 лет определили количество фосфорного сырья,

на которое можно уменьшить его добычу при внесении эквивалентного количества фосфора (по  $P_2O_5$ ) с ЖС. Кроме того, использовали новый способ эколого-экономического анализа с учетом экономических показателей на примере Подмосковского карьера «Фосфорит».

**Таблица 3 – Предотвращенные ущербы окружающей среде при сокращении добычи калийсодержащего сырья**

Показатель	Площади, орошаемые ПГСК, тыс. га					
	0,5	1,0	5,0	10,0	50,0	100,0
Ущерб от горных работ, млн руб.	0,066	0,093	0,311	0,550	2,261	6,000
Максимальная величина просадки, м	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699	0,699
Удельная сдуваемость пыли, мг/см <sup>2</sup>	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219	0,219
Интенсивность пылевыделения, т/год	0,027	0,032	0,075	0,109	0,270	0,512
Величина годового сброса пыли, т/год	0,03	0,05	0,25	0,50	3,50	5,10
Объем годового выброса пыли, усл. т/год	1,00	2,00	10,00	20,00	150,0	200,0
Предотвращенные ущербы водным ресурсам, млн руб./год:						
- ущерб в результате загрязнения пылью;	0,007	0,014	0,070	0,141	1,056	1,408
- ущерб от потери водных ресурсов;	0,034	0,042	0,097	0,142	0,351	0,666
- суммарный ущерб	0,041	0,056	0,168	0,283	1,407	2,074
Масса годового выброса пыли, т/год	0,002	0,004	0,020	0,040	0,300	0,400
Масса годового выброса газов, т/год	0,006	0,012	0,060	0,120	0,990	1,100
Объем выброса пыли и газов, т/год	1,120	2,240	11,20	22,40	178,8	211,9
Предотвращенный ущерб воздушной среде, млн руб./год	0,020	0,040	0,198	0,395	3,154	3,738
Суммарный предотвращенный ущерб окружающей среде, млн руб.	0,025	0,046	0,212	0,415	2,121	5,802
Предотвращенный ущерб за 15 лет, млн руб.	0,413	0,618	2,212	4,013	22,299	41,728

Структура расчетов уменьшения нагрузки и истощения земельных ресурсов, а также оценки предотвращенного ущерба этим ресурсам представлена на рисунке 2.

Рассчитано количество фосфатных удобрений, необходимых для внесения на различных площадях, и эквивалентное им количество фосфорсодержащей руды (таблица 4).

Результаты определения возможного предотвращенного ущерба земельным ресурсам представлены в таблице 5, а расчетов по сокращению негативного воздействия горного предприятия на водную среду и суммарного предотвращенного ущерба окружающей среде при сокращении добычи фосфорсодержащей руды – в таблице 6.



**Таблица 4 – Выводимые из горного отвода земли и их стоимость при различных площадях орошения ЖС за счет сокращения добычи фосфорсодержащей руды**

Показатель	Площади, орошаемые ПГСК, тыс. га					
	0,5	1,0	5,0	10,0	50,0	100,0
$A$ , тыс. т	2,59	5,18	25,90	51,80	259,10	518,20
$V_B$ , м <sup>3</sup>	0,349	0,697	3,487	6,973	34,879	69,758
$m_{пл}$ , м	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Площади земель, нарушенные горным предприятием, га:						
$S_{осн. пр.}$	1,727	3,453	17,267	34,533	172,733	207,280
$S_{отв}$	7,967	11,267	25,275	35,821	80,856	115,134
$S_d$	0,173	0,345	1,727	3,453	17,273	20,728
$S_{общ}$	9,867	15,065	44,269	73,807	270,862	343,242
$\Pi_{з.в.}$ , тыс. руб./га	33,125					
$R$ , тыс. руб.	13,25					
$\Pi_{з.р.}$ , тыс. руб./га	4,10					
$V_{гс}$ , тыс. м <sup>3</sup>	59,202	90,39	265,614	442,842	1625,172	2058,852
$C_{общ}$ , тыс. руб.	130,738	199,611	586,564	977,943	3588,922	4546,632

**Таблица 5 – Возможные предотвращенные ущербы земельным ресурсам при сокращении добычи фосфорсодержащей руды**

Показатель	Площади, орошаемые ПГСК, тыс. га					
	0,5	1,0	5,0	10,0	50,0	100,0
$C_{пп}$ , тыс. руб.	20,435	28,900	64,830	91,881	207,360	295,300
$\Pi$ , тыс. руб.	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
$S_p$ , га	4,934	7,533	22,153	36,904	135,039	171,500
$t_m$ , лет	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
$Z_{вп}$ , тыс. руб./га	3,417	3,417	3,417	3,417	3,417	3,417
$B_{рi}$ , тыс. руб./га	5,999	5,999	5,999	5,999	5,999	5,999
$Z_{рi}$ , тыс. руб./га	4,799	4,799	4,799	4,799	4,799	4,799
$I$	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667
Предотвращенные ущербы, млн руб.:						
$C_I$	0,079	0,119	0,330	0,535	1,832	2,353
$Y_{пп}$	0,059	0,090	0,266	0,443	1,625	2,058
$Y_{вп}$	0,017	0,026	0,076	0,126	0,463	0,586
$Y_{сп}$	0,027	0,041	0,121	0,202	0,740	0,938
$Y_p$	0,044	0,067	0,197	0,328	1,203	1,524
$Y_{зр}$	0,123	0,186	0,527	0,863	3,035	3,878

**Таблица 6 – Предотвращенные ущербы водным объектам и окружающей среде**

Показатель	Площади, орошаемые СВСП, тыс. га					
	0,5	1,0	5,0	10,0	50,0	100,0
Общая величина годового сброса загрязнений в водоем, т/год	0,025	0,050	0,250	0,500	2,500	5,000
Объем годовых сбросов, усл. т/год	1,00	2,00	10,00	20,00	100,00	200,00
Предотвращенный ущерб в результате загрязнения пылью водоемов, млн руб./год	0,007	0,014	0,070	0,141	0,704	1,408
Предотвращенный ущерб окружающей среде за 15 лет, млн руб.	0,850	1,302	3,855	6,450	23,852	32,011

Наиболее полное использование обработанных ЖС позволит увеличить ресурсосберегающую составляющую экологической оценки за счет значительного возрастания величин возможных предотвращенных ущербов окружающей среде и сокращения затрат на приобретение минеральных удобрений.

Для интегрированной оценки эколого-экономической эффективности учитывали результаты, полученные при расчете эффективности технологии обработки бесподстилочного навоза кальцийсодержащими реагентами и анализе ресурсосбережения.

Разработанный авторами алгоритм интегрированной эколого-экономической оценки бездеструктивных по органическим веществам технологий обработки ЖС различными кальцийсодержащими реагентами позволил провести сравнительный анализ их эффективности. При этом учитывали не только технико-экономическую эффективность самих технологий, но и фактор ресурсосбережения, определенный на основе величин возможных предотвращенных ущербов окружающей среде.

Суммарный предотвращенный ущерб окружающей среде при сокращении объемов добычи калийного сырья составил 0,413-41,7 млн руб., а при сокращении добычи фосфорсодержащей руды – 0,850-32,0 млн руб.

Величина суммарного дохода от утилизации ЖС в зависимости от площади орошения составила 9,814-232,8 млн руб.

Графические зависимости, построенные авторами по результатам проведенных расчетов, аппроксимировали с помощью полиномов первой, второй и третьей степени. Достоверность аппроксимации находилась в пределах от 0,9615 до 0,9998, что подтвердило ее высокую

точность. Полученные математические зависимости позволяют прогнозировать величину чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости капиталовложений при различных проектируемых площадях оросительных систем сточных вод. Это позволит обосновать привлекательность инвестиций для внедрения разработанной мелиоративной технологии. При этом необходимо отметить, что дополнительный доход может быть получен от реализации выращиваемых на орошаемых участках кормовых культур.

УДК 631.6

**Р. А. Мурадов, М. А. Барноева, Н. Усманова**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ**

В статье рассмотрены результаты теоретических и полевых исследований по повышению эффективности землепользования в ассоциациях водопотребителей при дефиците оросительной воды. Авторами для оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и повышения производительности водных ресурсов в АВП предполагается внедрять метод «Вариация площадей сельскохозяйственных культур» в зависимости от дефицита воды при помощи предлагаемой модели на ЭВМ, в основе которой лежит система математических зависимостей. Модель позволяет оптимально назначать площади сельскохозяйственных культур при известном дефиците водных ресурсов, а также увеличить продуктивность оросительной воды при учете природно-климатических условий хозяйств и биологических особенностей сельскохозяйственных культур. Опыт оптимизации посевных площадей и подаваемой оросительной воды указывает на то, что при оптимизации необходимо диверсифицировать виды и сорта выращиваемых сельскохозяйственных культур, т. к. только за счет правильной диверсификации можно увеличить экономическую эффективность до 454200 сум/га.

Ключевые слова: дефицит оросительной воды, орошаемое земледелие, эффективность землепользования, ассоциации водопотребителей, урожайность, прибыль.

Дефицит водных ресурсов в Средней Азии, сопряженный как с глобальным изменением климата, так и интересами молодых суверенных государств, приводит к пересмотру использования водных ресурсов на орошаемых землях бассейна Аральского моря. В связи с этим вопросы оптимального назначения площадей сельскохозяйственных культур с учетом различных степеней дефицита воды и внедрения передовых технологий по повышению производительности использования орошаемой воды являются важнейшей задачей для обес-

печения продовольственной и экологической безопасности региона. В этом контексте роль ассоциаций водопотребителей неопределима [1].

Ассоциации водопотребителей (АВП) – некоммерческие и негосударственные организации, создаваемые для эксплуатации ирригационных и мелиоративных систем, а также справедливого водораспределения среди ее учредителей.

В данном исследовании были изучены планы водопотребления, соответствующие им урожайности различных сельскохозяйственных культур в 18-ти АВП Республики Узбекистан. Систематизация и анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

1 Формула Н. Н. Мирзаева, характеризующая зависимость между урожайностью и водообеспеченностью сельскохозяйственных культур, соблюдает условия однородности дисперсий опытов, определяемой критерием Кохрена:

$$\bar{Y} = -1,23\beta^2(\bar{M} - 1)^2 + 1,$$

где  $\bar{Y}$  – относительная урожайность;

$\beta = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$  – произведение коэффициентов, учитывающих тип возделываемой культуры, климат и гидрогеологические особенности района;

$\bar{M}$  – относительная оросительная норма.

2 Члены АВП (фермеры и владельцы приусадебных участков) заинтересованы получать несколько урожаев за сезон.

3 Фермеры заинтересованы в разумной экономии оросительной воды, используемой для полива основных культур, в пользу использования этого объема воды при возделывании повторных культур.

4 Администрация АВП ощущает необходимость в программном обеспечении, позволяющем рекомендовать владельцам приусадебных участков и фермерских хозяйств оптимально распределять площади сельскохозяйственных культур с учетом дефицита водных ресурсов.

С учетом вышесказанного, для оптимизации площадей сельскохозяйственных культур и повышения производительности водных ресурсов в АВП предполагается внедрять метод «Вариация площадей сельскохозяйственных культур» в зависимости от дефицита воды.

Данная задача решается при помощи предлагаемой модели на ЭВМ, в основе которой лежит следующая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N (P_i - C_i) Y_i F_{iopt} = G_{\max} \\ \sum_{i=1}^N M_{inor} F_{iopt} = K_{\text{ЛИМ}} \sum_{i=1}^N M_{inor} F_i' \\ F_{1opt} = f_1 \cdot F \\ F_{2opt} = f_2 \cdot F \\ \dots\dots\dots \\ F_{Nopt} = f_N \cdot F \\ F = \sum_{i=1}^N F_i \end{array} \right. ,$$

где  $F_i$  – процентное соотношение площади сельскохозяйственной культуры к общей площади.

Для решения поставленной задачи авторами была разработана программа на языке DELPHI [2], которая была успешно применена в АВП «Политимид» Каттакурганского района Самаркандской области в 2012-2013 гг.

Разработанная авторами программа «Оптимизация размещения сельскохозяйственных культур» позволяет оптимально назначать площади сельскохозяйственных культур при известном дефиците водных ресурсов, а также увеличивать продуктивность использования оросительной воды с учетом природно-климатических условий хозяйств и биологических особенностей сельскохозяйственных культур. Интерфейс программы довольно прост: вводятся количество сельскохозяйственных культур, поливные нормы, коэффициенты, учитывающие биологические особенности культуры, урожайность, коэффициент водообеспеченности, климатическая зона и т. д. При нажатии кнопки «Расчет» выполняется расчет согласно методике «Вариация площадей сельскохозяйственных культур». Графическое представление результатов выносится при нажатии кнопки «График», затем сохраняется в требуемой папке.

В качестве «опытного» хозяйства выбирались фермерские хозяйства со средними показателями на основе методики В. В. Шабанова. В качестве показателей рассматривалось 7 параметров: климатические, механический состав грунта, уровень подземных вод, сорт растений, водообеспеченность, минерализация воды и засоленность почвы.

Нижеприведенная таблица позволяет сравнить площади пяти сельскохозяйственных культур в зависимости от оптимальной оросительной нормы. Результаты урожайности и прибыли по расчетным и фактическим данным, которые были получены при проведении полевых экспериментов, также отображены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты исследований по оптимизации площади сельскохозяйственных культур в АВП «Политимид»**

Вариант		Лю- церна	Куку- руза	Карто- фель	Томат	Маш	Всего
Оптималь- ная биоло- гическая	планируемая площадь, га	5	25	15	20	2	67
	планируемая оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	2200	5200	4200	3650	3210	
По тради- ционному методу	расчетная оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	1520	3580	2910	2485	2120	
По предла- гаемому методу	расчетная площадь, га	24	18	11	9	2	67
	расчетная оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	2100	5000	4100	3450	2940	
Прибыль, тыс. сум							
Оптималь- ная биоло- гическая	фактическая	2400	6863	23085	17520	7000	56868
По тради- ционному методу	расчетная	1320	3600	12141	9198	3500	29759
	контроль	1380	3375	11628	8322	4500	29205
По предла- гаемому методу	расчетная	21120	2745	10773	2628	10500	47766
	опыт	20592	2520	9177	2409	13500	4898

Из анализа данных таблицы видно, что максимальная прибыль была получена в хозяйствах, которые следовали предложенной методике оптимизации сельскохозяйственных угодий, а не методу (хаотичному), используемому на сегодняшний день многими фермерами и владельцами приусадебных участков.

В условиях обострения водохозяйственной ситуации на трансграничных реках и роста водопотребления при диверсификации сельскохозяйственной продукции в Узбекистане возникает проблема эффективного управления водно-земельными ресурсами. Данная проблема в условиях АВП и фермерских хозяйств может быть решена предлагаемыми моделями, которые обеспечат минимальные потери от различных сельскохозяйственных культур при дефиците водных ресурсов.

Для обширного внедрения разработанных методик нужно установить конкретные оросительные нормы для конкретных массивов, АВП или фермерских хозяйств, так как почвенно-климатические, экономико-хозяйственные и другие условия меняются на протяжении времени и требуют постоянной корректировки. В целях диверсификации сельскохозяйственной продукции необходимо расширить возможности владельцев приусадебных участков в получении семенного материала, оборудования, а также создать условия для распространения знаний и навыков для возделывания менее влаголюбивых, но более ценных культур. Не менее важным является предоставление прогнозных рыночных цен на выращиваемую сельскохозяйственную продукцию.

### **Выводы и рекомендации**

1 Разработанный метод «Вариация площадей сельскохозяйственных культур» учитывает возможные перспективы распределения водных и земельных ресурсов в ассоциациях водопотребителей.

2 Разработана экономико-математическая модель по оперативной оптимизации площадей сельскохозяйственных угодий при дефиците оросительной воды. Опыт оптимизации посевных площадей и подаваемой оросительной воды указывают на то, что при оптимизации необходимо диверсифицировать виды и сорта возделываемых сельскохозяйственных культур, т. к. только за счет правильной диверсификации можно увеличить экономическую эффективность до 454200 сум/га (фермерское хозяйство «Олтин куз»).

3 Применение вышеприведенной программы нуждается в определении точных биржевых цен, количества водных ресурсов и обустройстве достаточного количества водомерных устройств.

### **Список использованных источников**

1 Продуктивность оросительной воды и дренаж / Р. А. Мурадов, Р. Тураханов, Ф. Бараев, А. Бараев // Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигида сув ва ресурс тежовчи технологиялар: мавзусида халқаро илмий-амалий конференция маърузалари асосидаги мақолалар тўплами. – Тошкент: ЎзПИТИ, 2008. – Б. 106-107.

2 Сугориш суви танқислигида қишлоқ хўжалик экин майдонларини оптималлаштириш буйича дастур: программа для ЭВМ / Р. А. Мурадов, Ф. А. Бараев, Ж. Худайназаров, Н. А. Мурадова. – DGU №01853. – Ташкент, 2009.

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВА ЛЕГКИХ БЕТОНОВ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

В статье приведены результаты технико-экономического анализа эффективности составов, произведенного на основании разработанных в последнее время физико-аналитических методов проектирования состава бетона, основанных на аналитических зависимостях, отражающих свойства бетона и бетонной смеси как функцию их состава и характеристик применяемых материалов. В частности, при получении аналитической зависимости консистенции бетонной смеси как функции ее состава, использовался структурный подход, при котором бетонная смесь рассматривалась как ряд входящих друг в друга двухкомпонентных подсистем, состоящих из твердой и жидкой фаз. При получении аналитической зависимости рассматривалась возможная модель взаимодействия твердой и жидкой фазы, выявлялись структурные характеристики, определяющие характер этого взаимодействия. Представлена возможность произвести окончательный выбор проектного состава по любому критерию оптимизации – минимуму вяжущего вещества, минимальной объемной массе бетона, минимальной стоимости компонентов и т. д., в том числе и по коэффициенту фильтрации.

Ключевые слова: легкие бетоны, проектирование бетона для мелиоративного строительства, проектные требования, свойства бетона, свойства составляющих, коэффициент фильтрации.

Легкие бетоны широко применяются при производстве теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных материалов. Кроме этого, их применяют в мелиоративном строительстве, при устройстве откосов дренажных каналов в качестве фильтрующих откосов, а также для изготовления колодцев и дренажных труб и т. д.

Методы проектирования состава легких бетонов в определенных условиях должны учитывать влияние различных факторов на свойства легкого бетона и бетонной смеси. Термин «проектирование состава» означает определение оптимального соотношения между компонентами бетона, обеспечивающего при соблюдении технологических условий приготовления приобретение материалом необходимых физико-механических свойств, и заменяет термин «подбор состава бетона». Смена терминов отражает произошедшие в последнее время изменения в принципах назначения состава бетона. До 80-х годов прошлого века назначение состава бетона базировалось на ряде

приближенных эмпирических зависимостей и предполагало тщательную экспериментальную корректировку определенного расчетным путем состава бетона [1, 2].

Позволяя достаточно точно назначать составы бетона и получать однозначное решение, методы подбора не позволяли производить технико-экономический анализ эффективности составов, не гарантировали оптимальность принятого решения. Такой анализ позволяют произвести разработанные в последнее время физико-аналитические методы проектирования состава бетона, основанные на аналитических зависимостях, которые отражают свойства бетона и бетонной смеси как функцию их состава и характеристик применяемых материалов [3]. В частности, при получении аналитической зависимости консистенции бетонной смеси как функции ее состава использовался структурный подход, при котором бетонная смесь рассматривалась как ряд входящих друг в друга двухкомпонентных подсистем, состоящих из твердой и жидкой фаз. Вязкость каждой из подсистем определялась вязкостью жидкой фазы, степенью насыщения ее твердой фазой, а также свойствами твердой фазы. При получении аналитической зависимости рассматривалась возможная модель взаимодействия твердой и жидкой фазы, выявлялись структурные характеристики, определяющие характер этого взаимодействия [3].

Так, вязкость цементного теста как самостоятельной фазы (условно названная функцией  $B$ ) определялась зависимостью (1):

$$B = 3/2 \frac{B/C}{\text{НГ}}, \quad (1)$$

где НГ – нормальная плотность цементного теста.

Вязкость растворной составляющей ( $\eta_p$ ) определялась двучленной зависимостью (2):

$$\lg \eta_p = m(A - B), \quad (2)$$

где  $m$  – уточняющий коэффициент, зависящий от времени, при  $t = 0$   $m = 1$ ;

$A$  – функция насыщения раствора песком:

$$A = \chi + F_n / K_a;$$

$\chi$  – песчано-цементное отношение;

$F_n$  – опорный параметр, определяющий состояние поверхности песка ( $F_n = 2,5-3,5$ );

$K_a$  – коэффициент адсорбции, зависящий от удельной поверхности песка, вязкости цементного теста и песчано-цементного отношения.

Зависимость вязкости бетонной смеси от ее состава трехчленна:

$$Ж_{6,c} = m(A - B + C), \quad (3)$$

где  $Ж_{6,c}$  – консистенция бетонной смеси, определяемая стандартными приборами;

$C$  – функция насыщения бетонной смеси крупным заполнителем.

Структурной характеристикой, определяющей взаимодействие раствора и крупного заполнителя, является величина  $K_n$ , названная коэффициентом насыщения и представляющая собой отношение расхода крупного заполнителя в смеси к его максимально возможному численно равному объемному весу.

Совместное решение уравнения (3) с уравнениями водоцементного отношения и абсолютных объемов позволяет получить не один, а серию различных составов бетона, обладающих одинаковыми свойствами – консистенцией бетонной смеси, прочностью и плотностью бетона. Получение серии составов соответствует множественности решений системы трех уравнений с четырьмя неизвестными.

Выбор одного из них может производиться по любому признаку оптимизации – минимальному расходу вяжущего, минимальной стоимости и т. д. Такой метод проектирования состава бетона детально разработан в работе В. Довжика [4].

Рассматривая легкие бетоны плотного строения, по аналогичной схеме можно считать, что при сохранении зависимостей (1) и (2), определяющих вязкость растворной части, следует заменить зависимость (3) другой, связывающей консистенцию легкогобетонной смеси с вязкостью раствора, определяемой по выражению (2), степенью насыщения ее легким крупным заполнителем и его свойствами.

Известно несколько зависимостей такого вида. Анализируя их и сравнивая полученные расчетные данные с результатами проведенных экспериментов, можно сделать вывод о том, что наилучшее сов-

падение с экспериментальными данными дает зависимость, приведенная в работе В. Довжика [4]:

$$\frac{Ж_{б.с.}}{0,15\eta_p} = 1 + 1,12\delta^{-1,6}, \quad (4)$$

где  $Ж_{б.с.}$  – жесткость бетонной смеси;

$\eta_p$  – вязкость раствора, определяемая по выражению (3);

$\delta$  – половина теоретической толщины прослойки между зернами крупного заполнителя.

Введение коэффициента 0,15 связано с тем, что вязкость раствора по выражению (2) определялась на шариковом вискозиметре, и величина 0,15 является коэффициентом перехода к техническому вискозиметру.

По известной величине  $\delta$  из выражения (6) можно определить объемную концентрацию крупного заполнителя  $\varphi$ :

$$\delta = 1000 \frac{(1-\varphi-\alpha)}{\varphi S_{уд}}, \quad (5)$$

$$\varphi = \frac{1000(1-\alpha)}{S_{уд} \cdot \delta + 1000}, \quad (6)$$

где  $\alpha$  – пустотность крупного заполнителя в долях единицы;

$\varphi$  – объемная концентрация крупного заполнителя в долях единицы;

$S_{уд}$  – условная удельная поверхность крупного заполнителя в  $m^2/m^3$ :

$$S_{уд} = 6K_\phi / d,$$

где  $K_\phi$  – коэффициент, учитывающий отклонение формы зерен крупного заполнителя от шаровой. Для керамзитного гравия  $K_\phi \approx 1,5$ .

Прочностные характеристики легкого бетона являются функцией прочности раствора ( $R_p$ ) и степени насыщения его крупным заполнителем ( $\varphi$ ):

$$R_б = R_p(1-\varphi) + R_k \cdot \varphi, \quad (7)$$

где  $R_p$  – прочность раствора, зависящая от уровня прочности цемента и величины водоцементного отношения;

$R_k$  – прочность керамзита;

$\varphi$  – объемная концентрация керамзита в смеси.

Таким образом, расчет состава бетона на керамзитовом заполнителе сводится к совместному решению системы уравнений (3-7) и уравнения абсолютных объемов. Учитывая сложную структуру расчетных уравнений, решение удобнее производить в численном виде. Исходными данными являются задаваемые техническими условиями прочность бетона ( $R_6$ ), жесткость бетонной смеси ( $J_{6.c.}$ ) и определяемые лабораторным путем свойства применяемых материалов ( $HГ, F_n, S_{уд}, \alpha, R_k$ ). Для каждой величины водоцементного отношения в диапазоне 0,35-0,65 с шагом через 0,05 определяется параметр  $V'$  (1). Задаются величины песчано-цементного отношения в диапазоне:  $\chi=0,3-1$  для  $V/Ц = 0,3$ ,  $\chi=0,6-0,8$  для  $V/Ц = 0,4$ ,  $\chi=1,4-2,5$  для  $V/Ц = 0,5$  и  $\chi=2-3,2$  для  $V/Ц = 0,6$ . По выражению (2) определяется величина вязкости раствора  $\eta_p$ . По известной величине вязкости раствора и заданной жесткости бетонной смеси по зависимости (4) определяется необходимая величина  $\delta$ . По определенной величине  $\delta$  и известным значениям  $S_{уд}$  и  $\alpha$  определяется  $\phi$  – объемная концентрация крупного заполнителя в долях единицы.

Из уравнения абсолютных объемов определяется объем раствора:

$$V_p = 1 - \phi.$$

По известному объему раствора определяется расход цемента из выражения:

$$Ц = \frac{V_p}{1/P_{ц} + V/Ц + \chi/P_n},$$

где  $P_{ц}, P_n$  – плотность цемента и песка.

По известным величинам расхода цемента, водоцементного и песчано-цементного отношения определяются расходы воды и песка. В результате получают ряд таблиц составов легкогобетонной смеси, обладающих одинаковой консистенцией, для каждого из которых в процессе расчета определены величины  $V/Ц$  и  $\phi$ , определяющие, согласно выражению (7), прочность бетона. Это позволяет из серии таблиц составить одну, содержащую составы бетона, отвечающие проектным требованиям жесткости бетонной смеси и прочности бетона. Окончательный выбор проектного состава из этой серии может производить-

ся по любому критерию оптимизации – минимуму вяжущего, минимальной объемной массе бетона, минимальной стоимости компонентов и т. д. [5, 6].

### **Выводы**

1 На основе многочисленных исследований в настоящее время получен ряд аналитических зависимостей, достаточно легко описывающих физико-механические характеристики бетона и бетонной смеси в зависимости от их состава и свойств составляющих материалов.

2 Широкое применение современных средств вычислительной техники позволяет достаточно просто численно реализовать решение системы расчетных уравнений.

3 Полученные многочисленные табличные решения позволяют производить широкий технико-экономический анализ оптимизации составов бетона по любому параметру, в том числе и по коэффициенту фильтрации.

### **Список использованных источников**

1 Баженов, Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов. – М.: Высшая школа, 1978. – 599 с.

2 Рыбьев, И. А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ / И. А. Рыбьев. – М.: Высшая школа, 1978. – 197 с.

3 Пунагин, В. Н. Основы проектирования составов бетона / В. Н. Пунагин. – Т.: Узбекистан, 1976.

4 Технология высокопрочного керамзитобетона / В. Довжик [и др.]. – М.: Стройиздат, 1976.

5 Свидетельство № DGU 00582. Программа для ЭВМ «Beton – PL.FOR – программа для расчета состава бетонной смеси» / Т. Муслимов, А. Муратов [и др.]; Государственное патентное ведомство Республики Узбекистан, Ташкент, 13.11.2002.

6 Муратов, А. Р. Влияние продолжительности модулированных многопараметрических колебаний на реологию бетонных смесей / А. Р. Муратов, Б. Б. Хасанов, А. М. Годованников // Строительство и архитектура Узбекистана. – 2000. – № 1.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТНО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

В статье приводятся явления и факторы, вызывающие отказ материалов и конструкций мелиоративных систем и сооружений (каналов, коллекторов, гидроузлов, насосных станций). Подчеркивается важность разработки требований и критериев для оценки качества выполнения работ на водохозяйственных объектах, приведены основные функции и требования к их форме. В качестве основных мероприятий по уменьшению ущерба от последствий или предотвращению наступления нештатных ситуаций, отказов водохозяйственных объектов рекомендуется проводить разработку технических, технологических требований и критериев для оценки качества выполнения очистных, ремонтно-восстановительных и строительных работ на водохозяйственных объектах, принимать неотложные меры по капитальному ремонту и реконструкции водохозяйственных объектов и созданию необходимого материально-технического резерва в случаях возникновения чрезвычайных ситуаций, соответствующее кадровое обеспечение организаций сервисного обслуживания и эксплуатации гидротехнических сооружений, укрепление регионального сотрудничества в области организации согласованных эксплуатационных режимов, предупреждения, локализации и ликвидации последствий аварий на гидротехнических сооружениях, обеспечение эффективной системы мониторинга, обновление и укрепление нормативно-правовой базы отрасли. Дан пример технических, технологических требований и критериев оценки качества выполнения бетонных ремонтно-восстановительных и строительных работ, проводимых на мелиоративных системах.

Ключевые слова: эксплуатационные показатели, технические и технологические требования, критерии оценки качества проведенных работ, ремонтно-восстановительные работы, база данных по объектам.

Ирригационные каналы, открытые коллекторы и дрены, закрытые дренажные системы и сооружения на них, насосные станции постоянно подвергаются влиянию как природно-климатических, так и искусственных факторов, которые вызывают их деформацию и заиление, т. е. ухудшение эксплуатационных показателей. Самыми распространенными разрушениями ирригационных и мелиоративных систем, вызываемыми природно-климатическими факторами, являются обвалы, оползни вследствие фильтрации оросительных и грунтовых вод, размывы откосов поверхностными водами, повреждения сооружений и креплений откосов, образование трещин и оползней в откосах при замерзании и оттаивании, а также заиление, зарастание гру-

бостебельчатой и древесной растительностью. Искусственные факторы вызывают деформацию и угрозу чрезвычайных ситуаций, потерю прочности, устойчивости конструкций сооружения, износ насосно-силового оборудования, заиление ирригационных каналов, коллекторов и дрен. Искусственные факторы связаны с неправильной деятельностью человека и обусловлены в основном ошибками, допускаемыми при проектировании и строительстве (недостаточное число переездных и водоподпорных сооружений, переходов, водопоев и скотопрогонов, бытовых сооружений), а также различными повреждениями и нарушениями проектных параметров оросительной и коллекторно-дренажной сети при производстве очистных и ремонтно-восстановительных работ, отсутствием или низкой эффективностью государственного надзора за их безопасностью, недостаточностью инженерных изысканий при строительстве плотин и насосных станций, недооценкой сейсмической опасности, отсутствием или низким профессиональным уровнем эксплуатационного контроля состояния насосно-силового и электротехнического оборудования гидротехнических сооружений, пренебрежением эксплуатирующими организациями правилами обеспечения безопасности и предотвращения чрезвычайных ситуаций и другими [1].

Оценка фактического технического состояния водохозяйственных объектов характеризуется следующими явлениями, ухудшающими эксплуатационные показатели:

- *на каналах*: деформация сечения, размыв, разрушение железобетонных конструкций и креплений, заиление, износ гидромеханического и электротехнического оборудования на сооружениях, расположенных на каналах;

- *на коллекторах*: заиление, обрушение откосов, размыв русла и креплений на них, в результате которых возникают подпоры и снижаются пропускные способности коллекторов, деформация и разрушение сооружений, расположенных на коллекторах;

- *на гидроузлах*: деформация, повышенная фильтрация под флютбет (рисберму, водобой и водослив), заиление верхнего и нижнего бьефов, износ гидромеханического и электротехнического оборудования, отсутствие резервного электропитания, деформация и коррозия арматуры железобетонной конструкции, недостаточная ос-

нащенность контрольно-измерительной аппаратурой, неустойчивая система освещения и связи, отсутствие автоматизированных систем управления затворами;

- *на насосных станциях*: исчерпание ресурса работоспособности насосно-силового, технологического и электротехнического оборудования, абразивный и кавитационный износ насосов, напорных трубопроводов, недостаточная оснащенность контрольно-измерительной аппаратурой, отсутствие резервного электропитания, виброактивность и перегрев агрегатов, неисправность и недостаточная эффективность сороочистительных сооружений, подмыв, разрушение и заиливание аванкамеры, напорных бассейнов.

Существующее положение дел вызывает серьезные опасения в связи с накладывающимися друг на друга проблемами, повышающими интенсивность отказов материалов и конструкций ирригационных гидротехнических сооружений, которые в совокупности или в отдельности могут привести к аварии объектов. К ним относятся:

- изменение в сторону снижения заложенных проектными решениями технических и эксплуатационных параметров из-за длительности сроков 30-50 и более лет и перегруженности режимов эксплуатации ирригационных сооружений вследствие перехода на интенсивное земледелие;

- коррозия и старение материалов, конструкций сооружений;  
- высокая изношенность основных водохозяйственных фондов;  
- изменение зон районирования и фактического состояния сейсмической активности территорий, на которых расположены ирригационные гидротехнические сооружения, и в связи с этим снижение сейсмической стойкости сооружений;

- увеличение частоты оползневых, селевых и ливневых явлений и других гидродинамических воздействий;

- ограниченность средств на реконструкцию и своевременный капитальный ремонт водохозяйственных объектов;

- расположение некоторых гидротехнических сооружений на трансграничных водотоках, в том числе и в сопредельных странах, ухудшение технического состояния и аварии на которых могут привести к тяжелым последствиям;

- низкое качество изготавливаемых промышленностью строительных материалов и производства ремонтных работ, при осуществлении которых, как правило, должны применяться технологии, отличные от используемых при строительстве. В то же время требования к их качеству остаются высокими, так как в первую очередь нужно обеспечить высокую адгезию и удобоукладываемость в стесненных условиях;

- отсутствие применения в отношении субъектов правонарушений административной и иной ответственности как правового воздействия за отклонение от норм и требований по безопасности гидротехнических сооружений;

- недостаточная в некоторых случаях квалификация работников эксплуатирующих организаций, строительных и проектных организаций, а также качество выполнения ими требований и норм действующих законодательных, нормативно-правовых и нормативно-технических документов;

- недостаточная оснащенность сооружений аварийными запасами оборудования, материалов, инвентаря, инструмента, средств автоматики, связи и оповещения;

- недостаточная оснащенность большей части гидротехнических сооружений контрольно-измерительной аппаратурой для эффективной системы мониторинга технического состояния;

- отсутствие налаженной системы повышения квалификации специалистов и инженерно-технических работников подрядных, проектных и эксплуатирующих организаций.

Исследование вышеуказанных причин, которые могут привести к возникновению нештатных ситуаций, отказов, и, как следствие, к авариям на сооружениях, свидетельствует об их большом разнообразии и сложности. Поэтому основные мероприятия по уменьшению ущерба от последствий или вовсе по предотвращению наступления нештатных ситуаций, отказов водохозяйственных объектов должны включать [2]:

- разработку технических, технологических требований и критериев для оценки качества выполнения очистных, ремонтно-восстановительных и строительных работ на водохозяйственных объектах;

- неотложные меры по капитальному ремонту и реконструкции водохозяйственных объектов и создание необходимого материально-технического резерва в случаях возникновения чрезвычайных ситуаций;

- обеспечение организаций сервисного обслуживания (строительства и ремонта, реконструкции, реабилитации и т. д.) и эксплуатации гидротехнических сооружений специалистами, работниками высокой, современной квалификации с навыками применения информационных технологий;

- укрепление регионального сотрудничества в области организации согласованных эксплуатационных режимов, предупреждения, локализации и ликвидации последствий аварий на гидротехнических сооружениях, расположенных на трансграничных водотоках;

- обеспечение эффективной системы мониторинга технического состояния и безопасности гидротехнических сооружений;

- обновление и укрепление нормативно-правовой базы отрасли (основательный пересмотр большей части норм проектирования, организации строительства и производства работ, сметных норм и норм расхода материалов с учетом складывающейся водохозяйственной обстановки, опыта эксплуатации, критической оценки недостатков и последствий нештатных ситуаций, отказов и аварий, оснащенности новыми мелиоративными, строительными машинами и т. д.).

Основные функции технических, технологических требований и критериев оценки качества выполнения очистных, ремонтно-восстановительных и строительных работ должны обеспечивать [3]:

- стабильность проектных показателей отремонтированного объекта с использованием прогрессивных технологий, строительных материалов и изделий, соответствующих требованиям технического регламента их производства;

- ответственность подрядных организаций за выполнение требований безопасности объектов после производства капитального (текущего) ремонта сооружений;

- ответственность контролирующих и экспертных органов за разрешение на возможность реконструкции и за выполнение требований безопасности при ремонте, реконструкции и изменении режимов работы сооружений;

- соответствие применяемых строительных, мелиоративных машин и грузоподъемных механизмов, а также специального оборудования требованиям технической и технологической безопасности и требованиям соответствующих технических регламентов;

- возможность контроля выполнения всех технологических операций, от которых зависят качество работ, безопасность гидротехнических и мелиоративных сооружений, при этом уровень риска не должен быть выше допустимого, установленного для конкретного водохозяйственного объекта или отдельно стоящего сооружения;

- ведение базы данных технического состояния контролируемых объектов (наличия и расположения дефектов, отклонений от заданных параметров, записей экспертов и персонала, зарисовок и фотографий);

- возможность осуществления входного контроля и отбраковки материалов и результатов работ;

- возможность сопоставления фактических значений контролируемых показателей с критериями безопасности для оценки состояния сооружений.

Свод технических, технологических требований и критериев для оценки качества должен быть выполнен в сетевом варианте по технологии «клиент–сервер» и должен обеспечивать возможность предоставления контролирующим органам через корпоративную сеть информации о качестве ремонтно-строительных работ и объекта в целом в заданных объемах и формах.

Основные технические и технологические требования и критерии оценки качества, определяющие структуру ввода, форматы представления данных в системе и взаимодействие с пользователями, должны отвечать следующим требованиям [3]:

- технологические требования и критерии для оценки качества должны иметь блочную структуру, обеспечивая накопление информации (в ручном и автоматическом режиме), обработку информации и анализ (диагностику) состояния объектов контроля, а также возможность достраивания блоков с включением дополнительных объектов контроля и дополнительных функций;

- технологические требования и критерии для оценки качества должны обеспечивать для каждого объекта текущий оперативный

контроль качества работ, безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений, а также предоставлять экспертам информацию об организации и техническом состоянии системы контроля безопасности сооружений;

- состав информации должен включать данные о результатах визуальных осмотров и обследований, результаты инструментальных исследований, заключения и рекомендации комиссий по приемке работ, обследованию и освидетельствованию сооружений и оборудования, результаты (выводы) дополнительных изысканий и научных исследований, связанных с оценкой состояния сооружений и оснований;

- система должна быть защищена от несанкционированного доступа и повреждений техногенного и природного характера.

*Пример технических, технологических требований и критериев оценки качества выполнения бетонных ремонтно-восстановительных и строительных работ*

Работы по устройству противофильтрационных облицовок каналов (монолитных и сборных бетонных и железобетонных, бетонно-пленочных, пленочных и грунтовых) следует производить непосредственно вслед за выравниванием проектных параметров сечения канала. Устройство монолитных бетонных, железобетонных облицовок каналов следует выполнять, максимально используя комплекты бетоноукладочных машин и оборудования. Укладку сборных железобетонных плит в облицовку каналов следует производить непосредственно с транспортных средств. Укладка плит должна производиться сначала на дно канала, а затем на откосы. При опускании на откосы плиты должны находиться в положении, параллельном откосам, что достигается путем применения специальной оснастки (строп с ветвями разной длины, поворотных устройств и манипуляторов). При устройстве бетонно-пленочных облицовок с покрытием из сборных железобетонных плит перед монтажом плит в места будущих стыков следует укладывать на пленку полоски из плотного геотекстиля шириной не менее 20 см, обеспечивающие защиту пленки от повреждений. Укладка бетона на пленку должна осуществляться картами со сторонами до 3 м, ограниченными инвентарными приспособлениями. Во избежание повреждения пленки высота выгрузки бетонной смеси из бадей должна быть не более 0,5 м. При выполнении работ

по монтажу плит и укладке монолитного бетона для обеспечения сохранности пленки следует применять переносные устройства, трапы с гладкой нижней поверхностью. В процессе укладки плит следует обеспечивать необходимую величину зазора между ними в местах стыков. Перед герметизацией швов монолитных и сборных облицовок бетонные поверхности должны быть тщательно очищены от неровностей, наплывов раствора, грязи и пыли, обезжирены и просушены. При устройстве швов с применением тиоколовой мастики нанесение противoadгезионного состава на подоснову должно выполняться таким образом, чтобы состав не попадал на поверхность плит, образующих полость шва. Мастика должна плотно придавливаться к торцам плит, а излишки ее – удаляться. Устройство швов, герметизируемых полиэтиленовой пленкой, должно выполняться одновременно с укладкой бетона или с опережением бетонирования не более чем на полчаса. Работы по герметизации швов должны контролироваться путем проверки:

- качества подготовки полости швов под герметизацию;
- соответствия толщины слоя герметиков проектной;
- правильности дозировки, тщательности перемешивания компонентов мастик и равномерности их нанесения;
- плотности примыкания прокладок и мастики к стыкуемым поверхностям;
- величины адгезии мастик.

Работы по герметизации швов должны оформляться актами освидетельствования скрытых работ.

### **Список использованных источников**

1 Пулатов, У. Ю. Основы механизации гидромелиоративных работ в зоне орошения / У. Ю. Пулатов. – М.: Колос, 1977. – 128 с.

2 Пулатов, У. Ю. Механизация ремонтно-эксплуатационных работ в ирригации / У. Ю. Пулатов. – Ташкент: Мехнат, 1988. – 175 с.

3 Муратов, А. Р. Комплексная механизация ирригационных и мелиоративных работ: учеб. пособие для вузов / А. Р. Муратов, Г. Л. Фырлина. – Ташкент: ТИИМ, 2008. – 374 с.

**Р. Ю. Сахаров**

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

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОКА С ОРОШАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

В статье представлены методы оценки качественных показателей стока с орошаемых территорий. Приведены основные методы и приборы анализа стока. Контроль качественных показателей стока с оросительных систем является важной частью эксплуатации оросительных систем, в связи с чем обосновывается необходимость проведения как лабораторных методов, так и методов экспресс-анализа дренажно-сбросных вод.

Ключевые слова: орошаемые территории, оросительные системы, сточные воды, количественный анализ, методы исследований, химический анализ.

С орошаемых площадей вследствие технического несовершенства оросительных систем отводятся большие объемы дренажно-сбросных вод, которые попадают в водоприемники, повышая их минерализацию и загрязняя продуктами химизации земледелия.

Дренажные воды в разных местах и в разное время могут иметь различное качество. Дрены, расположенные близко к крупным каналам и водоемам (отсечные, береговые или разгрузочные), как правило, сбрасывают чистые воды с невысокой минерализацией, вполне пригодные для орошения и других целей. В определенных условиях дренажный сток может содержать остаточные пестициды и органические соединения, вымываемые из почв в область грунтовых вод, а также повышенное содержание солей тяжелых металлов.

Вынос растворимых веществ коллекторно-дренажным стоком является одним из основных показателей мелиоративной обстановки на орошаемых землях. Минерализация и химический состав дренажного стока колеблется в пределах 3-10 г/дм<sup>3</sup>, имеет постоянный ионный состав, определяемый засолением грунтов зоны аэрации, и в значительной степени зависит от удельной протяженности дренажа, удаленности от источников инфильтрации воды в почву и качества поливной воды.

Классические лабораторные методы анализа воды подразделяются на титриметрические (объемные) и гравиметрические (весовые).

Титриметрический анализ представляет собой метод количественного анализа, при котором содержание определяемого вещества рассчитывают на основании измерения количества (объема) реактива, затраченного на взаимодействие с определяемым веществом. В зависимости от специфических особенностей определения вещества может проводиться кислотно-основное титрование, окисление–восстановление, комплексообразование и др. [1, 2, 3].

Гравиметрические (весовые) методы анализа подразумевают химическое осаждение определяемого вещества (получение нерастворимого соединения) и последующее взвешивание полученного осадка с последующим пересчетом на определяемое вещество [4].

Сущность физико-химических методов анализа состоит в проведении химического взаимодействия исследуемого вещества с реагентом, но аналитическим сигналом в данном случае является измерение какого-либо физического параметра вещества.

Атомная абсорбция основана на поглощении атомами определяемого вещества, находящегося в газообразном состоянии, ультрафиолетового или видимого излучения.

Анализируемое вещество обычно в виде раствора подается в пламя горелки, где при 2000-3000 °С происходит атомизация пробы. При переходе атома обратно в основное состояние избыток энергии излучается в виде электромагнитных волн. Интенсивность лучистой энергии, испускаемой веществом, фиксируется фотоэлементом, и на основании ее измерения с помощью специальных пересчетных формул рассчитывается концентрация определяемого вещества. В настоящее время к наиболее современным приборам атомно-абсорбционной спектроскопии можно отнести пламенные фотометры и атомно-абсорбционные спектрометры.

Фотометрические методы анализа основаны на поглощении света веществом. Интенсивность света, прошедшего через окрашенный раствор, отличается от интенсивности света, прошедшего через растворитель, на величину поглощения света окрашенным раствором. Уменьшение интенсивности света при прохождении через окрашенный раствор подчиняется закону. Интенсивность света, прошедшего через раствор, фиксируется фотоэлементом, и на основании ее отношения к интенсивности входящего света рассчитывают оптическую плотность раствора. Потенциометрические методы основаны на изме-

рении потенциалов электродов. Потенциал электрода связан с активностью и концентрацией веществ, участвующих в электродном процессе, уравнением Нернста.

Таким образом, измеряя с помощью потенциометра потенциал электрода, погруженного в раствор с определяемым веществом, зная температуру и ряд электрохимических констант, легко рассчитать концентрацию определяемого вещества.

Места отбора проб выбираются в соответствии с целями работ и определяются соответствующими программами и планами-графиками. Пробы дренажных вод должны отбираться из хорошо перемешанных потоков вне зон действия возможного подпора. Для целей контроля за соблюдением нормативов (лимитов) сброса, учета и расчета массы сброса загрязняющих веществ в составе дренажных вод пробы отбираются из коллекторов. Места отбора проб должны быть максимально приближены к точке сброса. Они должны быть оборудованы для обеспечения безопасности работ в любое время суток, возможности размещения пробоотборных устройств, емкостей для хранения и транспортировки проб, выполнения действий, связанных с консервацией проб, выполнением анализов 1-го часа и попутных наблюдений.

Различаются простые (разовые) и смешанные (усредненные) пробы. Простая проба характеризует состав воды в данный момент времени и в данном месте. Ее получают однократным отбором требуемого количества воды.

Смешанная проба характеризует состав воды за определенный промежуток времени (усреднение по времени), в поперечном сечении потока (усреднение по сечению) или в определенном объеме (усреднение по объему). Разновидностью усредненных проб являются периодические пробы объемозависящие. Усредненные по времени пробы получают смешением простых (разовых) проб, отобранных в одном и том же месте через равные промежутки времени. Усредненные по сечению пробы получают смешением простых проб, отобранных одновременно с разных глубин поперечного сечения потока на одной или нескольких вертикалях. Усредненные по объему пробы получают смешением простых проб, отобранных в различных местах, или смешением различных объемов воды, пропорциональных расходу и отобранных через определенные промежутки времени.

Усреднению не подлежат пробы, предназначенные для определения веществ (показателей), содержание (величины) которых изменяются при контакте с атмосферным воздухом или в короткие промежутки времени (рН, растворенные газы), а также пробы нефтепродуктов, масел и т. п. Вид пробы должен отвечать поставленной задаче и быть адекватным установленным нормативам (лимитам). Так, при изучении изменений состава воды во времени или распределения загрязняющих веществ по сечению или объему отбираются только простые пробы. При изучении состава вод могут отбираться усредненные пробы (в потоке – по времени, в емкости – по объему).

Широкое распространение для оперативного контроля качества воды, особенно в целях мониторинга сточных вод, получили различные портативные приборы, в основном зарубежного производства.

Aquameter – многопараметрический портативный прибор контроля качественных параметров воды. Модульная конструкция позволяет подключать измерительный блок Aquaprobe, содержащий в себе до 11-ти датчиков (Aquaprobe 1000), и выводить результаты измерений на дисплей прибора Aquameter. Прибор способен измерять одновременно до 20 параметров. Наличие GPS-модуля позволяет записывать в память прибора координаты места измерения пробы и измеряемые параметры.

Прибор не требует калибровки или предварительных процедур для подготовки к измерениям. Кроме того, прибор не требует проточности потока или помешиваний при проведении измерений (для оптического датчика растворенного кислорода). Память прибора Aquameter рассчитана на 1000 записей результатов измерений совместно с географической привязкой (координатами). Перенести данные об измерениях на стационарный компьютер можно с помощью USB-кабеля (поставляется совместно с прибором). Обработать полученную информацию и получить оперативные отчеты можно с помощью программного обеспечения Aqualink (поставляется совместно с прибором). Программа Aqualink обладает простым и понятным интерфейсом, что позволяет без труда обработать и получить отчеты по полученным данным измерений.

Корпус прибора состоит из прорезиненного каучука, вибростойкий и обладает уровнем влагозащищенности IP67. Детали датчика производятся из авиационного алюминия с герметизирующими про-

кладками из прорезиненного каучука. Класс защиты датчика – IP68. Основой многопараметрического прибора Aquameter является 16-битный, мультисканальный микропроцессор и встроенный аналого-цифровой декодер, что в совокупности обеспечивает быстроту и точность получения результатов измерений.

Области применения – мониторинг качества поверхностных и подземных вод, мониторинг свалок, шахтные выработки, отвалы, предприятия по производству полупроводников, аквакультура, сельское хозяйство и ирригация, спиртовая и винодельческая промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность, мониторинг городских водных объектов, эстуариев и затопленных территорий, менеджмент рекреаций и парков, рыбохозяйственных предприятий, проникновения морских вод, менеджмент качества воды, промышленных стоков.

Оборудование для анализа качества воды CERLIC используется для контроля технологического процесса очистки сточных вод на канализационных и промышленных очистных сооружениях: в аэротенках, открытых коллекторах и колодцах, в напорных трубопроводах. Датчики приборов выполнены из нержавеющей стали или титана, что обеспечивает высокий уровень эксплуатационной надежности для различных применений и условий монтажа. Существуют врезные, проточные и погружные модификации датчиков.

Особенности данного прибора – измерение качественных параметров воды в режиме on-line. Один вторичный блок способен получать и обрабатывать информацию от четырех датчиков. Результаты измерений могут выводиться на дисплей вторичного блока или на монитор компьютера в диспетчерской. Данные качественных параметров могут использоваться для интеграции в систему АСУТП. Существуют различные модификации датчиков для монтажа: врезные, погружные, проточные. Возможна самоочистка датчиков.

Вторичный блок ВВ2 выводит данные измерений на ЖК-дисплей; поддерживает до четырех датчиков; четырех аналоговых выходов 4-20 мА, дополнительно до четырех цифровых выходов. Встроенный нагреватель для внешних применений приспособлен для работы в тяжелых климатических условиях на открытом воздухе. Область применения – промышленные и городские очистные сооружения, гидроэлектростанции, предприятия ЦБК.

Комплексный анализатор сточных и природных вод TROLL 9500 предназначен для мониторинга широкого спектра параметров качества воды на основе самых современных датчиков и технологий. Разработанный как для кратковременного (экспресс-анализ), так и для длительного мониторинга TROLL 9500 может получать данные с 5-ти опциональных датчиков, а также со встроенных датчиков температуры и барометрического давления.

Области применения – мониторинг качества поверхностных и подземных вод, мониторинг свалок, шахтные выработки, отвалы, предприятия по производству полупроводников, аквакультура, сельское хозяйство и ирригация, спиртовая и винодельческая промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность, мониторинг городских водных объектов, эстуарии и затопленные территории, менеджмент рекреаций и парков, проникновение морских вод, менеджмент качества воды, промышленные стоки.

TDS Meter 5 – анализатор качества воды. Принцип действия TDS Meter 5 основан на прямой зависимости электропроводности раствора (силы тока в постоянном электрическом поле, создаваемом электродами прибора) от количества растворенных в воде соединений (parts per million, ppm; 1 ppm = 1 мг/л). Диапазон измерений минерализации (солесодержания) 0-9990 частиц на миллион (мг/л). Оценка общей жесткости воды преобразованием минерализации в единицу жесткости: 1 dH – 17,8 ppm, 1 f – 10 ppm, 1 мг-экв/л – 50,05 ppm CaCO<sub>3</sub>; диапазон измерений температуры 0-80 °C; цена деления 1 частица на миллион для TDS; погрешность ± 2 %; питание – аккумуляторные батареи 2×1,5 в комплекте, продолжительность работы свыше 2000 часов непрерывного использования, размеры 15,5×3,1×2,3 см, вес 85 г.

Приборы непрерывного действия предназначены для определения концентрации какого-либо одного или нескольких компонентов, содержащихся в воде. В отличие от лабораторных приборов, анализаторы качества природных и сточных вод могут длительное время работать в автономном режиме без участия операторов. Наиболее распространенный тип анализаторов качества воды – промышленные рН-метры, определяющие водородный показатель жидкости. По их принципу устроены анализаторы качества природных и сточных вод потенциометрического типа для определения концентрации ионов та-

ких элементов, как кальций, натрий и других веществ. Их чувствительными элементами являются специальные электроды, селективные к ионам элементов. С помощью солемеров-кондуктометров, основанных на измерении электропроводности жидкости, определяют ее общее солесодержание, а также концентрацию растворов солей.

Мутность жидкости оценивают турбидиметрами или нефелометрами – приборами, основанными на измерении светопропускания или светопоглощения жидкости. В системах канализации их используют в качестве сигнализаторов уровня осадка в отстойниках. При необходимости определения концентрации некоторых веществ, растворенных в воде, применяют приборы фотоколориметрического типа. Они, как правило, сложны, требуют специальных устройств для отбора и подготовки жидкости, поэтому анализ на таких приборах проводится не непрерывно, а с интервалами 20-30 мин.

Комбинированные анализаторы качества природных и сточных вод представляют собой специальные блоки, в которых размещают несколько датчиков и преобразователей, например рН-метр, кондуктометр, турбидиметр и термометр. Эти приборы применяют на постах контроля природных вод или на сбросных каналах крупных очистных сооружений канализации.

Портативный пробоотборник Sigma SD 900 P. Простое управление через экранное меню, меньше обслуживания за счет применения подпружиненных роликов насоса, возможна быстрая настройка и обновление через ПК, промывка линии отбора предотвращает смешение разных проб. Пробоотборник SIGMA SD 900 P идеален для использования на станциях очистки стоков, производственных площадках и при мониторинге окружающей среды. До и после каждого отбора производится автоматическая продувка линии воздухом. Кроме того, отборная линия может несколько раз промываться образцом перед пробоотбором. Это практически исключает загрязнение образцов друг другом.

Химический анализ сточных вод является неотъемлемой и незаменимой составной частью комплексного исследования вод. Он позволяет определить количественное содержание растворенных и взвешенных в воде веществ, в том числе общую жесткость, солевой состав, содержание тяжелых металлов, различных ионов (нитратов,

нитритов, фосфатов, аммония), водородный показатель (рН), мутность, цветность и т. д.

В заключение можно отметить, что контроль качественных показателей стока с оросительных систем является важной частью эксплуатации этих систем. Необходимы как лабораторные методы, так и методы экспресс-анализа дренажно-сбросных вод.

Лабораторные методы исследований дают высокую точность результатов, однако требуют участия квалифицированных специалистов и связаны с трудоемкими исследованиями. К недостаткам такого анализа можно отнести также длительное время исследований, необходимость в подготовке проб, реактивов, отсутствие оперативного контроля и высокая стоимость работ.

Методы экспресс анализа могут дать быстрый результат измерений, не требуют высоких затрат и подготовки персонала, что снижает стоимость проведения работ, позволяют получить оперативную информацию. Однако при использовании только этих методов возможно получение неточных результатов. Эффективной является комбинация этих методов, что позволит получать своевременную и точную информацию и удешевить производство работ.

#### **Список использованных источников**

1 ГОСТ Р 51592-2000. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2000-04-21. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 35 с.

2 Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах. Методика выполнения измерений гравиметрическим методом: РД 52.24.468-2005: утв. Заместителем руководителя Росгидромета 15.06.05: введ. в действие с 01.07.05. – М.: ЭНАС, 2005. – 137 с.

3 Методика выполнения измерений жесткости воды титриметрическим методом: РД 52.24.395-2007: утв. Росгидрометом 6.08.07: введ. в действие с 06.08.07. – М.: ЭНАС, 2007. – 29 с.

4 Наставления гидрометеорологическим станциями, постами: 1/2. Вып. 6. – Ч. 1 (Гидрологические наблюдения и работы на небольших и средних реках). – (Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю окружающей среды). – М.: Гидрометеоиздат, 1978. – 238 с.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ И ВОЗДУХА НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ**

Целью исследований являлось изучение влияния разности температур почвы и поступающей при капельном орошении влаги на контуры увлажнения. Наиболее выраженные их количественные изменения имеют место в вегетационный период, в частности, в суточном режиме данного периода. Явление перемещения влаги по направлению потока тепла вызвано термодиффузией влаги. В капиллярно-пористых телах такое перемещение происходит не только в силу термодиффузии, но в связи с уменьшением поверхностного натяжения жидкости по мере увеличения температуры. Исследования 2013 года показали, что суточный ход температуры почвы характеризуется максимумом в 13-14 ч и минимумом за 0-30 мин перед восходом солнца. Растительный покров, задерживая часть солнечных лучей, ослабляет нагревание почвы днем, защищая ее от потери тепла ночью и тем самым сглаживая суточные колебания температуры почвы. Анализ результатов опытов показал, что в ночное время (1-5 ч) температура почвы понижалась на 10-15 °С, составляя в 0,2 м слое 20-25 °С, тогда как температура поверхности почвы и, соответственно, воды в капельных линиях в ночное время была порядка 19-21 °С. В этом случае процесс перемещения влаги в нижние горизонты (под воздействием положительных температур градиента) приостанавливался и влага распространялась в верхнем 0-2 м слое. В утренние и дневные часы температура приземного слоя воздуха заметно повышается, что приводит за собой изменение направления потока тепла наоборот сверху вниз, т. е. в этом случае температура почвы оказывается более холодной по отношению к приземному воздуху, что приводит к перемене знака температурного градиента на отрицательный. Перемещение тепла сверху вниз сразу же сказывается на том, что под воздействием сил гравитации и теплового потока влага более активно перемещается из верхнего 0-1 м слоя в более низкий, т. е. в данном случае имеет место взаимосвязанный термовлагодперенос.

Ключевые слова: капельное орошение, термовлагодперенос, перемещение почвенной влаги, температура почвы и воздуха, контур увлажнения.

Как известно, получение высоких и устойчивых урожаев связано с наличием в почве оптимального водного, воздушного и температурного режимов. Все эти три природных комплекса целиком определяют те или иные условия почвенной среды, при которых возможен рост растений, т. е. почва представляет собой звено, находящееся в полной зависимости и взаимосвязи с температурой воздуха и поступающей влагой [1-4].

Почве под влиянием солнечной радиации и испарения свойственны существенные колебания в течение всего годового цикла. Тем не менее наиболее их выраженные количественные изменения имеют место в вегетационный период, в частности в суточном режиме данного периода. Особенное их тесное взаимодействие наблюдается при прогреве почвы выше 8-12 °С и более, т. е. в режиме активных температур. Объясняется это тем, что температура является основным показателем теплообмена как в почве, так и в системе «приземный слой – почва».

Все это говорит о том, что без знания теплового состояния почвы невозможно правильно осуществить направленное регулирование совершающихся в ней процессов, т. к. влага и солеобмен почвы, как и вся совокупность массообмена, неразрывно связаны с теплообменом.

Кроме того, знание распределения температур необходимо для направленного размещения сельскохозяйственных культур, особенно на глубине 0,2 м, где среднегодовая температура изменяется в пределах от 0 до 20-25 °С. Обуславливается это тем, что развитие растений происходит в двух средах – приземном слое воздуха (надземная масса) и почве (подземные органы), где находятся корни, корне- и клубнеплоды. Соотношение названных сред является одним из основных условий роста и развития возделываемых культур. В частности, данные по температуре почвы и поступающей влаге в весенний, летний и осенний периоды имеют большое практическое значение в назначении поливных норм и сроков полива. Особый интерес и значение имеет фактор передвижения влаги под воздействием температуры почвы.

Эти исследования наиболее полно и глубоко представлены в трудах А. В. Лыкова [5], впервые экспериментально подтвердившего, что влага в коллоидном теле перемещается по направлению потока тепла, если внутри тела существует перепад температуры (к числу капиллярно-пористых или коллоидных капиллярно-пористых тел может быть отнесена и почва). Явление перемещения влаги по направлению потока тепла вызвано термодиффузией влаги. В капиллярно-пористых телах такое перемещение происходит не только в силу термодиффузии, но и в связи с уменьшением поверхностного натяжения жидкости по мере увеличения температуры.

При наличии градиента влажности и градиента температуры влага передвигается под влиянием и того, и другого градиента. В случае если

интенсивность потока влаги (вызванного влагопроводимостью) выше интенсивности потока тепла (вызванного термовлагопроводимостью), то влага, перемещаясь в направлении градиента тепла, будет испытывать сопротивление за счет термовлагопроводимости (при направлении градиента температур, противоположном градиенту влажности).

В обратном случае, при более интенсивной термовлагопроводности, чем влагопроводность, влага будет передвигаться в направлении потока тепла, а влагопроводность явится препятствующим фактором.

Анализ литературы [6] позволил сделать следующие выводы – тепловой режим почвы, воздуха и поступающей влаги находится в пределах практических определений следующих констант:

- температура почвы ниже температуры воздуха (воздух теплее почвы), градиент температуры системы «почва–воздух» – отрицательный; поток тепла направлен вниз от воздуха к почве;

- температура почвы выше температуры воздуха (воздух холоднее почвы), градиент температуры системы «почва–воздух» – положительный; поток тепла направлен вверх от почвы к воздуху;

- температура почвы на глубине 0,1-0,3 м ниже температуры поступающей влаги, внутрипочвенный градиент температуры – отрицательный, поток влаги направлен от более верхних слоев почвы (грунта) вниз до выравнивания температур влаги и почвы;

- температура почвы на глубине 0,1-0,3 м выше температуры поступающей влаги, внутрипочвенный градиент температуры – положительный, поток тепла направлен вверх и удерживает поступление влаги от поверхности почвы к более глубоким слоям.

Экспериментальные исследования передвижения влаги в почвах и грунтах под влиянием градиента температур были проведены М. К. Мельниковой, А. М. Глобусом [7, 8]. В этих работах были выявлены различные механизмы термопереноса влаги при различной исходной влажности и температуре почвы.

Ряд последующих исследований [9-11] лишний раз подтверждает, что температурный режим почвы находится в тесной взаимозависимости как с воздухом и поступающей влагой, так и более глубокими горизонтами почвогрунтов.

Между водным, воздушным и температурным режимами существует непосредственная связь. Тепловой режим почвы зависит, прежде всего, от соотношения в ней воды, воздуха и твердой части,

а также от ее химического и механического состава, цвета и других условий. Темные почвы, богатые органическим веществом, нагреваются быстрее, чем светлые, и остывают медленнее. В сельскохозяйственной практике глинистые почвы считаются холодными, труднопрогреваемыми, а песчаные – теплыми, легкопрогреваемыми.

Каждый почвенный тип отличается характерными пределами температуры на глубине 20 см, поэтому основным показателем теплового режима почвы считается ее средняя температура на этой глубине. В течение года наибольшим колебаниям подвержена температура поверхности почвы. Годовые колебания температуры достигают в поверхностном слое черноземов 25-30 °С, тогда как на глубине 2 м они составляют порядка 10 °С. У подзолистых почв амплитуда колебаний температуры меньше – для поверхностного слоя 15-25 °С.

Исследования 2011-2012 гг. показали, что суточный ход температуры почвы характеризуется максимумом в 13-14 ч и минимумом за 0-30 минут перед восходом солнца. В слое 40-50 см колебания температуры минимальны, и ход их в течение суток приближается к прямой. Растительный покров, задерживая часть солнечных лучей, ослабляет нагревание почвы днем, защищая ее от потери тепла ночью и тем самым сглаживая суточные колебания температуры почвы.

Почва и ее температурный режим являются своего рода индикатором по отношению к воздействующим на них факторам (особенно ее верхний 0-20 см слой), в силу чего именно температурный режим почвы может являться одним из основных критериев при назначении поливных норм при капельном орошении.

Данные исследований в 2012 г. говорят о том, что испарение с поверхности почвы в июне было в 2-3 раза больше по сравнению с количеством выпавших осадков. Это обуславливало наличие отрицательного градиента, т. е. температура поверхности почвы и температура воды в капельной линии в дневные часы составляла порядка 42-48 °С, в силу чего поток почвенного тепла и соответственно поток влаги были направлены вниз.

В этих условиях проведение поливов капельным способом в дневное время было недостаточно эффективным. Объясняется это тем, что понижения температуры поверхности почвы в процессе полива капельным способом, в отличие от дождевания, не наблюдалось, что не позволяло выровнять направленный отрицательный градиент.

При таких обстоятельствах поступающая в почву влага под влиянием отрицательного градиента сравнительно быстро впитывалась в почву и в значительной своей массе проникала в нижние слои почвы за пределы 0-30 см слоя.

Такое негативное явление исключается, если полив осуществляется в вечерние и ночные часы. В этом случае температура почвы и воды в капельных линиях выравнивается, отрицательный градиент почвы приближается к нулю, а в ранневесенний период (вторая половина мая – первая половина июня) меняет свой знак на положительный. В этих условиях перемещение влаги (за исключением гравитационной) в нижние слои практически останавливается.

Опытно-экспериментальная работа была продолжена в 2013 г. на землях КФХ «Кривянское» Аксайского района Ростовской области.

Во время проведения опытов использовались следующие приборы (рисунок 1):

- оттарированный влагомер «Днестр»;
- термометры для замера температуры почвы на различной глубине;
- психрометр;
- мерная рейка.



**Рисунок 1 – Приборы при проведении полевых опытов  
(автор фото Н. Ю. Черничкина)**

Для получения экспериментальных результатов после проведения опытов были вырыты шурфы и произведены замеры диаметров увлажненного контура и температуры почвы на различных глубинах (рисунок 2). Всего за один опыт проводилось 5-7 замеров.



**Рисунок 2 – Определение диаметра увлажненного контура и температур почвы на различных глубинах (автор фото Н. Ю. Черничкина)**

Анализ опытов, проведенных 22-23 июня, показал, что в ночное время (1-5 ч) температура почвы понижалась на 10-15 °С, составляя в 0,2 м слое 20-25 °С, тогда как температура поверхности почвы и, соответственно, воды в капельных линиях в ночное время была порядка 19-21 °С. В этом случае процесс перемещения влаги в нижние горизонты (под воздействием отрицательных температур градиента) приостанавливался и влага распространялась в верхнем 0-2 м слое. Наблюдалось значительное увеличение поперечного диаметра увлажненного контура, иногда до смыкания в капельной линии.

Данные изменения поперечного диаметра увлажненного контура представлены в таблице 1. Так, 25-26 мая в период с 22 ч до 6 ч при понижении температуры почвы лишь на 2,8-4,1 °С, а приземного воздуха в среднем на 3,5-5,0 °С температура почвы оказалась несколько выше температуры приземного воздуха.

Таблица 1 – Суточные колебания температур участка

Дата проведения опыта	Измеряемые показатели	Сроки наблюдений (часы)							
		8	11	14	17	20	23	2	5
Май 25-26	Температура почвы (0,1 м)	16	19	23	27	20	19	17	14
	Температура воздуха (0,5 м)	19,9	24,5	25,1	23,0	20,9	17,1	14,7	13
	Относительная влажность воздуха	67	76	76	68	47	33	24	45
	Термоградиент	–	–	–	–	0	+	+	+
Июнь 22-23	Температура почвы (0,1 м)	24	27	28	30	32	31	28	25
	Температура воздуха (0,5 м)	25,3	29,0	31,5	30,6	31,9	28,5	25,3	23
	Относительная влажность воздуха	42	75	84	76	45	30	22	35
	Термоградиент	–	–	–	–	0	+	+	+
Июль 6-7	Температура почвы (0,1 м)	30	32	33	33	29	27	26	26
	Температура воздуха (0,5 м)	26,3	29,1	34	23,1	21,2	22,8	25,7	26,9
	Относительная влажность воздуха	82	69	73	77	70	64	55	67
	Термоградиент	–	–	–	0	+	+	+	+
Июль 27-28	Температура почвы (0,1 м)	29,1	32,4	37,1	38,0	37,2	36,2	34,7	30,1
	Температура воздуха (0,5 м)	29,3	32,5	37,2	37,4	36,2	36,3	28,4	26,1
	Относительная влажность воздуха	82	82	90	83	62	49	60	71
	Термоградиент	–	–	0	0	+	+	+	+
Август 17-18	Температура почвы (0,1 м)	27	28	29	29	28	28	26	25
	Температура воздуха (0,5 м)	27,6	28,1	29,0	28,5	26,7	25,2	23,5	20,1
	Относительная влажность воздуха	93	93	89	80	63	55	63	72
	Термоградиент	–	0	0	+	+	+	+	+

В этом случае градиент температуры системы «почва–воздух» был положительным, т. е. имело место перемещение теплового потока почвы к более остывшему воздуху. С 8 часов утра температура приземного слоя воздуха стала заметно повышаться, что повлекло за собой изменение направления потока тепла наоборот сверху вниз, т. е. в этом случае температура почвы оказалась более холодной по отношению к приземному воздуху, что привело к перемене знака температурного градиента на отрицательный.

Перемещение тепла сверху вниз сразу же сказывается на том, что под воздействием сил гравитации и теплового потока влага более активно перемещается из верхнего 0-1 м слоя в более низкий, т. е. в данном случае имеет место взаимосвязанный термовлагоперенос. Такая же картина, только с меньшими температурными амплитудами, наблюдалась в 14 часов.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1 Тепло- и влагообмен в почве происходят под влиянием перепадов суточных температур на поверхности почвы и в приземном слое воздуха.

2 Температурный режим почв с наибольшими колебаниями амплитуд (в суточном режиме) наблюдается на глубине 0-1 м.

3 Влагоперенос в почве под воздействием термоградиента имеет место даже при выпадении незначительных осадков.

4 Колебания температур в верхних слоях почвы в летнее время почти синхронны с перепадами температур в приземном слое воздуха.

#### **Список использованных источников**

1 Димо, В. Н. К вопросу о зависимости между теплопроводностью и влажностью почвы / В. Н. Димо // Почвоведение. – 1948. – № 10. – С. 28-34.

2 Иванов, Д. А. Применение интегральных показателей продуктивности агрогеосистем для целей мелиорации [Электронный ресурс] / Д. А. Иванов, Н. Г. Ковалев, О. Н. Анциферова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд. / Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон.

журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – № 1(13). – 16 с. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=226&id=227>.

3 Балакай, Г. Т. Орошение гарантирует стабильное производство зерна / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, С. Г. Балакай // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 29-31.

4 Снопич, Ю. Ф. Выбор и оценка технологий орошения / Ю. Ф. Снопич // Природообустройство. – 2011. – № 1. – С. 16-21.

5 Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М.–Л.: Гостехиздат, 1950. – 472 с.

6 Тараканов, Г. И. Роль термического фактора в перераспределении влаги в почве / Г. И. Тараканов // Почвоведение. – 1955. – № 9. – С. 17-21.

7 Глобус, А. М. О механизме передвижения почвенной влаги к промерзающим горизонтам / А. М. Глобус, С. В. Нерпин // Доклады АН СССР. – М., 1960. – Т. 133. – № 6. – С. 1422-1424.

8 Мельникова, М. К. Передвижение доступной растению влаги в почве при вегетационных и влагозарядочных поливах / М. К. Мельникова // Биологические основы орошаемого земледелия. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 670-679.

9 Гостищев, Д. П. Математическое моделирование влагопереноса при внутрпочвенном орошении / Д. П. Гостищев, Ю. С. Рогозина // Мелиорация и водное хозяйство: обзорн. информ. – М.: ЦБНТИ Минводстроя СССР, 1990. – С. 3-6.

10 Овчинников, А. С. Зона увлажнения почвы как фактор управления ростом корневой системы томатов при капельном орошении / А. С. Овчинников, И. И. Азарьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – Волгоград, 2009. – № 4(16). – С. 43-47.

11 Иксянов, Р. Г. Задача Стефана о впитывании влаги в почву / Р. Г. Иксянов // Проблемы научного обеспечения развития эколого-экономического потенциала России: сб. науч. тр. / МГУП. – М., 2004. – С. 155-160.

**О. А. Суржко, Е. А. Грибут**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ**

В данной статье представлена инновационная энергоэффективная технология утилизации послеспиртовой барды. Приведена схема ее полной утилизации. Приведены результаты изучения экологических, экономических и ресурсосберегающих аспектов предлагаемой технологии утилизации послеспиртовой барды. Экологичность предлагаемой технологии заключается в том, что прекращается сброс барды на локальные канализационные очистные сооружения или объекты окружающей среды, происходит утилизация тепловой энергии, на 80 % уменьшается потребление природной воды, полностью выделяются ценные компоненты барды с получением готовой товарной продукции – гранул пищевой добавки для животных, производится концентрат аминокислот, широко используемый в промышленности, что позволяет уменьшить их производство на химических заводах, сильно загрязняющих окружающую среду. Конкурентное преимущество технологии заключается в сокращении потребления электроэнергии – 380 кВт·ч на сушку барды, уменьшении затрат на покупку природной воды в размере 151,96 тыс. долл. (тариф для Ростовской области), получении прибыли за счет продажи кормовой добавки – 658,8 тыс. долл. в год – и концентрата аминокислот.

Ключевые слова: отходы спиртового производства, послеспиртовая барда, технология утилизации, экологические, экономические и ресурсосберегающие аспекты.

В настоящее время в Российской Федерации послеспиртовая барда является малоиспользуемым или вообще не используемым крупнотоннажным, агрессивным, быстрозакисающим отходом спиртового производства.

Барда, с одной стороны, обладает высоким ресурсным потенциалом (материальным и энергетическим), с другой – наносит значительный экологический ущерб окружающей среде [1].

В сельском хозяйстве РФ барда востребована лишь частично при кормлении крупного рогатого скота и свиней, преимущественно в зимний период. В России оборудование для производства сухой барды не производится. В то же время высокое содержание протеина, витаминов и микроэлементов в барде способно в значительной степени восполнить существующий дефицит кормового белка в животноводстве [2]. В сельском хозяйстве большинства развитых стран широко применяются продукты переработки барды. Так, например, в США примерно 95 % послеспиртовой барды перерабатывают в сухой кормо-

вой продукт (DDGS), который поставляется заводам по производству комбикорма либо покупается фермерскими хозяйствами. В сезоне 2011-2012 гг. объем производства DDGS в США составил 38,7 млн тонн, при этом 8,7 млн тонн (22 %) ушло на экспорт.

Проблема полной утилизации барды с позиции энергоэффективности, ресурсосбережения и экологии актуальна и не полностью решена. В настоящее время существуют следующие технологии утилизации барды: технология получения сухого продукта за счет сушки обезвоженной части барды (DDGS, DDG, DDS, WDG, CDG, WDGS) с различными вариантами обезвреживания жидкой фазы; технология получения кормовых дрожжей из цельной барды; мембранная технология с разделением барды на фазы и возвратом жидкой фазы в производство; биотехнология; консервация барды; технология упаривания фугата; технология аэробной переработки барды с получением концентрированных кормовых дрожжей; технология сбраживания барды с получением метана. Основным недостатком этих технологий являются высокие энергозатраты на сушку барды, что не отвечает требованиям энергоэффективности и ресурсосбережения [3]. В современных условиях проблема утилизации барды приобрела особую актуальность, т. к. требования к обязательной переработке барды были включены в Федеральный закон № 286 от 30.12.2012 «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции». По этим требованиям могут работать только те заводы, где осуществляется полная утилизация барды. В результате в течение последних лет наблюдается резкое сокращение производства спирта, в 2010 году объем выпуска этилового спирта в РФ составил 42,4 млн декалитров (на 40 % меньше показателя 2005 года).

Переработка послеспиртовой барды сегодня становится не менее важной и экономически привлекательной задачей, чем производство самого спирта. Организация переработки барды в высокоэффективный продукт будет способствовать организации нового высокорентабельного бизнеса [4].

Реализация комплексных технологий позволит обеспечить безотходную переработку барды в пищевые и кормовые добавки, снизить себестоимость спирта на 25-30 %, решить экологические проблемы спиртовой отрасли.

Повторное использование хлебной барды не является новшеством. Посредством возврата жидкой составляющей барды (30 %) можно достичь повышения выхода спирта, т. к. с бардой возвращаются остатки крахмала и сахара. Возврат очищенной воды также способствует обогащению солода солями и питательными веществами, что не мешает работе энзимов и дрожжей.

Целью работы является разработка энергоэффективной технологии обработки послеспиртовой барды с получением кормового продукта для животных и очищенной воды, возвращаемой в основной технологический цикл, решение проблем ресурсосбережения и достижения высокого уровня защиты окружающей среды.

Объектом исследований являются современные технологии обработки и утилизации послеспиртовой барды, в частности процессы, аппараты и сооружения, обеспечивающие их энергоэффективность.

Приведена технико-экономическая оценка технологии утилизации послеспиртовой барды.

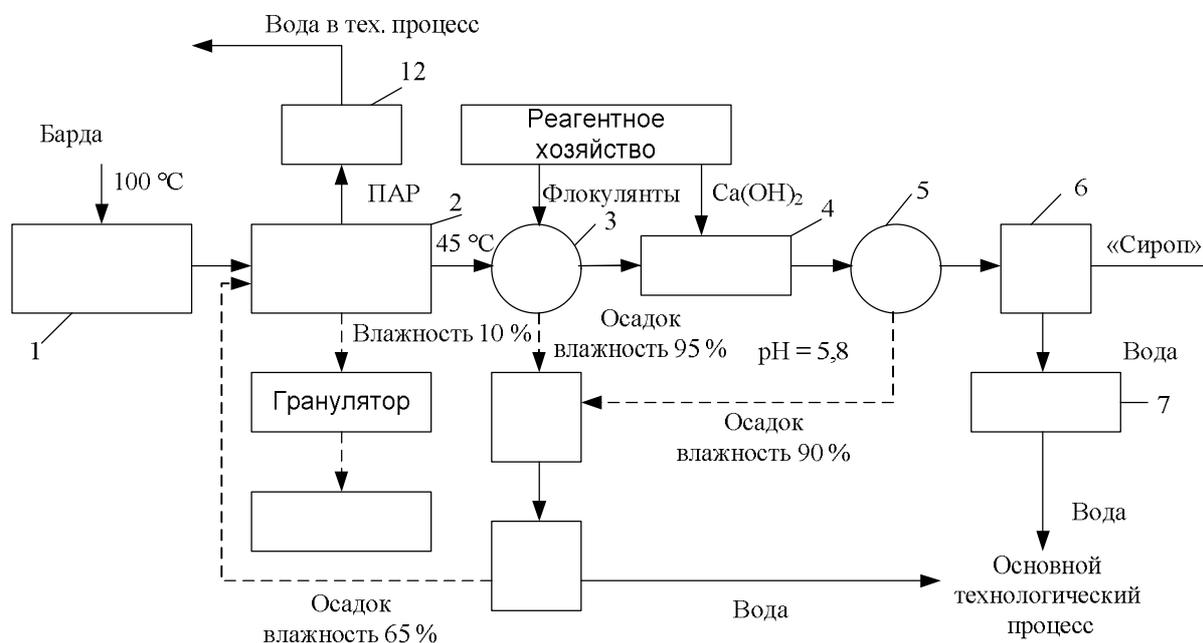
Анализ научно-технической информации и сложившейся патентной ситуации в отношении способов утилизации послеспиртовой барды, в основе которой лежит патентование изобретений в нашей стране и за рубежом, позволил сделать вывод, что ведущей страной в данной области является Российская Федерация.

С целью изучения потенциала экономии тепловой энергии, природной воды и электроэнергии в 2011 году была выполнена первая фаза энергетического анализа, который включает в себя оценку текущей ситуации и предложения по экономии электроэнергии и воды.

На основании патентного поиска (классы патентов C12F3/10, A23K3/00, C12G3/12), литературного обзора и собственного исследования предложена новая инновационная ресурсосберегающая технология полной утилизации послеспиртовой барды с использованием усовершенствованной авторами сушилки (рисунок 1).

В основе данной работы лежит идея авторов об использовании тепловой энергии горячей барды (105 °С) для сушки осадка. Для достижения этой цели проведен теплотехнический расчет и разработаны мероприятия для усовершенствования конструкции сушилки, в которой теплоносителем является горячая барда. В этом случае достигается экономия энергоресурсов на сушку твердой фазы барды, исключение стадии охлаждения, ускорение процесса за счет обнуления време-

ни остывания барды для ее последующей обработки (обязательный процесс в существующих технологиях), что значительно снижает капитальные затраты на строительство емкостных сооружений (приемных резервуаров).



- 1 – приемный резервуар; 2 – специальная сушилка; 3 – отстойник-сгуститель;  
 4 – смеситель; 5 – отстойник; 6 – блок ультра- и наночистоты; 7 – резервуар;  
 8 – приемный резервуар; 9 – прессо-шнековый сепаратор; 10 – автоматическая линия по упаковке гранул; 11 – гранулятор; 12 – конденсатор

**Рисунок 1 – Технологическая схема полной утилизации послеспиртовой барды**

На рисунке 1 представлена схема технологии утилизации барды, разработанная с использованием методологии построения малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

После обработки жидкой фазы барды реагентами с последовательным применением блоков ультра- и наночистоты получаем очищенную воду для возврата в основной технологический процесс, т. е. практически была разработана технология рециклинга, наиболее приоритетная в области управления отходами [5]. Важно отметить, что одним из компонентов «сиропа», образующегося после блоков фильтрации, являются аминокислоты, прежде всего, глутаминовая и аспарагиновая, а также пролин, валин и фенилаланин, которые применяются в фармакологии и косметологии и являются дорогостоящим товарным продуктом.

Проблема обработки жидкой фазы барды решена путем подбора флокулянтов, что позволяет наиболее эффективно разделить барду на твердую и жидкую фазы. Обработка жидкой фазы барды реагентами с последующим применением блоков ультра- и нанофльтрации позволит до 80 % очищенной воды вернуть в технологический процесс. Установлено, что применение известного, но дорогостоящего флокулянта «Праестол» на стадии осветления жидкой фазы барды нецелесообразно. Экспериментально авторами доказано, что необходимо использовать российские препараты, такие как КФ-91 (поли-1,2-диметил-5-винилпиридиний метилсульфат). Использование данного реагента позволяет уменьшить затраты и получить приемлемую цену за утилизацию барды, составляющую примерно 3,8 долл. за 1 м<sup>3</sup>.

Проведена работа по автоматизации технологического процесса утилизации послеспиртовой барды, в частности, выбрана архитектура системы управления процессом сушки. В усовершенствованной сушилке контролируются следующие параметры: расход барды (теплоносителя) и ее температура на входе и выходе, влажность осадка до и после сушилки.

Авторами проведены технико-экономические расчеты для спиртового завода производительностью 1800 дал/сут, позволившие оценить экономическую целесообразность внедрения предлагаемого проекта [6]. Горячая барда, являясь теплоносителем для сушилки осадка, отдает примерно 380 кВт·ч энергии, что в пересчете на денежный эквивалент составит 326,4 тыс. долл. в год, а продажа гранулированного сухого осадка барды позволит получить 658,2 тыс. долл. в год (в ценах 2007 г.). В 2011 г. средняя цена за 1 тонну сухого осадка, полученного по технологии DDGS, в ОАО «Исток» составляла 81,2 долл., а в ОАО «Татспиртпром» – 93,8 долл.

Проведена экологическая оценка воздействия на окружающую среду спиртазаводов при исключении сброса неочищенной барды и использовании 80 % очищенной воды в основном технологическом процессе. Предотвращенный экологический ущерб составляет 55,9 тыс. долл. в год.

Экологичность предлагаемой технологии утилизации послеспиртовой барды заключается в следующем:

- прекращаем сброс агрессивной барды в локальные канализационные очистные сооружения или объекты окружающей среды;

- утилизируем тепловую энергию послеспиртовой барды;
- уменьшаем потребление (на 80 %) природной воды;
- полностью выделяем ценные компоненты барды с получением готовой товарной продукции – гранул пищевой добавки для животных;
- получаем концентрат аминокислот, широко используемый в промышленности, что позволяет уменьшить их производство на химических заводах, сильно загрязняющих окружающую среду.

Конкурентное преимущество технологии заключается в сокращении потребления электроэнергии – 380 кВт·ч на сушку барды, уменьшении затрат на покупку природной воды в размере 151,96 тыс. долл. (тариф для Ростовской области), получении прибыли за счет продажи кормовой добавки – 658,8 тыс. долл. в год – и концентрата аминокислот.

Предложенная технология утилизации послеспиртовой барды является энергоэффективной, ресурсосберегающей и экологичной. Анализ экономических параметров утилизации барды в усовершенствованной сушилке позволяет сделать вывод о существенном уменьшении затрат на сушку барды.

Полученные результаты позволяют отнести данную разработку к разряду наилучших доступных технологий, т. к. она отвечает экологическим критериям по обеспечению комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды, сокращению образования отходов, снижению энергоемкостей и ресурсоемкостей производства спирта.

Представленный проект имеет практическое значение и может быть реализован на спиртовых, пивоваренных и дрожжевых заводах. Авторы заинтересованы в широком внедрении представленной технологии.

### **Список использованных источников**

1 Грибут, Е. А. Эколого-экономическая оценка утилизации послеспиртовой барды / Е. А. Грибут, О. А. Суржко // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. – 2012. – № 4.

2 Послеспиртовая барда в качестве органического удобрения / О. С. Журба, В. Д. Шереверов, Г. Н. Ненайденко, А. М. Баусов, Т. В. Сибирякова // Ликероводочное производство и виноделие. – 2008. – № 7(103).

3 ГОСТ Р 54199-2010. Ресурсосбережение. Промышленное производство. Руководство по применению наилучших доступных технологий для повышения энергоэффективности.

4 Мордвинова, Е. М. Биоконсервация послеспиртовой барды в белковый кормовой продукт: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23 / Мордвинова Екатерина Михайловна. – М., 2009. – 24 с.

5 Первов, А. Г. Мембранные технологии для доочистки сточных вод и их повторного использования / А. Г. Первов, Д. Г. Смирнов, Н. Б. Мотовилова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – № 7.

6 Прейскурант № 05-01. Оптовые цены на химическую продукцию общепромышленного назначения. – М.: Прейскурант, 2007.

УДК 551.579

**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 имени Бердаха, Нукус, Республика Узбекистан

**Т. Э. Чембарисов**

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Республика Узбекистан

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛУЧШЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН**

В статье рассмотрены современное состояние и перспективы улучшения функционирования коллекторно-дренажной сети Республики Каракалпакстан. Для улучшения функционирования дренажной сети путем повышения ее пропускной способности, улучшения водоотведения с орошаемой зоны, снижения засоленности почв, совершенствования мониторинговых работ над мелиоративным состоянием орошаемых земель в Каракалпакстане рекомендовано выполнять краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные мероприятия. Для обеспечения нормального приема стоков с внутрихозяйственных дрен за счет государственных средств предлагается продолжить выполнение очистных работ на межхозяйственных коллекторах системы КС-3, предусмотреть строительство дренажа на участках без дренажа, реконструкцию большинства открытых коллекторов, восстановление закрытого дренажа. Увеличение ответственности водопользователей за эксплуатацию дренажа приведено как ключевой фактор совершенствования эксплуатации и управления.

Ключевые слова: Республика Каракалпакстан, орошаемая площадь коллекторно-дренажной сети, дренируемая площадь коллекторно-дренажной сети, улучшение функционирования коллекторно-дренажной сети, реконструкция, эксплуатация, водопользование.

Интенсивный рост безвозвратного водопотребления для нужд орошения и развитие земледелия на территории Центральной Азии,

а также действие ряда острозасушливых лет привели к постоянному уменьшению притока речных вод в Аральское море вплоть до полного прекращения стока в отдельные годы. В результате чего, начиная с 1960 г. до нынешнего времени, уровень Арала снизился на 20 м, объем и площадь моря сократились более чем в 3 раза, а соленость морской воды достигла 85-87 г/л. Началось опустынивание Приаралья, включая плодородные дельты Амударьи и Сырдарьи.

Интенсивное развитие сельского хозяйства в республиках Центральной Азии привело к необходимости увеличения водообеспеченности этих районов. Однако, как будет показано ниже, сток р. Амударьи в настоящее время полностью используется на нужды орошения. В период с 1991 по 2006 гг. недостаток оросительной воды для полива хлопчатника, риса и других сельскохозяйственных культур в результате часто повторяющегося маловодья создал очень напряженную обстановку в условиях Республики Каракалпакстан. Острый дефицит воды ощущают все орошаемые зоны дельтовой части р. Амударьи, в особенности территории северных районов республики. Отсутствие воды в осенний и вегетационный периоды приводит к невыполнению плана посева сельскохозяйственных культур, а также к значительному снижению урожая.

Учитывая вышесказанное, в период с 1991 по 2009 гг. значительно возросла роль коллекторно-дренажных вод данного региона при решении существующих водохозяйственных проблем. В связи с этим в данной статье последовательно рассмотрены различные характеристики коллекторно-дренажных вод.

**Общие сведения и местонахождение.** Республика Каракалпакстан (РК) расположена в крайней северо-западной части Узбекистана. Общая площадь территории РК 167,1 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет около 37 % площади Узбекистана, из них пригодны для орошения 1,6 млн га, каракалпакская часть Кызылкумов занимает более 5 млн га. На востоке РК граничит с Навоийской и Бухарской областями, на юге и юго-западе – с Республикой Туркменистан, на севере, северо-западе и северо-востоке – с Республикой Казахстан. Территория республики простирается от 41 до 45,8° с. ш. и от 56 до 62,6° в. д. в зоне пустынь умеренного пояса, включая южную часть Аральского моря и низовья р. Амударьи. Республика располагает значительными фондами сельскохозяйственных угодий, за сельским хозяйством закреплено и в его

пользовании находится 2,8 млн га. В орошаемой зоне в отрасли растениеводства используется более 500 тыс. га [1].

Основное направление экономики Каракалпакстана – сельское хозяйство и животноводство. Ведущими сельскохозяйственными культурами являются хлопчатник, рис и пшеница, площади под посевами которых в благоприятные годы составляют 250-300 тыс. га.

Из кормовых и зерновых культур возделываются люцерна, кукуруза, сорго, суданская трава, просо, ячмень, овес, из овощебахчевых – перец, огурцы, баклажаны, арбузы, дыни. Кроме того, возделываются подсолнечник, картофель, лук, фасоль, маш, мята и т. д. Выращивание люцерны на семена (в основном на экспорт) является рентабельным производством для республики.

Продолжительность вегетационного периода, обилие солнца и тепла способствуют развитию отраслей шелководства, садоводства и виноградарства.

**Современное состояние коллекторно-дренажных систем.** Начиная с 1960-х годов, с развитием сельского хозяйства в низовьях р. Амударьи строилась и развивалась коллекторно-дренажная сеть. Обеспеченность орошаемых земель Республики Каракалпакстан коллекторно-дренажной сетью за период с 1993 по 2004 г. приведена в таблице 1.

**Таблица 1 – Протяженность коллекторно-дренажной сети в Республике Каракалпакстан в 1993-2004 гг.**

Годы	Общая протяженность, км	В том числе, км			Удельная протяженность внутрихозяйственной КДС, м/га
		межхозяйственные коллекторы	магистральные коллекторы	внутрихозяйственная КДС	
1993	19718,7	2233,6	1034,6	16430,3	33,0
1994	19852,5	2136,1	1152,3	16610,9	33,3
1995	19894,5	2157,5	1152,3	16585,7	33,1
1996	19966,9	2180,8	1175,3	16610,7	33,3
1997	19801,8	2180,8	1175,3	16445,7	32,0
1998	19875,6	2208,1	1179,9	16487,7	32,9
1999	19893,0	2214,1	1184,9	16497,0	32,9
2000	19668,9	2235,0	1184,9	16249,0	32,9
2001	19669,0	2235,0	185,0	16249,0	32,1
2002	19837,1	2264,3	1151,7	16421,1	32,8
2003	19865,9	2267,5	1177,3	16421,1	31,7
2004	19865,9	2267,5	1177,3	16421,1	32,8

Современная общая протяженность коллекторно-дренажной сети в республике составляет 19,90 тыс. км, из них магистральных и межхозяйственных – 3,41 тыс. км, внутрихозяйственных – 16,4 тыс. км.

Основная часть существующей КДС – открытого горизонтального типа, незначительную часть (около 430 км) занимает закрытый горизонтальный дренаж. Дренируемая площадь составляет 368 тыс. га, или 73 % от общей орошаемой площади.

Удельная протяженность внутрихозяйственных дрен на 1 га орошаемой площади составляет 32,8 п. м, на дренируемой площади – 44,6 п. м/га.

К сожалению, нужно отметить, что в настоящее время около 30 % внутрихозяйственной КДС находится в неудовлетворительном техническом состоянии из-за отсутствия вводов в межхозяйственные коллекторы, еще 30 % ежегодно заливается и затрудняет водоотведение. Для нормального функционирования внутрихозяйственной КДС необходима ее механизированная очистка один раз в 3-4 года, однако фактически ее периодичность составляет двенадцать-тринадцать лет. Причина заключается в несостоятельности хозяйств, вновь создаваемых ассоциаций водопользователей и фермерских хозяйств содержать мелиоративную сеть.

**Обеспеченность орошаемых площадей дренажем внутри республики.** Данная информация представлена в таблице 2.

**Таблица 2 – Обеспеченность орошаемых площадей дренажем в разрезе административных районов РК в 2002-2003 гг. (данные Каракалпакской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции)**

Наименование районов	Годы	Орошаемая площадь нетто, тыс. га	Дренируемая площадь, тыс. га	Общая протяженность КДС, км	В том числе, км		Удельная протяженность на общей орошаемой площади, м/га
					межхозяйственная	внутрихозяйственная	
1	2	3	4	5	6	7	8
Турткульский	2002	31,8	28,8	1755,3	434,3	1311,5	41,19
	2003	31,8	29,4	1768,1	443,8	1311,5	41,20
Элликкалинский	2002	34,0	28,1	1739,4	360,9	1378,5	40,5
	2003	34,0	28,1	1744,8	366,3	1378,5	40,5
Берунийский	2002	33,0	26,2	1401,2	300,1	1101,1	33,4
	2003	33,0	26,2	1401,2	300,1	1101,1	33,4
Амударьинский	2002	39,6	25,4	1410,3	290,8	1119,5	28,3
	2003	39,6	25,4	1410,3	290,8	1119,5	28,3

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Ходжейлийский	2002	35,4	29,4	1199,1	291,6	907,5	25,6
	2003	35,4	29,9	1199,1	291,6	907,5	25,8
Шуманайский	2002	28,7	17,7	777,7	129,7	648,0	22,6
	2003	28,7	17,7	777,7	129,7	648,0	22,6
Канлыккульский	2002	34,7	32,8	1734,2	163,4	1570,8	45,3
	2003	34,7	32,8	1734,2	163,4	1570,8	45,3
Кунградский	2002	41,5	25,9	1650,7	232,7	1418,0	34,2
	2003	41,5	25,9	1661,2	243,1	1418,0	34,2
Нукусский	2002	31,0	25,7	1395,7	146,7	1249,0	40,3
	2003	31,0	25,7	1395,7	146,7	1249,0	40,3
Кегейлийский	2002	28,1	23,31	1118,3	170,1	948,2	33,7
	2003	28,1	23,20	1118,3	170,1	948,2	33,7
Чимбайский	2002	48,8	32,9	1749,0	253,9	1495,1	30,6
	2003	48,8	32,8	1749,0	253,9	1495,1	30,6
Караузьякский	2002	35,4	27,5	1713,0	232,1	1480,9	41,8
	2003	35,4	27,5	1713,0	232,1	1480,9	41,8
Тахтакупырский	2002	34,6	30,4	1549,3	271,0	1278,3	36,9
	2003	34,6	30,4	1549,3	271,0	1278,3	36,9
Бозатауский	2002	30,0	11,0	532,6	92,9	439,7	14,64
	2003	30,0	11,0	532,6	92,9	439,7	14,64
Муйнакский	2002	11,9	1,9	111,3	36,3	75,0	6,3
	2003	11,9	1,9	111,3	36,3	75,0	6,3
Итого по республике	2002	500,1	367,9	19837,1	3416,0	16421,0	32,8
	2003	500,1	367,9	19865,8	3444,6	16421,1	31,7

Наибольшей протяженностью коллекторно-дренажной сети характеризуются Караузьякский, Чимбайский, Канлыккульский, Элликкалинский и Турткульский районы, в которых длина КДС превышает 1700 км, несколько меньше она в Кунградском, Амударьинском, Бөрүнийском, Тахтакупырском и Нукусском районах, заметно меньше – в Ходжейлийском и Кегейлийском районах и незначительна в Бозатауском и Муйнакском районах.

### Заклучение

Для улучшения функционирования дренажной сети путем повышения ее пропускной способности, улучшения водоотведения с орошаемой зоны, снижения засоленности почв, совершенствования мониторинговых работ над мелиоративным состоянием орошаемых земель в Каракалпакстане необходимо выполнять краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные мероприятия [2]. В краткосрочном плане необходимо совершенствовать деятельность Каракалпакской гидрогеолого-мелиоративной экспедиции, включая выполнение камеральных работ, обеспечение компьютерных программ, построение

различных карт, введение мелиоративного кадастра с применением ГИС-технологий для своевременной оценки ситуации и принятия первоочередных мер по предупреждению ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель.

В среднесрочном плане необходимо выполнение работ на внутрихозяйственных дренах системы КС-1, которая обслуживает хлопководческие и рисоводческие хозяйства Кегейлийского, Чимбайского и Караузякского районов в северной зоне Каракалпакстана на площади 52 тыс. га. Протяженность коллектора 118 км, проектная пропускная способность 32 м<sup>3</sup>/с. В этой системе водоотведение затруднено из-за низкого технического состояния внутрихозяйственных дрена [3].

Для обеспечения нормального приема стоков внутрихозяйственных дрена за счет государственных средств необходимо также продолжить выполнение очистных работ на межхозяйственных коллекторах системы КС-3. В долгосрочном плане нужно предусмотреть строительство дренажа на участках без дренажа, реконструкцию большинства открытых коллекторов, восстановление закрытого дренажа.

В целом для совершенствования эксплуатации и управления дренажем необходимо усилить ответственность водопользователей за эксплуатацию дренажа. Для этого необходимо укрепить юридическое право службы мелиорации, в первую очередь гидрогеолого-мелиоративной экспедиции. В нынешней ситуации она является контролирующим органом без юридического права наложения штрафных санкций при выполнении нарушений законов водопользования.

#### **Список использованных источников**

1 Чембарисов, Э. И. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии / Э. И. Чембарисов, Б. А. Бахритдинов. – Ташкент: Укитувчи, 1989. – 232 с.

2 Современное состояние коллекторно-дренажной системы Республики Каракалпакстан / Ш. Б. Толепова, Р. Т. Хожамуратова [и др.] // Экологическое образование и устойчивое развитие: матер. междунар. науч.-практ. конф., 12-13 октября 2004 г. – Нукус, 2004. – С. 89-91.

3 Чембарисов, Э. И. Практическая гидроэкология на примере Республики Каракалпакстан / Э. И. Чембарисов, Р. Т. Хожамуратова. – Белим, 2012. – 84 с.

**И. Ф. Юрченко**

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова Россельхозакадемии, Москва, Российская Федерация

**А. К. Носов**

Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства, Пятигорск, Российская Федерация

**О КРИТЕРИЯХ И МЕТОДАХ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

Целью исследований являлось повышение надежности ГТС на основе современных способов и методов выявления потенциально опасных объектов мелиоративного водохозяйственного комплекса, использующих научно обоснованный состав критериев безопасности и их предельных значений. Рассмотрены существующие подходы к разработке и утверждению критериев безопасности ГТС и показана неприемлемость действующего регламента их реализации. Предложены меры устранения сложившейся ситуации, базирующиеся на анализе опыта декларирования безопасности объектов мелиоративной области, нормативных документов, качества критериев безопасности, достаточности комплектования системы контроля сооружений, программ контроля и результатов наблюдений. Обосновано создание контрольно-измерительной аппаратуры, совместимой с автоматизированной информационно-аналитической системой. В качестве одного из направлений предложено внедрение в практику мониторинга безопасности мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС технологий микросистемотехники, связанных с созданием микрообъемных и пленочных конструкций для определения физических состояний и параметров сред и созданием сенсорных устройств на их основе.

Ключевые слова: критерий, безопасность, гидротехнические сооружения, мелиорация, декларация, «non-stop»-мониторинг, технологии микросистемотехники.

Опыт эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) мелиоративного водохозяйственного комплекса и ГТС в смежных отраслях экономики страны показывает, что эффективность декларирования безопасности и мониторинга в оценке технического состояния и уровня безопасности сооружения в значительной мере зависит от обоснованности состава критериев безопасности и их предельных значений.

На сегодня имеют место два подхода к разработке и утверждению критериев безопасности:

- эксплуатационная организация сама разрабатывает критерии безопасности, а затем передает их на утверждение в Федеральную

службу по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор);

- эксплуатационная организация нанимает для разработки критериев специализированную организацию, а затем передает полученные критерии на утверждение в Ростехнадзор.

Общим является неприемлемый регламент утверждения критериев безопасности, когда экспертные центры не привлекаются на этапе разработки и утверждения декларации безопасности. При этом зачастую утверждаются настолько некачественные критерии, что экспертный центр, рассматривая декларацию безопасности, просто не имеет возможности ее оценить, поскольку критерии неадекватны, но уже утверждены.

Для устранения такой ситуации представляется необходимым:

- возвращение к опыту утверждения критериев безопасности вместе с декларациями в экспертных центрах, что повысит контроль обоснованности состава критериев и их предельных значений;

- разработка общих принципов определения предельных значений критериев, что позволило бы избавиться от значительной доли волюнтаризма в этой области.

Последнее особенно актуально для мелиоративного водохозяйственного комплекса, поскольку нормативно-методическая документация, регламентирующая контроль технического состояния и оценку безопасности ГТС сферы мелиорации, отсутствует. В смежных отраслях актуальны следующие документы:

- «Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений РД 153-34.2-21.342-00» (РАО «ЕЭС России», М., 2001), созданная ОАО «НИИЭС» и ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева;

- «Пособие к Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений» (РАО «ЕЭС России», М., 2001), выпущенное НИИЭС;

- «Рекомендации по определению предельно допустимых значений показателей состояния и работы гидротехнических сооружений П-836-85 (Минэнэрго СССР, М., 1985), более ранний материал института «Гидропроект»;

- Методические рекомендации по оценке технического состояния и уровня безопасности СГТС, М., ЗАО «Гидротехэкспертиза», 2003.

Указанные документы содержат много полезной информации, но им не хватает конкретики и учета специфики сферы мелиорации. Обращает на себя внимание отсутствие в перечисленных документах кри-

териев, позволяющих выполнять обобщенную оценку состояния сооружений и уровня их безопасности, которые часто требуются для сопоставительной оценки объектов в процессе принятия управленческих решений по обеспечению безопасности ГТС. Кроме того, существуют и принципиальные противоречия в ведомственных отраслевых подходах энергетиков и речников к назначению предельных значений (у энергетиков принят термин «критериальные значения») (таблица 1).

В нормативах Минтранса России принято пять видов технических состояний: исправное, работоспособное, ограниченно работоспособное, предаварийное, аварийное, что в целом соответствует системе стандартов, нормирующих требования по надежности и технической диагностике техники. Вместе с тем в соответствии с «Административным регламентом исполнения Федеральным агентством водных ресурсов, Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору и Федеральной службой по надзору в сфере транспорта государственной функции по государственной регистрации гидротехнических сооружений и ведению Российского регистра гидротехнических сооружений», оценка сооружений выполняется по четырем уровням безопасности: нормальный, пониженный, неудовлетворительный и опасный. Очевидно, следует определять три предельных значения критериев безопасности, вместо двух, регламентированных в нормативах энергетической отрасли.

Очень важно, чтобы анализ достаточности комплектования системы контроля сооружений, программ контроля и их результатов предшествовал как разработке критериев безопасности, так и самой декларации. Массовое выполнение такой работы на многих гидроузлах обеспечит разработку общих принципов определения предельных значений критериев.

К основным недостаткам действующих документов, помимо отсутствия взаимно-однозначного соответствия определений «состояние ГТС» и «уровень безопасности ГТС» и интегральной оценки безопасности гидротехнического сооружения, которая должна характеризовать техническое состояние ГТС и уровень (качество) его эксплуатации, относятся [1, 2]:

- разночтения в количестве качественных значений показателя «уровней безопасности ГТС» (от полного отсутствия до четырех);
- существенное различие в определениях, используемых в действующих документах для описания состояния ГТС, и их градация (обычно три или четыре).

**Таблица 1 – Сводные данные определения показателей «состояние» и «уровень безопасности» ГТС, представленные в действующих нормативно-правовых документах**

РД 153-34-2-21.342-00. Методика определения критериев безопасности ГТС (РАО «ЕЭС России»)	Административный регламент исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по осуществлению государственного контроля и надзора	Методические рекомендации по оценке риска аварий гидротехнических сооружений водохранилищ и накопителей промышленных отходов, ВОДГЕО	Правила проведения надзора и контроля за безопасностью суходоходных гидротехнических сооружений, Минтранс России (2002 г.)		Мониторинг состояния водоподпорных гидротехнических сооружений (плотин) и прогнозирование возможных последствий гидродинамических аварий на них. Общие требования. СТП «НИИЭС» (2004 г.)		Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. Стандарт РАО «ЕЭС России» 17330282.27.140.003-2008		«Некоторые проблемы обеспечения безопасности ГТС», предложение МГУП и ГИПЭ	
Эксплуатационное состояние	Уровень безопасности	Уровень безопасности	Состояние	Уровень безопасности	Состояние	Уровень безопасности	Состояние	Уровень безопасности	Состояние	Уровень безопасности
Нормальное	Не определяет	Нормальный	Работоспособное	Нормальный	Нормальное	Нормальный	Работоспособное	Нормальный	Нормальное	Нормальный
		Пониженный	Ограниченно работоспособное	Пониженный				Пониженный	Удовлетворительное	Пониженный
Потенциально опасное		Неудовлетворительный	Предаварийное	Неудовлетворительный	Потенциально опасное	Допустимый, предельный	Частично неработоспособное	Неудовлетворительный	Потенциально опасное	Неудовлетворительный
Предаварийное		Опасный	Аварийное	Опасный	Предаварийное	Недопустимый	Неработоспособное	Критический	Аварийное	Опасный критический

Обращает внимание отсутствие в «Административном регламенте исполнения Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной функции по осуществлению государственного контроля и надзора» определения важнейшего показателя состояния ГТС – «уровень безопасности» – и определения «критерий безопасности». Выводы по результатам обследования сооружений осуществляются на основании декларации безопасной эксплуатации ГТС. При этом в Административном регламенте не определяются условия безопасности ГТС, не имеющих декларации безопасности, как например объекты, относящиеся к 4 классу.

Введение этого документа взамен ранее действовавших нормативов, таких как «Дополнительные требования к содержанию Декларации безопасности и методика ее составления, учитывающие особенности декларирования безопасности ГТС объектов энергетики» (утв. приказом Ростехнадзора от 29.12.2006 № 1163), «О ведении Российского регистра гидротехнических сооружений» (Инструкция Минприроды России, Минтопэнерго России, Минтранса России и Госгортехнадзора России от 12.07.1999, №№ 144, К-3357, К-14/367-ис., 01/229а), не привело к заметному улучшению нормативно-методической базы в области обеспечения безопасности эксплуатации ГТС.

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным:

- предусмотреть возможность объединения определений качественных показателей «состояние ГТС» и «уровень безопасности»;
- максимально сократить количество исходной информации для оценки безопасности ГТС, что существенно облегчит анализ результатов мониторинга на местах.

Следовательно, решение проблемы совершенствования нормативно-методической базы оценки состояния ГТС и мониторинга показателей технического состояния на основе установления адекватных критериев безопасности для функционирующих и реконструируемых мелиоративных систем и ГТС, безусловно, является одной из первоочередных задач стратегического и тактического уровней управления эксплуатацией ГТС.

Действенность процедур выявления потенциально опасных объектов ГТС в значительной мере определяется и применяемыми спосо-

бами и средствами оперативного контроля и оценки их технического состояния, условий эксплуатации и выполнения функциональных требований.

На настоящий момент в России сложилось три системных уровня обеспечения техногенной безопасности гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса:

- Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, уполномоченная государством обеспечивать конституционные гарантии безопасности, реализует законодательные цели через федеральную систему региональных экспертных организаций. Профессиональное выполнение требований к обеспечению безопасной эксплуатации позволяет избежать ошибок в проектных и технологических решениях;

- технический надзор заказчика, проводимый профессиональными организациями с привлечением эффективного методического и программно-аппаратного обеспечения. Это позволяет избежать отклонений от проекта в процессе производства;

- непрерывная эксплуатационная экспертиза средствами технической диагностики на основе методов неразрушающего контроля и анализа с целью оценки степени опасности – физического износа и остаточного ресурса.

Самым главным в смысле обеспечения безопасности является третий уровень. В случае объективной диагностики достаточно просто определить места проведения, физические объемы и минимально обоснованные ресурсы, необходимые для поддержания нормативного уровня безопасности.

Несмотря на системную стройность технического надзора, регулярные аварии и техногенные катастрофы являются свидетельством того, что на практике отсутствуют эффективные инструменты эксплуатационного мониторинга и прогнозирования.

Все три системных уровня безопасности могут быть эффективны только при условии достоверной оценки эксплуатационных прочностных параметров объектов мониторинга на базе оснащения объектов автоматизированными информационно-аналитическими системами (АИАС).

Для решения проблемы необходимо в обязательном порядке оборудовать каждый потенциально опасный объект высокотехнологичными измерительно-аналитическими информационными средствами непрерывного режима отслеживания результатов измерений и результатов моделирования («non-stop»-мониторинга), являющимися элементами общей системы обеспечения техногенной безопасности среды обитания – автоматизированной информационно аналитической системы (АИАС).

Использование информационных технологий для мониторинга ГТС предоставляет следующие новые возможности:

- сбор и передача результатов измерений с первичных преобразователей, минуя компьютер, с помощью мобильного телефона с выходом в Интернет;

- сбор данных о состоянии ГТС с использованием веб-камер для сопоставительного анализа текущего изображения и сделанного ранее;

- размещение программ анализа результатов измерений и управления на сервере компьютерной сети вне гидротехнических сооружений;

- анализ данных с использованием методов, позволяющих выявлять шаблоны поведения и строить модели динамики изменения свойств;

- создание виртуальных моделей ГТС, организация «non-stop»-мониторинга, использование моделей для прогнозирования состояния сооружений.

Возможна следующая последовательность действий по реализации этих возможностей:

- создание сетевой системы сбора информации от первичных преобразователей на основе веб-камер и радиомодемов, автоматически передаваемой для обработки по мобильной связи на удаленный сервер;

- разработка прогнозных моделей состояния сооружения и определение на их основе критериев безопасности ГТС. Модели включаются в контур мониторинга и непрерывно уточняются по его результатам;

- формализация законов управления техническим состоянием ГТС на основе прогнозных моделей.

Особенность комплектования групп, определяющих техническое состояние ГТС при помощи средств Интернет, состоит в том, что появляется возможность привлечь к работе без отрыва от основных форм деятельности территориально разобщенных высококвалифицированных специалистов.

Важнейшая роль в повышении эффективности системы контроля безопасности ГТС принадлежит подсистеме натуральных измерений показателей состояния сооружений, предоставляющих в интегральной количественной форме объективную и точную информацию о сложном взаимодействии конструкций сооружений с грунтовым основанием и внешней средой.

В этой связи представляется перспективным инициировать работы по созданию контрольно-измерительной аппаратуры, совместимой с автоматизированной информационно-аналитической системой. Таким направлением может стать внедрение в практику мониторинга безопасности мелиоративных систем и отдельно расположенных ГТС технологий микросистемотехники, связанных с созданием микрообъемных и пленочных конструкций для определения физических состояний и параметров сред и созданием сенсорных устройств на их основе.

Следовательно, совершенствование действующей нормативно-методической базы обеспечения безопасности ГТС в значительной мере связано с разработкой перечня и предельных значений критериев безопасности ГТС и методов контроля и оценки потенциальной опасности объектов в сфере мелиорации, и данный вопрос ждет своего безотлагательного решения.

#### **Список использованных источников**

1 Шестов, Г. Е. Общие принципы определения предельных значений некоторых критериев безопасности СГТС / Г. Е. Шестов, И. В. Власова, Г. В. Мельник // Гидротехника. – 2013. – № 4.

2 Yurchenko, I. F. Safety criteria for the Hydraulic structures / I. F. Yurchenko, A. K. Nosov // 21<sup>st</sup> International Congress on Irrigation and Drainage and 8<sup>th</sup> International Micro Irrigation Congress. – Tehran, Iran, 2011.

**И. Ф. Юрченко, В. В. Трунин**

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова Россельхозакадемии, Москва, Российская Федерация

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НА МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

Рассмотрены методологические аспекты современных подходов к управлению водораспределением на межхозяйственных оросительных системах на основе системы поддержки принятия решений для обеспечения условий гарантированного равноправного вододеления, базирующихся на принципах стабильности и равномерности водоподачи, минимизации непродуктивных затрат воды. Представлено созданное на базе СУБД ACCESS программное обеспечение для планирования водораспределения на межхозяйственной оросительной системе, которое позволяет в автоматизированном режиме формировать универсальные базы данных о водопотребителях и параметрах оросительной сети для любых оросительных систем с древовидной структурой каналов, автоматизировать процедуру формирования заявок от потребителей на планируемое водопотребление, создавать и управлять базой данных о планируемом водозаборе и водоподаче, готовить отчеты о планируемом водозаборе и водоподаче на оросительной системе, дифференцированные по дням планового периода, водопотребителям и водисточникам.

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, водораспределение, межхозяйственные оросительные системы, методология, компьютерное моделирование.

Создание благоприятного водно-воздушного, пищевого и теплового режимов почв, требующихся для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, в значительной мере связано с подачей на поле оптимального количества поливной воды в научно обоснованные агротехнические сроки при обязательном сохранении плодородия почвы и окружающей природной среды.

Важнейшим фактором своевременной и эффективной водообеспеченности возделываемых на орошении агроценозов является межсистемное и межхозяйственное водораспределение, для планирования которого в настоящее время широко применяется система предварительных заявок на воду от водопользователей. Эти заявки могут не соответствовать фактически складывающейся групповой водопотребности брутто, а диспетчерская служба не имеет инструментария для оперативного принятия управленческих решений в изменившихся условиях. Вследствие такой практики магистральные и межхозяйственные каналы превращаются в рукотворные реки и ручьи, вода

из которых забирается по мере надобности, а ее излишки сбрасываются. Помимо неблагоприятной экологической обстановки это обстоятельство создает определенные трудности при управлении водораспределением в чрезвычайных ситуациях (пропуск аварийных расходов, паводков, наводнений и т. п.).

Выходом из сложившейся ситуации может стать управление водораспределением с применением персональных компьютеров и соответствующего программного обеспечения, которое своевременно выдает диспетчеру несколько вариантов управляющих решений в зависимости от трансформирующихся условий водопользования на системе [1].

Эволюция аппаратного и программного обеспечения компьютерных технологий ведет к необходимости постоянного совершенствования расчетно-аналитической базы автоматизированных систем диспетчерского управления водораспределением на межхозяйственной оросительной системе на основе расчетных компьютерных комплексов поддержки диспетчерских решений, важными элементами которых являются диспетчерский комплекс моделирования и компьютерный тренажерный комплекс, базирующиеся на программном продукте отечественного производства, что обеспечивает им максимальную релевантность [2].

В составе НИР выполнены исследования, предложена методология и разработано программное обеспечение технологии поддержки принятия решений при оперативном управлении водораспределением на межхозяйственной оросительной системе на основе методов, алгоритмов и моделей расчетно-аналитических комплексов, функционирующих как локально, так и способных интегрироваться в действующие и вновь создаваемые межхозяйственные автоматизированные системы диспетчерского управления и ориентированных на «оптимизацию принятия решений» посредством диагностики проблем, классификации решений, определения потребности в информации со стороны лица, принимающего решения, и специалистов, занятых подготовкой решений.

Методология включает аспекты компьютерного моделирования принятия управленческих решений и расчетно-аналитического обеспечения диспетчерского управления водораспределением, а также ба-

зовые методические и технологические подходы к созданию системы поддержки принятия решений при управлении водораспределением.

В рамках методологии компьютерного моделирования принятия управленческих решений разработана структурно-функциональная схема процесса принятия решения, предложенная в качестве логической основы формирования системы поддержки принятия решений (СППР) оперативного управления водораспределением. Это позволяет реализовать принципы системного анализа при решении слабо-структурированных проблем, обеспечивает гибкий подход к применению формальных методов при классификации решаемых проблем по признаку структурированности и выполнение требования об ориентации СППР на оптимизацию принятия решений. Рассмотрены вопросы информационного обеспечения управления и кибернетического подхода к исследованию процесса принятия управленческих решений, основанные на представлении о принятии решений как о процессе переработки информации.

В составе методологии разработки расчетно-аналитического обеспечения диспетчерского управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах [3]:

- сформулирована система принципов совершенствования управления оперативным водораспределением на гидроузлах межхозяйственных оросительных систем, обеспечивающая его социально-экономическую и экологическую эффективность;

- выбраны модели, определяющие выбор рациональной технологической схемы управления водораспределением;

- созданы алгоритмы управляющих воздействий в составе процедур автоматизированного управления водораспределением, направленные на повышение эффективности указанного технологического процесса;

- определены показатели, модели и алгоритм оценки эффективности управленческой деятельности на межхозяйственной оросительной системе, отражающие как экономические, так и важные социально-экологические аспекты управления, которые не измеряются в денежном выражении.

Методология создания СППР оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах базируется на принципах системного подхода, обеспечивающего учет

эмерджентных явлений и возможность находить, оценивать и сравнивать далеко не очевидные по своей эффективности альтернативы.

С учетом представленных выше требований на базе СУБД ACCESS создано программное обеспечение для планирования водораспределения на межхозяйственной оросительной системе, которое позволяет:

- в автоматизированном режиме формировать универсальные базы данных о водопотребителях и параметрах оросительной сети для любых оросительных систем с древовидной структурой каналов;
- автоматизировать процедуру формирования заявок от потребителей на планируемое водопотребление;
- создавать и управлять базой данных о планируемом водозаборе и водоподаче;
- готовить отчеты о планируемом водозаборе и водоподаче на оросительной системе, дифференцированные по дням планового периода, водопотребителям и водоисточникам.

Алгоритм формирования унифицированной базы данных о водопотребителях и параметрах оросительной сети включает создание [4]:

- таблицы «узлов» (водовыделов) путем ввода данных с клавиатуры ПЭВМ в автоматизированном режиме;
- таблицы каналов путем ввода наименований каналов с использованием таблицы «узлов» (водовыделов) и сведений о канале, необходимых для формирования плана водоподачи (в первую очередь, времени добегания от водозабора в канал до водовыдела потребителю и КПД);
- таблицы водопотребителей и базы данных заявок потребителей на подачу воды в планируемый период.

Заявки от потребителей создаются в виде специального файла, сформированного программным комплексом СУБД ACCESS. Для ввода данных используются унифицированные формы, разработанные и поддерживаемые СУБД ACCESS.

База данных планируемого водозабора и распределения водных ресурсов на межхозяйственных гидроузлах создается автоматически на основе базы данных заявок потребителей на подачу воды.

Отчеты о планируемом водораспределении на оросительной системе формируются на базе разработанных запросов и содержат:

- сведения о потребности в воде отдельных хозяйств-водопользователей по каждому водовыделу и в целом по системе;

- информацию о головных расходах магистрального и межхозяйственного каналов и подаче воды хозяйствам, согласованных с режимом источника орошения.

### **Заключение**

Теоретическое и практическое решение управленческих задач водопользования на гидроузлах межхозяйственных оросительных систем позволит перевести процесс подготовки и принятия решений по оперативному диспетчерскому управлению водораспределением на межхозяйственных оросительных системах на качественно новый автоматизированный уровень, для которого характерны:

- стабильное и равноправное водообеспечение вне зависимости от местоположения водопользователя за счет автономного контроля и пересмотра заявок от отдельных хозяйств на основе расширенной исходной базы данных;

- минимизация организационных потерь воды путем четкой координации действий на всех уровнях иерархии управления за счет централизованности системы и возможности оценки последствий принимаемых решений;

- внедрение стимулов повышения продуктивности водопользования и водосбережения за счет значительного повышения точности планирования и учета.

### **Список использованных источников**

1 Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов: матер. междунар. науч.-практ. конф. «Агроинфо-2003», г. Новосибирск, 22-23 октября 2003 г. / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2003.

2 Михайлов, Ю. А. Научно-методические основы технологии управления использованием водных ресурсов при орошении: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Михайлов Ю. А. – Киев, 2000.

3 Системные принципы водоучета и управления водораспределением на оросительной сети / В. Н. Щедрин, Ю. Т. Иваненко, В. И. Ольгаренко, А. М. Харьковский, Е. Г. Филиппов. – Новочеркасск, 1994.

4 Юрченко, И. Ф. Информационные технологии обоснования мелиорации / И. Ф. Юрченко. – М., 2000.

Научное издание

**ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Сборник научных трудов

Выпуск 53

Подписано в печать 17.06.2014. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 9,94. Тираж 500 экз. Заказ № 4.

ФГБНУ «РосНИИПМ»

Отпечатано с готового оригинал-макета

ИП Белоусов А. Ю.

346421, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190 «Е»