

Использование СППР оперативного диспетчерского контроля за водораспределением (1-ая очередь) на Легокумском гидроузле снизило непроизводительные затраты воды на общую площадь 127,3 тыс. га, что обеспечило рост коэффициента полезного использования воды на 0.2

В заключение следует отметить, что системы поддержки принятия решений следует рассматривать как программные средства и информационно – аналитические технологии, предназначенные специально для оказания помощи в решении задач поиска, анализа и выбора лучших из возможных вариантов. Лицо, принимающее решение, должно обеспечиваться не только информационной, но и технологической поддержкой процедуры существенно повышающее эффективность управления.

Разработка, внедрение и использование СППР - деятельность наукоемкая, требующая достаточно больших финансовых вложений, но они окупаются, так как информация не менее важный ресурс, чем природный и материально–технический.

Литература

Юрченко И.Ф. .2000. Информационные технологии обоснования мелиорации. Москва. Россия.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 333.93+63

МЕТОДЫ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С.Я. Безднина

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В начале XXI века на фоне глобальных климатических изменений во всем мире обостряются водные проблемы. Возрастают объемы изъятия водных ресурсов, нарушается естественный гидрохимический режим, увеличивается масса загрязняющих веществ антропогенного происхождения, сбрасываемых в водоемы и водотоки. Неуклонно возрастает несоответствие потребностей человека в воде и возможностей удовлетворения их за счет ресурсов водной оболочки Земли, обладающей ограниченной способностью к возобновлению. В целом на планете достаточно водных ресурсов для удовлетворения потребностей населения и экономики, однако неравномерное распределение водных ресурсов, загрязнение поверхностных и подземных вод, нерациональное использование воды обостряют водные проблемы в различных регионах мира.

Для решения водных проблем Европейский Союз выступил с Глобальной Водной инициативой "Вода для жизни – здоровье, благополучие, экономиче-

ское развитие и безопасность". Всемирный Водный совет в марте 2000 года в г. Гааге на втором Всемирном водном форуме представил глобальное "Долгосрочное видение воды, жизни и окружающей среды в XXI веке" по основным отраслевым направлениям. В марте 2003 года в Японии состоялся третий Всемирный форум по водным ресурсам, на котором обсуждались общемировые водные проблемы и, в частности, вопросы дефицита водных ресурсов, низкого качества вод, предотвращения наводнений, комплексного управления водными ресурсами, устойчивого водопользования, разработки стратегических планов управления водными ресурсами. Все эти проблемы актуальны и для России.

Сложность современных водных проблем требуют системного подхода к их решению, научного обоснования и реализации комплекса мероприятий по совершенствованию и развитию системы управления водными ресурсами и водохозяйственным комплексом. Водохозяйственный комплекс является интенсивным фактором воздействия на природные системы водосборов, ландшафтов и водные экосистемы. Водохозяйственная деятельность представляет процесс прямого природопользования, поэтому, оказывая влияние на природную среду, водохозяйственный комплекс и эффективность его функционирования зависят от состояния окружающей среды, согласования потребности экономики и населения в воде с возможностями природных систем. Для решения водных проблем необходимо осознание высокой значимости водных ресурсов и ценности воды в условиях нарастающей антропогенной нагрузки, понимания необходимости реализации действенных мер по переходу водного хозяйства на модель устойчивого развития.

Сельское хозяйство России является крупнейшим потребителем водных ресурсов и весьма значимым источником загрязнения почв, поверхностных и подземных вод. Системы водопользования в сельском хозяйстве включают системы для водоснабжения сельских населенных пунктов, предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, животноводческих комплексов и птицефабрик, обводнения пастбищ и сенокосов, орошения земель, а также для энергетики, рыбозаводства и рекреации в системе сельского хозяйства. Экологически безопасное и экономически эффективное функционирование систем водопользования зависит от качества и количества потребляемой и отводимой воды, состояния и надежности работы водопроводящих сетей, сооружений, машин и механизмов. Качество воды в подсистеме водопотребления влияет на здоровье и благополучие людей, состояние и продуктивность животных, плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. В подсистеме водоотведения сточные, сбросные, коллекторно-дренажные воды и поверхностный сток, содержащие соли, нитритный и аммонийный азот, фосфор, пестициды, тяжелые металлы, нефтепродукты и другие загрязняющие вещества, поступают в водные экосистемы, изменяют физические и органолептические свойства, химический состав воды, биохимический режим водоемов, состав микроорганизмов, биопродуктивность. Загрязненный водный объект становится экологически опасным объектом для окружающей среды.

Загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, нарастание дефицита воды по количественным и качественным показателям, формирование зон на-

пряженной экологической ситуации и снижение эффективности сельского хозяйства определяют необходимость анализа проблем функционирования систем водопользования. Проблемы функционирования систем водопользования условно можно разделить на 5 блоков: организационно-правовые, экологические, экономические, технические и социальные.

Блок **организационно-правовых проблем** включает несовершенство систем управления, мониторинга и контроля водохозяйственной деятельности, отсутствие единой информационной основы водопользования, неполноту и противоречивость правовой основы водопользования.

Блок **экологических проблем** включает загрязнение, истощение, деградацию водных экосистем и подземных вод, неравномерность распределения водных ресурсов, неполноту экологического нормирования водопользования по количественным и качественным показателям.

Блок **экономических проблем** включает несовершенство экономических механизмов для обеспечения экологически безопасного функционирования систем водопользования и неполноту экономических методов регулирования водопользования, стимулирования водосбережения и охраны вод.

В современных условиях необходим пересмотр экономических и финансовых отношений в сфере водопользования и переход на новую идеологию формирования хозяйственного механизма, адекватного рыночным условиям, обеспечивающего потребности экономики и населения в воде нормативного качества, безопасность гидротехнических сооружений, защиту объектов экономики и населения от вредного воздействия вод. Наряду с признанием воды, как важнейшего компонента биосферы, производственного ресурса, обладающего незаменимыми потребительскими свойствами, важным является признание воды экономическим ресурсом для создания надежной финансовой основы водохозяйственной деятельности. Целью экономического механизма водопользования должно быть создание максимально благоприятного "экономического климата" для водосберегающей и природоохранной деятельности предприятий. Для достижения этой цели необходимо создание условий, при которых выполнение природоохранных мероприятий было бы выгодно не только в результате снижения платы за водопользование, но и при заинтересованности в получении дополнительной прибыли. Такие условия могут быть созданы на основе такой схемы экономического стимулирования, при которой плата, взимаемая за водопользование и загрязнение водной экосистемы, направлена на компенсацию затрат, необходимых для освоения водосберегающих технологий и водоохраных мероприятий.

Блок **технических проблем** включает износ и старение основных производственных фондов, несовершенство систем водопользования, непроектируемые расходы и потери воды, несовершенство технологии водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества воды в подсистемах водопотребления и водоотведения, отсутствие системы учета и контроля количества и качества потребляемой и отводимой воды.

Блок **социальных проблем** включает рост заболеваемости, снижение жизненного уровня сельского населения, снижение качества сельскохозяйст-

венной продукции, несовершенство системы защиты населения от наводнений, подтоплений, водной эрозии, засухи.

По данным Всемирной организации здравоохранения доля участия загрязненной питьевой воды в возникновении патологических состояний достигает 80 %. При повышенном содержании меди в питьевой воде у людей наблюдаются врожденные заболевания, изменение водно-солевого и белкового обмена, окислительно-восстановительных реакций крови. Цинк вызывает анемию, увеличение заболеваний печени. Повышенное содержание фтора способствует появлению флюороза, полиневритов, гепатита, артериальной гипотонии. Марганец при избыточном содержании вызывает анемию, нарушение функционального состояния центральной нервной системы; кобальт – нарушение щитовидной железы; селен – ускорение кариеса зубов, злокачественные новообразования; кадмий – болезнь Итай-Итай, онкологические заболевания; свинец – поражение почек, нервной системы, органов кроветворения.

В животноводстве состав и свойства воды для поения животных влияют на жизнеспособность и продуктивность животных, качество молока и мяса. Свинец при избыточном содержании в воде накапливается в тканях животных и переходит в молоко в количествах, токсичных для человека; магний вызывает диарею, фториды – нарушение в костных тканях. Опасными являются нитриты, патогенные организмы, пестициды и их остаточные формы. Они оказывают непосредственное воздействие на животных, накапливаются в организме, обуславливая в конечном итоге непригодность продуктов животноводства для потребления их человеком.

Наряду с питьевой водой токсичные элементы и соединения поступают в организм человека с растениеводческой и животноводческой продукцией, в организм животных – с кормами, выращенными на загрязненной почве или с использованием оросительной воды из загрязненных источников.

В орошаемом земледелии химический состав и загрязненность оросительной воды влияют на плодородие почв, водопотребление, урожайность, качество сельскохозяйственной продукции и, соответственно, здоровье людей. Вместе с тем, качество оросительной воды влияет на сохранность, долговечность и надежность функционирования оросительных систем. В орошаемом земледелии формируется наиболее сложная, пятизвенная водно-трофическая система: «вода – почва – растения – животные – человек». По мере прохождения звеньев этой системы загрязняющие вещества накапливаются, трансформируются, теряют и приобретают токсичность.

В соответствии с изложенным и на основе анализа водно-экологических проблем, сформулированы принципы экологически безопасного функционирования систем водопользования:

- **экосистемность** отражает принцип управления водо- и землепользованием, направленный на восстановление и сохранение функциональной и структурной целостности водосборных бассейнов, ландшафтов, наземных и водных экосистем;
- **принцип экологичности** заключается в том, что системы водопользования должны отвечать экологическим требованиям и ограничениям;

- **принцип сбалансированности** означает соблюдение баланса использования, воспроизводства и охраны вод от загрязнения и истощения;
- **принцип оптимальности технологии и конструкции** отражает переход на новые экологически безопасные и экономически эффективные системы водопользования, технологии и конструкции, обеспечивающие водосбережение и защиту наземных и водных экосистем от загрязнения и деградации;
- **принцип социально-экономической направленности** означает учет запросов социально-экономической сферы, создание условий для ее реализации по водному фактору и экономических механизмов водосбережения и водоохраны.

В соответствии с изложенными принципами разработаны четыре блока методов экологически безопасного функционирования систем водопользования:

I. Организационно-правовые методы включают совершенствование управления, мониторинга и информационного обеспечения функционирования систем водопользования, создание системы экологического аудирования хозяйственной деятельности, совершенствование правовой системы водопользования.

II. Экологические методы включают методы экологического нормирования водопользования по количественным и качественным показателям, методы снижения безвозвратного водопотребления и потерь воды в системах водопользования, методы снижения и предупреждения загрязнения поверхностных и подземных вод, создание замкнутых систем водопользования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота, методы защиты населения от наводнений, подтоплений, водной эрозии, засухи.

III. Экономические методы включают совершенствование экономических механизмов водопользования, инвестиционной и инновационной деятельности, методы стимулирования водосберегающих и водоохраных технологий, создание нормативов платы за воду в зависимости от водообеспеченности территории и качества воды, а также совершенствование нормативов платы за сброс сточных и дренажных вод, учитывающих наносимый ущерб водной экосистеме.

IV. Технические методы включают конструирование экологически безопасных и экономически эффективных систем водопользования, реконструкцию и модернизацию систем водопользования, технологические методы водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества воды в подсистемах водопотребления и водоотведения, а также методы контроля и учета количества и качества потребляемой и отводимой воды в системах водопользования.

Комплексность и приоритетность реализации методов экологически безопасного функционирования систем водопользования в сельском хозяйстве зависят от природно-хозяйственных и социально-экономических условий конкретного региона.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

Е.А. Иванова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Комплексное использование водных ресурсов представляет собой совокупность конструктивных мер, осуществляемых в процессе природопользования с целью сохранения водного компонента среды при совместном их применении в зависимости от местных природных и хозяйственных условий. Такой подход позволяет решать большой круг различных по своему характеру вопросов, относящихся ко всей проблеме в целом, и в тоже время вызывает необходимость научно-обоснованной координации в планировании и использовании водных ресурсов. Рассмотрим применение этого подхода на примере Курганской области.

Курганская область, располагаясь в средней части бассейна р.Тобол, принимает полностью зарегулированный сток из Казахстана в виде попуска и приточность Тобола от границы до г.Кургана. Курганская область относится к числу областей с ограниченными водными ресурсами, как по количеству, так и по их качеству. По естественной водообеспеченности область занимает последнее место среди областей Урала. Проблемы области неразрывно связаны с водохозяйственной обстановкой в бассейне р.Тобол в целом (рис. 1).

Уже на современном этапе водопользования в бассейне реки Тобол выявлен дефицит водного баланса, причины которого заключены в следующем:

- неравномерность распределения производительных сил и водных ресурсов;
- неравномерность распределения стока во внутригодовом и многолетнем разрезах, когда 70-80% его проходит в период весеннего половодья, а в маловодные годы годовой объем уменьшается в 2,5 раза против среднемноголетних значений;
- большая загрязненность поверхностных водоисточников сточными водами, в результате чего воды в большинстве рек района не отвечает требованиям, предъявляемых к водоемам хозяйственного значения;
- сосредоточение запасов подземных вод в сравнительно более многоводных зонах и довольно высокая минерализация их;

Кроме того, при дефиците водных ресурсов на территории бассейна сосредоточены интересы Курганской, Челябинской и Свердловской областей. В бассейне р.Тобол в связи с ограниченным водным потенциалом верхнего и среднего течения реки, также сталкиваются водохозяйственные интересы Казахстана (Кустанайская область) и России.

Основными водными ресурсами Курганской области являются реки: Тобол, Исеть, Миасс, 106 малых рек, более 2000 небольших озер. Обеспеченность водой 1 км² площади составляет 13,7 тыс. м³. Средняя водообеспеченность на

душу населения – 0,88 тыс. м³/год. Водные ресурсы р. Тобол в маловодный год на 95% складываются из санпропусков по р. Тобол из Кустанайской области (Казахстан) в объеме 15,8 млн. м³, по р. Уй из Челябинской области - 7,9 млн. м³, боковой проточности ниже впадения р. Уй в объеме 23,2 млн. м³. Все это составляет 46,3 млн. м³/год. Для обеспечения нужд хозяйственно-питьевого значения в Курганской области построено два водохранилища: Курганское на р. Тобол и Куртамышское на р. Куртамыш.

Обеспеченность жителей ресурсами подземных вод составляет 2,7 кубометра в сутки на душу населения. Извлечение их осложнено в Зауралье наличием мощного регионального водоупора.

Вопрос водообеспечения южной части этого региона более 30 лет решался за счёт Пресновского группового водопровода. Забор воды осуществлялся из двух поверхностных источников - р. Тобол (Курганская область) и р. Ишим (Казахстан). Оставшийся в эксплуатации водопровод подаёт воду из р. Тобол расходом 16,3 тыс.м³/сут при проектной мощности 60 тыс. м³/сут. Аварийное состояние сетей приводит к потере 63 % забранной воды, а эксплуатация водопровода в настоящее время является межгосударственной проблемой. Нехватка водных ресурсов влечет необходимость поиска других источников водоснабжения. В Курганской области рассматриваются варианты использования подземных вод для питьевых нужд и вод близлежащих озер для технических и бытовых нужд.

Еще одной проблемой, в эпицентре которой оказывается область, является проблема трансграничных взаимоотношений России и Республики Казахстан. Верхнее течение р.Тобол, расположенное на территории Казахстана и Курганской области, достаточно маловодно. Расход р.Тобол в створе г.Курган 95% обеспеченности равен 0,4 м³/с, а сброс сточных вод в этом же створе составляет 2 м³/с. Таким образом, объемов для разбавления сточных вод практически нет. Все зависит от попуска водохранилищ на территории Казахстана – Каратамарского, Верхнетобольского, Желкуарского и др. Требования транзита стока с необходимой гарантией не выполняются. Кроме недостаточной водообеспеченности бассейн р.Тобол, страдает и от проблем, связанных с антропогенным загрязнением вод от промышленной и добывающих отраслей, от предприятий жилищно-коммунального и сельского хозяйства.

Основные источники загрязнения реки Тобол, расположенные в Казахстане это и очистные сооружения канализации, шахтные воды открытых карьеров по добыче железной руды, остаточное загрязнение от близко расположенных химических предприятий Кустаная, наличие вторичной ртути от добычи золота на р.Тогусак. Концентрация веществ, измеренных на границе (БПК, аммиак, нефтепродукты, цинк, железо, марганец) превышают ПДК для рыбохозяйственных водоёмов, В степном климате соляные озера р.Убаган периодически вносят свой вклад в естественный уровень содержания соли в питьевой воде г.Кургана (0,8 г/л) (рис. 1).



Рис. 1. Схема бассейна р.Тобол

С российской стороны основными источниками загрязнения является город Троицк, расположенный на р. Уй. Кроме сточных вод жилищно-коммунального хозяйства, загрязняющие вещества попадают в реку со сточными водами с городских свалок, золой ТЭЦ и сточными водами предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. По большинству веществ нормы ПДК превышены, особенно для марганца.

Водохозяйственный комплекс в бассейне р.Тобол представлен: жилищно-коммунальным хозяйством, промышленностью, сельским хозяйством, которые и вызывают напряженность водохозяйственного баланса. Суммарное водопотребление в Курганской области на современном уровне развития составляет около 85 млн. м³ даже с учетом существенного сокращения водопотребления на орошение.

Если рассмотреть ситуацию с точки зрения комплексного использования водных ресурсов можно сделать вывод о том, что напряженность водохозяйственной обстановки в регионе может быть снята двумя способами. Первый способ это уменьшение водопотребления, а второй это увеличение водообеспеченности региона.

Комплексное техническое решение водообеспечения Курганской области за счет привлечения иртышской воды рассматривалось ещё советское время. В этом проекте объем привлекаемых водных ресурсов для г.Кургана принимался в размере 41 млн.м³/год. Для перерегулирования подаваемого из р.Иртыш равномерного расхода в соответствии с графиком водопотребления предполагалось

создание концевой (буферной) ёмкости с использованием чаши Митинского водохранилища. Возобновление этого проекта в современных условиях может снять остроту водохозяйственного баланса.

В дополнение к переброске стока р.Иртыш для решения проблемы можно рассмотреть вариант строительства водохранилищ на притоках р.Тобол. В частности, для Курганской области таким притоком можно предложить реку Уй. Строительство гидроузла с примерной ёмкостью 100-150 млн.м³ также может увеличить водность р.Тобол в створе г.Кургана.

Очевидно, что помимо дополнительно регулирования стока, дотации свободной воды из бассейна р.Иртыша и строительства гидроузлов необходимо проведение превентивных и адаптационных мероприятий в бассейне р.Тобол, таких как:

- дополнительная очистка части сточных вод, сбрасываемых промышленностью и коммунальным хозяйством Челябинской и Курганской областями РФ и Кустанайской области Казахстана в р. Тобол;
- прекращение сброса неочищенных сточных вод в водоёмы, развитие повторного использования очищенных сточных вод, дождевой канализации и увеличение оборотного водоснабжения;
- реконструкция существующих очистных сооружений и увеличение их мощностей;
- проведение комплекса агротехнических, лесомелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий для создания оптимальных условий, обеспечивающих рациональное использование с/х угодий, с целью прекращения проявления эрозии и дефляции на землях, вовлеченных в с/х производство;
- ликвидация в водоохраных зонах несанкционированных свалок снега, твердых бытовых отходов, вынос летних лагерей скота и пр.;
- очистка сбросных шахтных вод от открытых карьеров по добыче железной руды в Кустанайской области;
- разработка нового законодательства или улучшение старого в отношении положения о водodelении между Россией и Казахстаном, в связи с увеличением напряженности водохозяйственной обстановки в бассейне р.Тобол.
- пересмотр и уточнение существующих водохозяйственных расчетов и балансов с учетом возможных проектных решений и совершенных технологий использования водных потенциалов в новых условиях водохозяйственных взаимоотношений.

Перечисленные выше мероприятия позволяют лишь частично снять напряженность водного баланса Курганской области на ближайшую перспективу. Для решения проблемы с учетом роста промышленного и сельскохозяйственного производства необходимо комплексное использование водных ресурсов бассейнов р.Тобол и частично р.Иртыш. Принятый вариант проекта должен учитывать экономические, политические и социальные аспекты проблемы, а также прогнозировать воздействие проекта на окружающую среду.

Литература

1. Басаргин В.Ф., Прохорова Н.Б. Оценка водно-ресурсного потенциала Уральского федерального округа, его использования и перспектив развития// сайт: www.invur.ru.
2. Басаргин В.Ф., Прохорова Н.Б. Социально - экологические проблемы Урала, пути решения// сайт: www.invur.ru.
3. Кукош В.С., Уоррен С. Пилотный проект по мониторингу и оценке качества трансграничных вод в целях реализации положений международных правовых актов//сайт: www.jointrivers.org

УДК 631.671

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В НИЗОВЬЯХ р. АМУДАРЬИ

М.Р. Икрамова

НПО «САНИИРИ», Ташкент, Республика Узбекистан

Оценка и прогнозы использования земельно-водных ресурсов в низовьях р. Амударьи, включающие Хорезмскую область и Каракалпакстан показывают, что здесь имеются вполне реальные резервы продовольственного и сырьевого обеспечения за счет собственного производства. В настоящее время в рамках проекта «OPAL», который финансируется программой INTAS, выполнены такие оценки и прогнозы для бассейна р. Амударьи в целом, включая низовья, где расположены Хорезмская область и Каракалпакстан. Современная оценка дается для уровня 2004 года, а прогнозы составлены для уровней 2015 и 2025 гг.

На современном этапе сравнительно низкая продуктивность орошаемых земель объективно объясняется следующими основными причинами:

- 1) ухудшением и низким качеством оросительной воды в отдельных регионах, и дефицитом воды в отдельные маловодные годы,
- 2) засолением орошаемых почв, образованием сильно уплотненной плужной подпахотной подошвы в почвах;
- 3) неосвоенностью севооборотов, особенно севооборотов с применением промежуточных культур подзимнего сева;
- 4) низким уровнем и несбалансированностью минерального, особенно микроэлементами, и воздушного (углекислотного) питания растений;
- 5) несовершенностью и неоптимальностью технических параметров и экономических показателей гидромелиоративных систем и несовершенностью их эксплуатации;
- 6) несовершенностью способов, техники и технологии орошения;
- 7) низким уровнем социальной инфраструктуры сельского хозяйства.

При этом, располагаемые к использованию среднемноголетние водные ресурсы в Республике Узбекистан по меж- и внутригосударственному водodelению составляют 59209 млн.м³ в год, в том числе: речные воды - 52408; возобновляемые подземные воды - 1891; рекомендуемые к использованию коллекторно-дренажные (возвратные) воды - 4910 млн.м³ в год (табл.1).

Таблица 1. Располагаемые к использованию водные ресурсы на перспективу, млн.м³

Категории водных ресурсов, млн.м ³	Всего по Узбекистану	Бассейн р. Амударьи
1.Речные воды	52408	32493
2.Возобновляемые подземные воды	1891	301
3.Рекомендуемые к использованию коллекторно-дренажные (возвратные) воды	4910	2310
Всего:	59209	35104

Регулирование речного стока, упорядочение режима водопользования и повышение эксплуатационного КПД гидромелиоративных систем являются здесь основными путями увеличения водообеспеченности сельского хозяйства и других отраслей экономики.

При среднемноголетней водности р. Амударьи, равной 79,6 км³ в год, диапазон изменения его укладывается в пределах от 116 км³ в год в чрезвычайно многоводные годы до 50 км³ в год в остро маловодные годы, т.е. количественно диапазон изменения стока этой реки составляет 2,3. Еще более изменчивым сток реки бывает в ее низовьях. Например, поступление речной воды в водохранилища Тюямуюнского гидроузла на реке Амударье в ее низовьях может изменяться в пределах от 60 до 7 км³ в год при средней многолетней водности, равной здесь 33,5 км³ в год. Более детальные гидрологические характеристики по этому створу показывают, что максимальное поступление речного стока здесь за последние 20 лет было в 1992 г. и составило 53,6 км³, а минимальное годовое поступление стока было в 2001 г. и составило 12,95 км³. За 20 лет наблюдений многоводных было 5 лет, средневодных - 10 лет, маловодных - 6 лет, т.е. примерно 28-30 % относятся к категории маловодных.

Суммарные экономические потери орошаемого земледелия Узбекистана из-за маловодья могут достигать 20-40 % в сравнении с уровнем нормальной (расчетной) водообеспеченности. Наглядным в этом отношении является 2001 г. (очень маловодный), когда потери валовой продукции орошаемого земледелия из-за дефицита водообеспеченности в среднем по Узбекистану составили 29,2 %, в Хорезмской области 34,5 %, а в Каракалпакстане они были наибольшими и составили 45,8 % в сравнении с потенциальным уровнем при нормальной водообеспеченности.

Кроме указанных направлений, крупным резервом повышения водообеспеченности отраслей экономики Узбекистана является борьба с потерями воды на оросительных системах. Установлено, что при проведении современных мероприятий по борьбе с потерями воды на оросительных каналах и поливных участках в низовьях р. Амударьи эксплуатационный КПД системы орошения можно повысить с современных 0,5-0,52 до 0,78 к 2015 г и до 0,9 к 2025 г. При этом в низовьях р. Амударьи расчетный водозабор из источников орошения в среднем можно уменьшить с современных 20423 м³/га в год до 11466, при од-

новременном уменьшении суммарного водоотведения с современных 9272 м³/га в год до 803. Наряду с повышением водообеспеченности, эти мероприятия почти полностью исключают сбросы минерализованных загрязненных вод в речную сеть, следовательно, улучшают качество воды. Затраты на проведение этих мероприятий в низовьях р. Амударьи составляют около 1200-1250 долл. США на 1 га; эти затраты окупаются за 2 года.

Кроме вышесказанного, повысить продуктивность орошаемых земель можно путем проведения в оптимальных объемах и пропорциях водохозяйственных, мелиоративных, эксплуатационных, агротехнических, агрохимических, землеустроительных и природоохранных мероприятий. Эти мероприятия связаны со значительным повышением уровня механизации и энергоснабжения отраслей сельского и водного хозяйства.

Для более точных и детальных оценок по каждому из перечисленных мероприятий необходимо: определить структуру и состав мероприятий по назначению и условиям применения; выполнить районирование каждого из мероприятий порознь и в целесообразных сочетаниях с другими мероприятиями; определить экономическую эффективность каждого из мероприятий и их сочетаний и провести их ранжирование по экономическим, социальным и экологическим показателям; определить объемы ожидаемых работ, очередность их выполнения, необходимые затраты и возможные эффекты.

УДК 333.93+63; 626.860

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АПК

Н.В. Коломийцев, Т.А. Ильина, Б.И. Корженевский
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

В настоящее время на территории России практически нет водных объектов, не затронутых хозяйственной деятельностью человека. Качество воды на этих территориях не соответствует нормативным требованиям. Большинство водных объектов экологически неполноценны и не способны выполнять свои основные функции - поддерживать сложившиеся в результате длительной эволюции биологическое разнообразие и равновесие.

Техногенная нагрузка на водные экосистемы – это результирующая комплекса техногенных (антропогенных) воздействий на водный объект, которые в первую очередь приводят к загрязнению водной массы, взвешенного вещества и донных отложений, а во вторую, - к изменению гидрологического режима и биологической продуктивности и разнообразия. Это ведет к неизбежному эвтрофированию водного объекта, приводя к его гидрологической деградации и биологическому запустению.

Оценка техногенной нагрузки на водные экосистемы представляет собой сложную проблему. Современная природоохранная политика в Российской Федерации базируется главным образом на нормативном подходе. В качестве ре-

гулирующего инструмента служат *предельно-допустимые концентрации (ПДК)*, являющиеся санитарно-гигиеническими нормативами. Нормативы ПДК (мг/л) установлены для 1400 различных веществ, загрязняющих воду. Нормы качества воды водоемов и водотоков существуют для условий хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного водопользования. Наиболее строгие требования предъявляются в настоящее время к составу воды водоемов рыбохозяйственного назначения.

Однако некоторые рыбохозяйственные ПДК не обоснованы геохимически и являются дискуссионными. Например, до 1975 года рыбохозяйственная ПДК меди принималась 0,01 мг/л, а с 1976 – 0,001 мг/л. Иногда делают примечание, что эта величина есть превышение над геохимическим фоном меди в природных водах. В то же время известно, что фон меди в поверхностных водах составляет от 0,005 до 0,010 и более мг/л.

Важной задачей является оценка и прогнозирование экологического состояния водного объекта по интегральным показателям. На их основе вырабатывается система мероприятий, направленных на восстановление природной среды водного объекта.

Следует отметить, что оценка экологического состояния поверхностных водотоков на основе данных о составе и концентрациях загрязнителей в воде и во взвешенном веществе не может быть корректной без специальных режимных наблюдений из-за сильных флуктуаций расходов воды и концентраций взвешенных и растворенных веществ.

Для определения качества воды открытого водоема нужен трехкратный отбор проб в течение года. По три пробы воды должны отбираться в весенний, зимний и летний сезоны. При этом правильную характеристику воды можно получить только в тех случаях, когда проба отобрана с большой тщательностью. Способы отбора пробы на анализ должны обеспечить максимальное сохранение солевого и газового состава исследуемой пробы и гарантировать исключение элементов случайности в отобранной пробе (загрязнение, застойность, временная взмученность и др.).

Определение токсичных элементов в пробе воды сопряжено с рядом трудностей. Эти элементы находятся в воде в очень малых концентрациях. Как правило, их содержание определяется в отфильтрованных пробах с предварительным концентрированием, что увеличивает процент ошибки.

В оценке экологического состояния реки в настоящее время все большее значение приобретает исследование загрязнения донных отложений. Концентрация загрязняющих химических элементов в наносах размером меньше 0,020 мм (глинистые и илистые частицы) зачастую превышает их концентрацию в речной воде в 10 и более раз. Такие сильно загрязненные отложения при определенных гидравлических и гидрохимических условиях в результате процессов десорбции сами являются источником вторичного загрязнения водной среды [4, 5].

Донные отложения вследствие своих высоких сорбционных свойств рассматриваются нами в качестве интегрального показателя техногенной нагрузки на водные экосистемы. По сравнению с гидрохимическими исследованиями

изучение донных отложений требует значительно меньших затрат, поскольку нет необходимости в организации ежегодных режимных наблюдений. Результаты исследования речных донных отложений позволяют установить наиболее неблагоприятные в экологическом отношении участки реки и скорректировать состав и объем мониторинга речного бассейна [5].

Разработанная авторами методика прогнозирования состояния водных объектов основывается на системном подходе, который выражается в рассмотрении всей совокупности проблем поэтапно, как по времени, так и в пространстве. Она включает в себя серию взаимоувязанных блоков, каждый из которых является самостоятельным исследованием и может являться конечным результатом определенного этапа.

Все применяющиеся в настоящее время способы прогнозирования можно разделить на методы экстраполяции, экспертных оценок и моделирования (физического и логико-математического).

В основе экстраполяции лежит предположение о том, что закономерности формирования состояния изучаемого водного объекта в прошлом и настоящем будут справедливы и в будущем. Для получения надежных прогнозов период ретроспективы должен быть в 2 – 3 раза больше периода прогноза. При прогнозировании качества воды методы экстраполяции мало пригодны, так как большинство величин меняется скачкообразно.

Методы экспертных оценок при прогнозе состояния водного объекта применяются, главным образом, для прогнозирования техногенных нагрузок на водные экосистемы. Прежде всего, следует подчеркнуть использование данных методов для оценки техногенной нагрузки по интегральным показателям качества состояния водотока (например, по индексам загрязненности воды и донных отложений) [2, 6]. Выбор метода прогноза зависит от цели и срочности прогноза и гидролого-морфологических характеристик водного объекта.

Методику оценки и прогнозирования состояния водных объектов, используемых в АПК, можно представить в виде ряда взаимоувязанных и логически последовательных блоков:

- 1) блок анализа экономико-географической и экологической ситуации рассматриваемого региона и структуры водопользования;
- 2) блок оценки текущего состояния водного объекта;
- 3) комплекс логико-математических моделей для расчетов распространения загрязнителей в водных объектах;
- 4) блок прогнозов текущего (современного) состояния водного объекта и выполнение срочных прогнозов.

Первый блок описывает экономико-географическую ситуацию в пределах бассейна водного объекта. Анализ экологического состояния водного объекта основывается на литературных и фондовых материалах. Рекомендуется качество поверхностных вод характеризовать по нормативным показателям (гидрохимическое загрязнение). В качестве нормативных показателей использовать ПДК загрязнителей водоемов рыбохозяйственного назначения. При анализе основных источников загрязнения и истощения водного объекта следует приводить детальную структуру водопользования с выделением предприятий

АПК (дополнительно приводятся: площадь водосбора, длина, объем стока, водозабор воды и коэффициент его использования, объем и качество сброса сточных вод, мощность очистных сооружений).

Второй блок состоит из ряда подсистем, которые описывают различные текущие состояния бассейна водного объекта в зоне влияния АПК. Гидрохимическая оценка ведется для всех нормированных веществ, относящихся к первому и второму классам опасности [3], при поступлении в водные объекты нескольких веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности и с учетом примесей, поступающих в водный объект от вышерасположенных источников, сумма отношений концентраций ($C_1, C_2, \dots C_n$) каждого из веществ в контрольном створе к соответствующим ПДК не должно превышать единицы. Дополнительно рекомендуется использовать интегральные оценки качества поверхностных вод: 1) "показатель химического загрязнения" (ПХЗ-10); 2) индекс загрязненности вод (ИЗВ).

Гидробиологическая оценка ведется с использованием систем сапробности (ГОСТ 17.1.2.04-77), определения класса качества воды и степени загрязненности воды по индексу сапробности Пантле-Букка (в модификации Сладчека по ГОСТ 17.1.3.07-82) и определения уровней токсического загрязнения по Сан-ПиН 4630-88. Рекомендуется проводить оценки качества поверхностных вод по микробиологическим показателям.

Гидро-морфологическая характеристика режима водного объекта включает анализ взаимного влияния водного объекта и АПК с учетом анализа факторов речной системы, влияющих на равновесное состояние водного объекта, как элементов прогноза и восстановления. Рекомендуется выявление проблемных зон и участков, требующих неотложного восстановления.

Разработка критериев качества водных объектов - уточнение критериев качества воды и донных отложений на основе регионального геохимического фона.

Оценка загрязненности депонирующих сред (пойменных почв и донных отложений) тяжелыми металлами и мышьяком: 1) по суммарному показателю загрязнения (**Zc** или СПЗ) [2], который показывает во сколько раз содержание тяжелых металлов в пробе выше их фонового значения с учетом токсичности элементов (по классам опасности) [3]; 2) по игео-классам Г. Мюллера [4, 5]. Наибольший интерес представляют семь тяжелых металлов (Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Cr, Ni) и мышьяк (As).

В заключительной части блока определяется техногенная нагрузка на водные экосистемы. Она ведется на основе разработанной авторами (Коломийцев и др., 1999; Коломийцев и др., 2002) схемы связи техногенной нагрузки на водные экосистемы с загрязнением донных отложений и состоянием водоемов и биоты по четырехранговой шкале Б.В. Виноградова [1, 4, 6].

На основе данных по первому и второму блоку формируется **третий блок**, состоящий из комплекса логико-математических моделей для оценки распространения загрязнителей в водном объекте. Главные из них следующие: а) сосредоточенный выпуск загрязнителей на основе решения уравнения диффузии (например, модель И.Д. Родзиллера); б) общее диффузионное загрязнение (на-

пример, модель А.В. Караушева); в) диффузионное загрязнение с сельскохозяйственных угодий (например, модели А.П. Махини и В.Г. Пряжинской). Для исследуемого водного объекта и выбранного типа прогноза осуществляется адаптация моделей для условий межени и для паводкового режима. В итоге проводятся сценарные расчеты распространения загрязнителей при существующих условиях водопользования.

В **четвертом блоке** осуществляются прогноз текущего (современного) состояния водного объекта с выполнением математических расчетов распространения загрязнителей в системе «вода – взвешенное вещество – донные отложения» и срочные прогнозы. Краткосрочный прогноз осуществляется с использованием всех видов логико-математических моделей для прогноза гидрохимического и гидробиологического состояний. Среднесрочный подразумевает все операции краткосрочного прогноза плюс изучение загрязненности донных отложений. Долгосрочный прогноз ведется преимущественно на основе прогноза количественных и качественных характеристик стока с водосборных площадей и анализа тенденций изменения загрязненности донных отложений.

Одним из основных аспектов оценки и прогноза состояния водных объектов является формирование дополнительного «информационного» блока, который включает создание баз данных, включаемых в геоинформационную систему: «АПК – водный объект – водосборная территория».

Литература

1. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // ИЛ РАН. Сер. 5. География, 1993, № 5. - с. 77 - 79.
2. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
3. ГОСТ 17.4.1.02-82 Охрана природы. Почвы (ОПП). Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Введен 01.01.1985 (без ограничения).
4. Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Зими́на-Шалдыбина Л.Б. Загрязнение донных отложений как характеристика техногенной нагрузки на водные экосистемы // В сб.: Современные проблемы мелиораций и пути их решения. Том II. - М.: ВНИИГиМ, 1999, с. 103 -119.
5. Техногенное загрязнение речных экосистем / Под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 149 с.
6. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. - М.: Изд-во МГУ, 2000. - 432 с.

УДК 622.331

ОЧИСТКА ДРЕНАЖНЫХ ВОД В ТЯЖЕЛЫХ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВАХ

Е.А. Кузьмин
ВНИИМЗ, Эммаус, Россия

Из обширного экспериментального материала известно, что только 40-60% вносимых азота, калия, фосфора удобрений усваивается растениями. Остальное количество или закрепляется в почве в недоступном для питания растений со-

единениях, или с грунтовыми водами, в конечном итоге, попадает в водоемы и водотоки, вызывая там бурный рост водной растительности.

Известен биологический метод очистки дренажных вод на орошаемых землях, который заключается в подаче дренажных вод в специальный каскад водоемов, где происходит поглощение питательных элементов растениями и микроорганизмами. Или установка вставных фильтров из сорбекса в устье дрен, фильтрующие колодцы для очищения дренажных вод от тяжелых металлов (Л.В.Кирейчева). Возможно использовать цеолит в виде прослойки и в смеси с почвой в качестве сорбента (Н.Ф.Челищев). Однако все это требует затрат на строительство, изготовление и перевозку. А для слабо фильтруемых глинистых грунтов встает дополнительно и вопрос отвода воды из почвенной толщи. Поэтому предлагается применить в качестве поглотителя местный материал - сапрпель, причем в смеси с почвой и в виде фильтрационной прослойки.

Гидромелиоративная схема очистки дренажных вод в слабофильтруемых грунтах заключается в следующем. После укладки дрен в траншеи, они засыпаются грунтом до глубины 0,5 м, далее в траншею насыпается слой смеси почва + сапрпель толщиной - 20 см и траншея полностью заполняется грунтом вровень с поверхностью почвы. Затем осуществляют глубокое рыхление любым способом, но отметка дна следа рыхлителя должна быть на 5 см выше отметки слоя смеси. Основной поток влаги будет двигаться не через глинистый монолит, а по подошве следа рыхлителя и рыхлой дренажной засыпке, через нее, фильтрующую сорбционную прослойку и - в дренах. Причем рыхление производится перпендикулярно или под острым углом к трассе дрен, но не параллельно. Такая схема относится к вновь построенному дренажу. Для уже действующего необходима выемка грунта на глубину 0,5 м над трассами дрен, засыпка сорбционной прослойки и далее - по выше приведенной схеме. Контроль за работой дренажа осуществляется путем отбора проб дренажных вод и их анализа на содержание ионов NPK. При превышении нормативов, плугом с винтовым корпусом с глубиной пахоты 50 см слой сорбента разрушается и с полным оборотом пласта оказывается на поверхности почвы. Можно опять создать слой поглотителя на нужной глубине и т.д.

Было найдено оптимальное соотношение почва + сапрпель для очищения грунтовых вод от питательных веществ. Лизиметры заполнялись смесью почва + сапрпель 20 см толщины, в смесь вносили минеральные удобрения (NPK)₉₀. Схема опыта следующая: 1-ый вариант (NPK)₉₀ + 1Гк CaCO₃ (контроль, фон); 2-ой вариант - фон + смесь сапрпеля с почвой в отношении 1:30; 3-й вариант - фон + смесь в отношении 1:10; 4-й вариант - фон + смесь в отношении 1:5; 5-й вариант - фон + 0,5 см прослойка цеолита (экспериментально найденная толщина прослойки способствовала максимальному поглощению NPK), см. таблицу 1.

Таблица 1. Влияние сорбента на вынос питательных элементов

Вариант	Вынос элементов, г/м ²			
	NO ₃	NH ₄	K ₂ O	P ₂ O ₅
1.	5,64	0,60	1,22	0,02
2.	6,73 +19	0,82 +36	1,30 +6	0,02 0
3.	7,40 +31	0,90 +50	1,02 -17	0,03 +50
4.	2,74 -52	0,60 0	0,54 -56	0,01 -50
5.	6,40 -50	0,45 -6	6,35 -61	0,06 -50

В таблице представлены средние данные за двухлетний период наблюдений по выносу питательных элементов по вышеуказанной схеме опыта в г/м² и для сравнения - с прослойкой цеолита 0,5 см. Данные по уменьшению или увеличению выноса элементов представлены в табл. в виде второй строки (число со знаком \pm) в каждой горизонтальной графе в % к контролю. Как оказалось, соотношение сапропеля к почве 1:5 снизило вынос калия на 56 %, азота 52 % и т.д. Меньшие дозы сапропеля не оказывали влияния на снижение выноса элементов из почвы, и даже увеличивали его.

Сапропель издавна используется как органическое удобрение, его внесение в почву приводит к переходу NPK почвы и самого сапропеля в растворимые формы. При соотношении компонентов 1:5 его сорбционные свойства преобладают над удобрительными, он служит поглотителем.

Сапропель относится к местным относительно дешевым полезным ископаемым, он в таком соотношении не хуже привозного цеолита (основные месторождения находятся на Украине и в Сибири) как сорбента.

Экономятся не только вносимые минеральные удобрения (полностью насыщенный NPK слой перемещается плугом на поверхность почвы и сорбированные элементы участвуют в питании растений), но соблюдаются экологические требования к качеству воды, сбрасываемой в открытые водоемы и водотоки Нечерноземья.

УДК 532.5

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫБОРА И РАСЧЕТА ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

А.М. Кушер

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Гидрометрические устройства обеспечивают получение информации о водозаборе и водосбросах водохозяйственных систем, для выполнения экономических взаиморасчетов за воду, а также для определения водного баланса оро-

сительной системы и отдельных ее объектов. Для открытых каналов гидромелиоративных систем наиболее перспективными с точки зрения стоимости и простоты эксплуатации являются гидрометрические сооружения, позволяющие определять расходы воды по измерениям глубины на входе сооружения, независимо от глубины потока в нижнем бьефе. Общим свойством таких сооружений является преобразование режима течения из докритического в верхнем бьефе в сверхкритический с последующим обратным преобразованием на выходе сооружения.

Основой традиционных методов расчета таких сооружений являются результаты экспериментальных исследований. Для лотков критической глубины (с длинной горловиной) принята гипотеза существования в горловине сооружения режима течения с параметрами, аналогичными течению в канале с критическим уклоном. Поскольку расчетный критический расход отличается от реального на 10-20% , принята дополнительная гипотеза о существовании в горловине пограничного слоя, аналогичного течению на входе тонкой пластины и введены дополнительные поправки, полученные из экспериментальных исследований [1]. Расчетные расходные зависимости других подобных в гидравлическом плане сооружений, например, водосливов с широким порогом, лотков с короткой горловиной, лотков Паршалла и САНИИРИ, построены исключительно на экспериментальных данных [2].

Несмотря на очевидные достоинства таких сооружений область их применения ограничена условиями проведения предварительных экспериментальных исследований. Международным стандартом ISO регламентирован расчет и применение лотков критической глубины только трапецеидальной (прямоугольной) и U-образной формы [3]. Недостатком этого метода является необходимость строгого соблюдения при строительстве стандартных требований, в частности для лотков критической глубины- нулевого уклона горловины, точности расчетной геометрии и симметричности сооружения относительно оси канала, необходимости прямого участка канала заданной длины перед сооружением. Методика расчета дополнительной погрешности, вносимой отклонениями от указанных и ряда других требований, в стандарте отсутствует. Поэтому калибровка сооружения после его строительства стандартным методом в большинстве случаев невозможна.

Второй проблемой, не решаемой стандартным методом, является работа сооружения в режиме частичного затопления со стороны нижнего бьефа, что является нормой при работе в подпорно-переменном режиме. Так, даже для простейших прямоугольных лотков критической глубины величина предельного затопления не является постоянной и зависит от конкретной геометрии канала и сооружения [4]. Физическая природа зависимости предельного относительного затопления от профиля сооружения в настоящее время не исследована. Например, для лотков прямоугольного и параболического профиля оно в среднем отличается на 15- 20% [5]. Рекомендованные значения, определенные только как функция профиля контрольного сечения, могут служить только в качестве ориентировочных при выборе типа сооружения. Их применение в стандартном методе в качестве фиксированных исходных гидравлических ус-

ловий при расчете геометрии сооружения неправомерно.

В связи с невозможностью решения указанных проблем традиционным методом разработана модель и комплекс компьютерных программ расчета расхода и выбора геометрии гидрометрического сооружения, основой которого является численный гидравлический расчет потока в сооружении. Указанный комплекс является составным элементом общей компьютерной технологии расчета гидрометрических сооружений [6].

Сооружение может быть установлено в трапецеидальном (прямоугольном, треугольном) и круглом каналах. Последний случай предусмотрен для расширения области применения разработанной технологии. В качестве типовых приняты 3 наиболее перспективные для водохозяйственных систем конструкции - лоток критической глубины с длинной горловиной, водослив с широким порогом и лоток с короткой горловиной, а также одна нестандартная конструкция для исследовательских целей. Предусмотрены следующие профили сечения типовых конструкций: трапецеидальный (прямоугольный, треугольный), круглый и параболический. Угол сужения входной секции в вертикальной и горизонтальной плоскостях с учетом результатов исследований принят равным $a_{con} = \arctg(1/3)$. Угол расширения выходной секции с учетом требования безотрывного течения равен $a_{div} = \arctg(1/6)$. Продольные размеры сооружения вычисляются исходя из предельного напора, определяемого с учетом заданного запаса по глубине или по максимальному расходу через сооружение. В качестве исходных данных задаются геометрические и гидравлические параметры подводящего канала (и отводящего, если сооружение устанавливается на стыке каналов). Расходная зависимость канала вычисляется по заданному коэффициенту шероховатости стенок или по заданным парным значениям "глубина- расход". При отсутствии данных для расчета канала предполагается, что пропускная способность канала не меньше максимального расхода через сооружение.

В качестве независимых переменных в расчете служат тип сооружения и его геометрические параметры. При вводе исходных данных могут быть зафиксированы все или отдельные переменные. Например, можно указать тип сооружения, необходимую форму его контрольного сечения и задать отдельные значения параметров профиля (для трапецеидального - ширину по дну, коэффициент откоса или высоту порога). После ввода исходных данных производится циклический расчет конструкций по нефиксированным переменным. Диапазон их изменения зависит от типа канала и сооружения. Сначала вычисляются общие геометрические параметры. Эти параметры совместно с геометрическими параметрами подводящего и отводящего каналов передаются в программу расчета общей геометрии участка моделирования. В результате её работы формируется массив данных описания поверхностей конструкции, определяющий граничные условия на стенках в последующем гидравлическом расчете.

Гидравлический расчет каждой конструкции включает 2 цикла расчетов - в режиме свободного истечения и в подпорном режиме. В режиме свободного истечения сначала производится расчет структуры потока и определяется расход при максимальном геометрическом напоре, заданным предельной глубиной воды в канале. Если зависимость $Fr = f(x)$, где Fr - число Фруда, вычислен-

ное по осредненной с сечений продольной скорости и глубине, принимает значение $Fr=1$ в пределах сооружения, то принимается предварительное решение о работоспособности данной конструкции. Если число Фруда $Fr<1$, то гидравлический расчет текущей конструкции обрывается, так как режим течения в сооружении - докритический.

Если поток в сооружении переходит в сверхкритический режим, а расход больше заданного, производится коррекция геометрии конструкции и выполняется повторный гидравлический расчет при меньшем значении напора на входе сооружения. Для определения точного значения напора при заданном расходе применяется линейная интерполяция. С целью последующего анализа выполняется расчет расхода на следующем шаге текущего значения напора и вычисляется производная dQ/dh . На втором этапе расчета при свободном истечении определяется расход и производная dQ/dh для нижней границы диапазона расходов, заданной в исходных данных или вычисленной по минимальной глубине. В подпорном режиме определяются предельные глубины нижнего бьефа на максимальном и минимальном расходах, при которых прекращается режим свободного истечения.

Процедура гидравлического расчета конструкции включает следующие основные операции: подготовка сценария расчета, включая тип и форму представления входных и выходных граничных условий и выходных данных, а также других параметров расчета по результатам предварительных исследований; формирование расчетной сетки с учетом размеров текущей конструкции; расчет входного граничного условия с учетом текущего значения напора в верхнем бьефе; гидравлический расчет и вывод данных в виде полей скоростей, давлений и уровней; пост-обработка, включая расчет расхода и функциональной зависимости $Fr(x)$ [5].

Для окончательного выбора сооружения предусмотрены следующие критерии. Критерий “Минимальный подпор верхнего бьефа” обеспечивает выбор сооружения с минимальным подпором потока на максимальном расходе и применяется в случае малого запаса по глубине в подводящем канале. Критерий “Максимальное значение предельного относительного затопления” обеспечивает выбор сооружения с предельной устойчивостью к затоплению со стороны нижнего бьефа и используется, если в канале присутствуют дополнительные подпирающие поток сооружения. Критерии “Максимальная линейность расходной зависимости” и “Постоянная относительная ошибка определения расхода” используются при отсутствии указанных гидравлических ограничений и служат для согласования расходной зависимости сооружения с техническими параметрами применяемого измерителя глубины верхнего бьефа. Ряд приборов, например, цифровые электроконтактные уровнемеры, характеризуются абсолютной погрешностью в диапазоне измерений. Применение такого прибора в сочетании с линейной расходной зависимостью позволяет получить измерительное сооружение с постоянной абсолютной погрешностью измерения расхода. Однако такое сооружение может иметь пониженную в сравнении с другими конструкциями крутизну расходной зависимости и требовать применения более точного (и, соответственно, дорогого) измерителя глубины. Выбор сооружения

по второму приборному критерию позволяет совместить участки высокой крутизны расходной зависимости с участком наибольшей погрешности прибора при использовании измерителей уровня с точностью показаний, зависящей от величины измеряемого параметра (например, поплавковый уровнемер или ультразвуковой датчик), обеспечивая снижение общей погрешности измерения расхода. Предусмотрен расчет по сценарию пользователя, например, для выбора сооружения с использованием всех критериев.

Расходная зависимость выбранного сооружения вычисляется по индивидуальному сценарию с уточненной геометрией и граничными условиями. Результаты расчетов протестированы на экспериментальных данных и сопоставлены с расчетами стандартными методами. Погрешность расчета – меньше 2-3%. Компоненты программного комплекса реализованы на языке программирования Fortran, в средах Mathcad и Matlab. На рис. 1 показан ряд экранов интерфейса пользователя в узловых точках ввода данных.

Выводы

Разработанная модель и программный комплекс не имеют отечественных и зарубежных аналогов, обеспечивая выбор, расчет и анализ гидрометрических сооружений для решения широкого круга задач гидрометрии в безнапорных водоводах, включая гидромелиоративные системы АПК, системы водоотведения и водопропуска муниципальных и энергетических объектов, водопропускные сооружения гидроузлов.

В сравнении с традиционными методами разработанная модель обеспечивает повышенную точность и универсальность расчета гидрометрических сооружений, расширение их диапазона измерений и существенное сокращение затрат на проведение экспериментальных исследований.

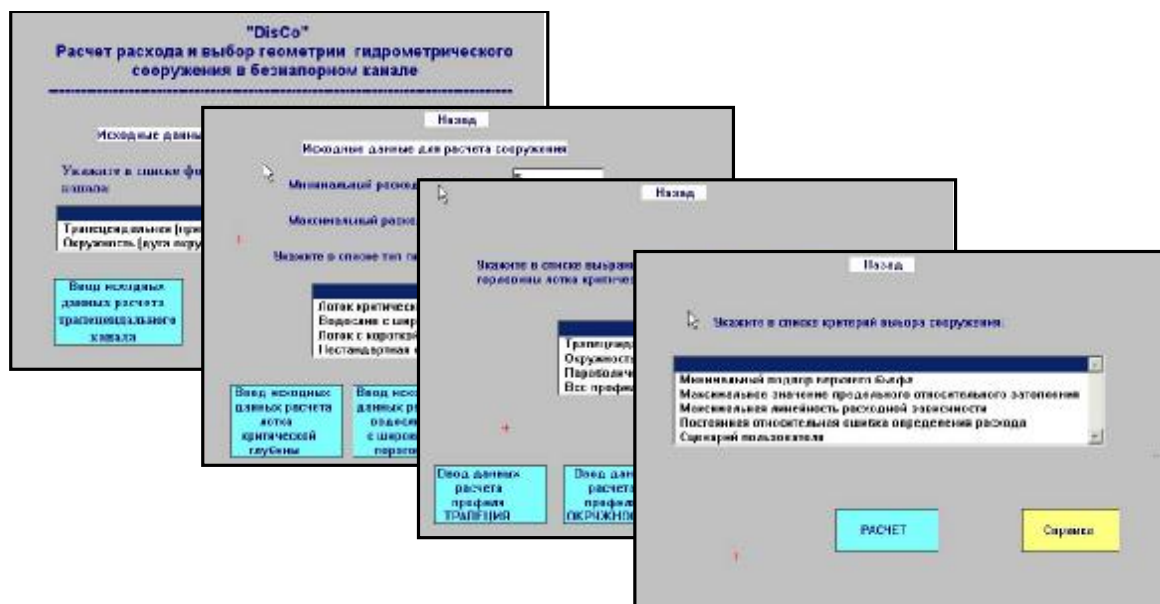


Рис. 1. Вид интерфейса пользователя программного комплекса “DisCo” при вводе исходных данных расчета

Литература

1. Ackers P., White W.R., Perkins T.A., Harrison A.J. Weirs and Flumes for Flow Measurement// Chichester- New York- Brisbane- Toronto, John Wiley and Sons, 1978.
2. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений для открытых потоков// Гидрометеиздат, Л., 1990.
3. ISO 4359 "Liquid Flow Measurement in Open Channels- Rectangular, Trapezoidal and U-shaped Flumes"// Geneva, ISO, 1983.
4. Wahl T.L. Performance Limits of Width-Contracted Flumes// EWRI/IAHR Conference on Hydraulic Measurements and Experimental Methods, Estes Park, Colorado, 2002.
5. Отчет НИР 12.03.07 "Теория гидравлики гидрометрических сооружений и технологии водочета на мелиоративных системах"// М., ВНИИГиМ, 2004.
6. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004.

УДК 532.5

ПЕРЕПАД В КАЧЕСТВЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ РАСХОДА (ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ)

А.М. Кушер

ГНУ ВНИИГиМ Росссельхозакадемии, Москва, Россия

Перепады широко применяются на мелиоративных системах, как для сопряжения бьефов, так и в составе конструкций дорожных переходов и водоотводов. Простота конструкции и распространенность стимулировали исследования их гидрометрических свойств, в частности, зависимости расхода Q от глубины потока над ребром перепада h_e . Необходимым условием является докритический ($Fr < 1$) режим течения в канале.

Аналитическое выражение для расхода на перепаде с полностью вентилируемой струей в горизонтальном прямоугольном канале получено Н. Rouse'ом:

$$Q = CB\sqrt{g}h_e^{3/2} \quad C = \frac{\alpha}{\zeta} \frac{1}{m} \frac{\sigma}{\theta}^{3/2} \quad (1)$$

где C - коэффициент расхода, h_c – критическая глубина, $m = h_e/h_c = 0,715$ [1]. Эксперименты других авторов на аналогичном типе перепада показали, что разброс коэффициента расхода C составляет 20% [2-3]. Путем введения ряда ограничений на геометрию канала и пределы изменения конечной глубины в Международном стандарте ISO 3847 погрешность измерения расхода на перепаде в прямоугольном канале методом конечной глубины уменьшена до 10% [4].

Целью работы являлось повышение точности измерения расхода на перепаде. В задачи исследований входил анализ влияния структуры потока на расходомерные свойства перепада и разработка нового метода определения расхода. В качестве инструмента исследований использовался программный ком-

плекс расчета гидрометрических сооружений на основе численного решения уравнений Навье-Стокса [5].

Предварительные экспериментальные исследования показали зависимость коэффициента расхода перепада от шероховатости стенок, соотношения ширина-глубина канала и числа Фруда на входе зоны водопада (участка с негидростатическим давлением) [6]. Как число Фруда, зависящее от соотношения кинетической и потенциальной энергий осредненного потока, так и профиль скоростей в длинном канале определяются касательным напряжением на стенках канала, т.е. шероховатостью русла. Поэтому расчет потока численным методом с разным граничным профилем скоростей эквивалентен изменению числа Фруда подводящего потока в экспериментальных исследованиях. Кроме того, учитывая, что длина участка формирования профиля скоростей в русловых потоках составляет не менее 30- 50 глубин, при численном моделировании потока можно пренебречь влиянием трения на изменение профиля скоростей в области моделирования длиной 5- 10 конечных глубин.

Анализ расчетных и экспериментальных данных при одинаковой геометрии перепада показало, что коэффициент расхода, форма свободной поверхности и донного давления, конечная глубина и профиль скоростей в конечном сечении зависят от профиля скоростей в канале при равной глубине подводящего потока. На рисунке 1 показано влияние профиля скоростей в канале на распределение скоростей в конечном сечении перепада. Из приведенного графика следует, что реальный профиль скоростей является промежуточным между равномерным и параболическим (1/7) профилями. В случае использования в качестве граничного условия формы экспериментального профиля скоростей расчетные параметры практически совпадают с экспериментальными данными. В частности, различие значений коэффициента расхода не превышает 1% ($m_{exp}=0.716$, $m_{calc}=0.712$). Близкие результаты получены для перепада в канале с $m_{exp}=0.740$ по данным [7]. Установлено, что причиной увеличения расходного коэффициента m является более равномерный профиль скоростей в канале.

В настоящее время отсутствует законченная теория и методы расчета пространственной структуры потока в безнапорном канале. По результатам экспериментов с различными профилями в качестве универсального был выбран обобщенный профиль скоростей в канале, приводимый в форме изотак во всех Международных стандартах ISO, касающихся измерений расхода в открытых руслах, например в [4]. Зависимость положения максимума скоростей от соотношения ширина- глубина канала для этого профиля приведена на рисунке 2. В расчетах перепада по известным экспериментальным данным с унифицированным профилем скоростей погрешность расчета расхода не превышала 3%. На рис.3-4 показана расчетная структура потока на участке водопадной зоны перепада.

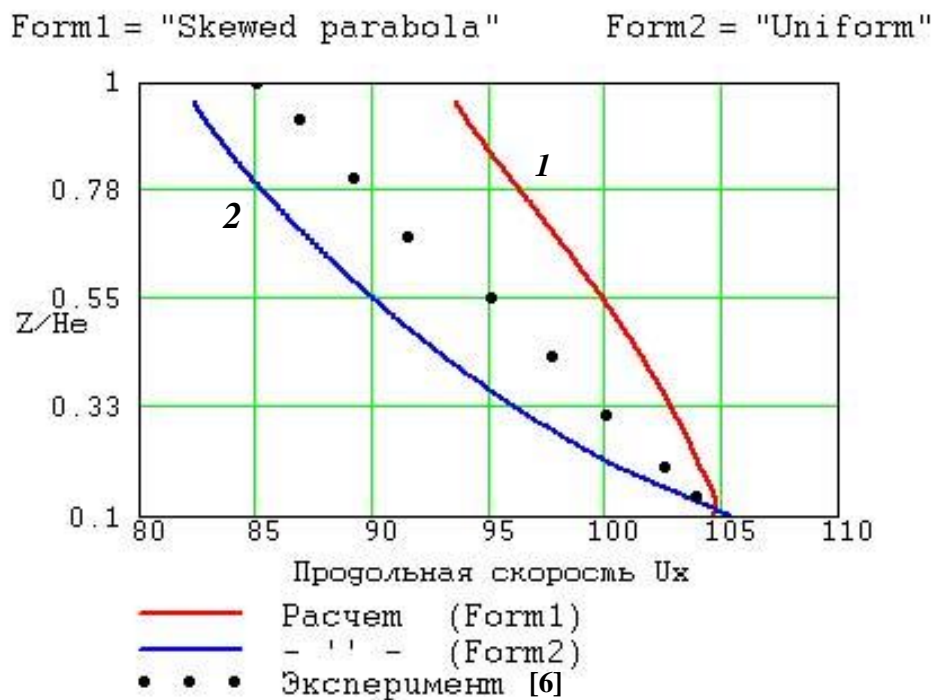


Рис.1. Эпюра продольных скоростей на ребре перепада в зависимости от профиля скорости в подводящем канале (1- парабола (степень 1/7), 2- равномерный профиль)

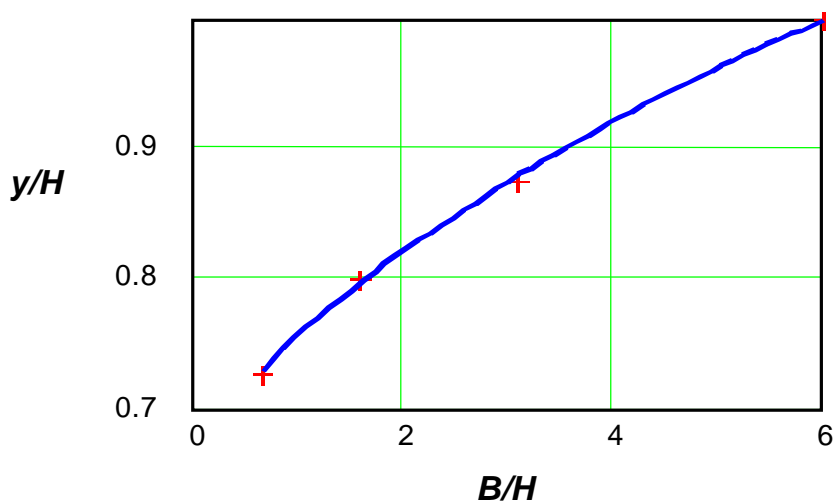


Рис.2. Зависимость заглубления максимума профиля скоростей от соотношения ширина- глубина безнапорного канала

Приведенные результаты исследований показывают возможность определения расхода на перепаде путем измерения глубины в подводящем канале вне водопадной зоны по данным предварительного гидравлического расчета с конкретной геометрией канала. Сначала по заданной геометрии и предельному расходу определяют ориентировочное значение конечной глубины (известны результаты исследований перепада в прямоугольных, трапецидальных и круглых каналах). Входная граница расчетной области выбирается на расстоянии 5-

10 конечных глубин, а выходная- в любом сечении выходящей струи. Выходное граничное условие- свободное истечение. Результатом расчета является таблица заданных на входе глубин и соответствующие значения расхода и конечной глубины.

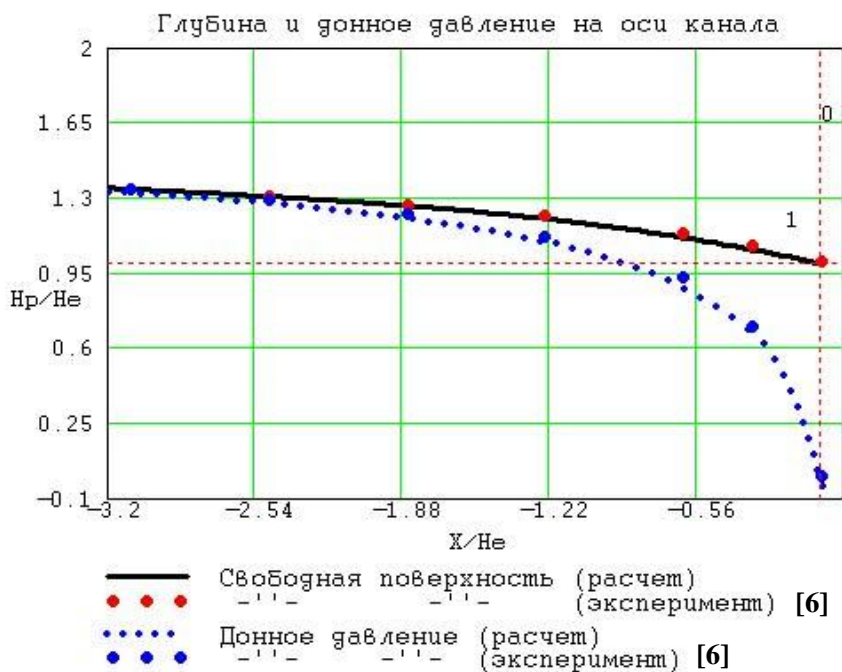


Рис. 3. Профиль свободной поверхности и донного давления p/g в расчете с унифицированным граничным условием

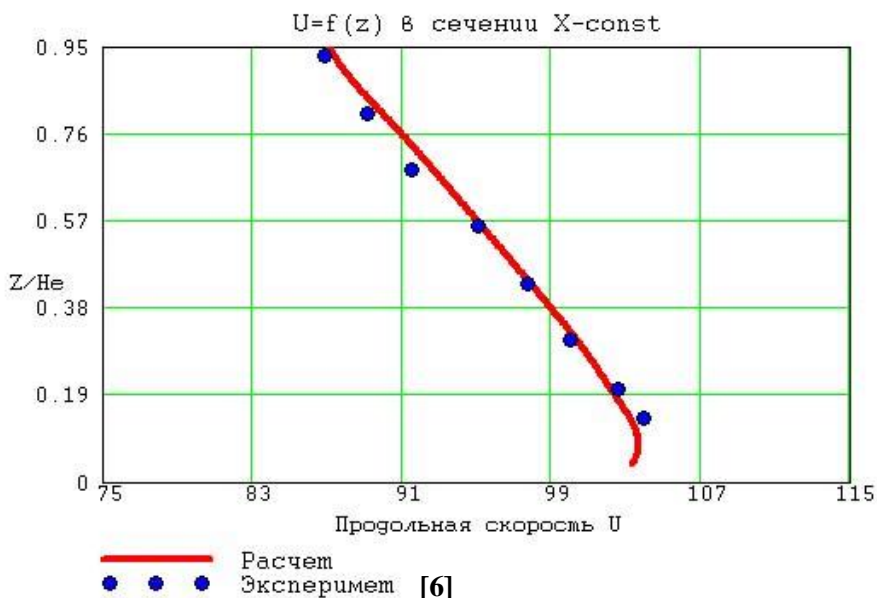


Рис. 4. Профиль продольной скорости на ребре перепада в расчете с унифицированным граничным условием

Если для измерения расхода используется стандартный метод конечной глубины, то вычисляется зависимость $C = f(h_e)$. Однако, существенным недостатком этого метода, ограничивающим его практическое применение из-за низкой точности измерений, является необходимость измерения глубины в сверхкритическом потоке с негидростатическим распределением давления и пульсирующей поверхностью. Первый фактор исключает возможность применения успокоительного водомерного колодца. Для измерения глубины необходим специализированный интегрирующий уровнемер, установленный в канале над ребром перепада.

В отличие от стандартного, измерение глубины предлагаемым способом производится в области спокойного докритического течения обычными средствами, что обеспечивает повышенную точность измерения расхода. Если длина подводящего канала $L < 30h_e$ необходимо предварительное обследование профиля скоростей в контрольном сечении, выбранном для измерения глубины. Так как абсолютные значения скоростей не требуются, могут применяться простейшие средства измерений, например, трубка полного напора или датчики динамического давления разного типа.

Выводы

1. Гидрометрические характеристики перепада зависят от структуры потока в подводящем канале.

2. Рассмотренный метод расчета обеспечивает определение расходной зависимости перепада с точностью не менее 3%.

3. Предлагаемый способ измерения расхода на перепаде имеет следующие преимущества в сравнении со стандартным методом конечной глубины:

- применим для произвольной геометрии подводящего канала;

- обеспечивает пониженную инструментальную погрешность измерений;

- позволяет проводить калибровку существующих и вновь построенных сооружений.

Литература

1. Rouse H. Discharge Characteristics of the Free Overfall // Civil Engineering, April 1936, v.6, N4, pp. 257-260.
2. O'Brien M.P. Analysing Hydraulic Models for Effects of Distortion. // Engineering News-Record, v.109, '11, Sept. 1932, pp. 313-315.
3. Bauer S., Graf W. Free Overfall as Flow Measuring Device // Proc. of ASCE, IR1, March 1971, pp. 73-83.
4. ISO 3847. Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes - End-depth method for estimation of flow in rectangular channels with a free over-fall // ISO, Geneva, 1977.
5. Кушер А.М. Компьютерная технология расчета гидрометрических сооружений // "Мелиорация и водное хозяйство", №5, 2004.
6. Kusher A.M. Flow-Measuring and Hydraulic Properties of Free Overfall // ICID International Conference "Food Production and Water Social and Economic Issues of Irrigation and Drainage",

Moscow, Russia, 2004.

7. Rajaratnam N., Muralidhar D. Characteristics of the Rectangular Free Overfall. // Journal of Hydraulic Research, N3, v.6, 1968, pp. 233-258.

УДК: 574,5+582.232

АЛЬГОЛИЗАЦИЯ ВОДОЕМОВ – НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СПОСОБ БОРЬБЫ С ЦВЕТЕНИЕМ ВОДЫ

В.В. Мелихов, Е.А. Ходяков

ГНУ ВНИИОЗ, г. Волгоград, Россия;

Н.И. Богданов

Пензенский НИИСХ, г. Пенза, Россия;

С.В. Яковлев

ФГНУ ГосНИИОРХ, г. Волгоград, Россия

Водохранилища центральных и южных регионов Российской Федерации, расположенные, как правило, в зоне интенсивного земледелия, в наибольшей степени подвержены антропогенному загрязнению, одним из проявлений которого является массовое развитие сине-зеленых водорослей. В результате сельскохозяйственных, коммунально-бытовых и промышленных сбросов в водоемы ежегодно поступают сотни тысяч тонн азот- и фосфорсодержащих химических соединений, оказывающих отрицательное влияние на структуру ихтиофауны и провоцирующих интенсификацию процессов деградации экосистемы и «цветения» воды. Большое количество биомассы водорослей скапливается в водоемах, затрудняя забор воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения сельскохозяйственных культур. Отмирание и последующее разложение сине-зеленых водорослей вызывает ухудшение кислородного режима водных источников, появлению заморных зон, а в ряде случаев – гибель рыб. Кроме того, по данным мировой статистики, примерно в 40-50 % случаев «цветения» воды происходит развитие цианобактерий, продукты метаболизма которых содержат канцерогенные соединения.

В европейской части Российской Федерации наиболее критическая обстановка, в связи с рядом специфических условий (большая площадь зеркала водоемов при относительно малой глубине и слабой проточности), сложилась в Волгоградском и Цимлянском водохранилищах. В бассейнах рек Волги и Дона проблема борьбы с сине-зелеными водорослями стоит, как никогда, актуально и остро.

Действенных способов борьбы с этим явлением в настоящее время не существует. Ни один из предложенных физических, химических, механических и других методов, и к сожалению, ни оказался достаточно эффективным, ибо громадному количеству энергии, заключенной в водорослях, необходимо противопоставить мощь технических средств.

Предполагалось, что наиболее перспективным методом депрессии «цветения» водоемов будет использование биомелиоратора – комплекса растительно-ядных рыб (белого и пестрого толстолобика). Однако использование этих рыб в

мелиоративных целях не получило должного развития, так как резкое увеличение промысловых стад растительноядных рыб ограничивается спецификой размножения, условия для которого имеются лишь в некоторых водоемах нашей страны. Поэтому воспроизводство толстолобика базируется на имущественном вселении молоди рыб рыборазводными хозяйствами.

Главное заключается в том, что растительноядные рыбы не могут повлиять на причины, вызывающие массовое развитие сине-зеленых водорослей или хотя бы, создать условия, препятствующие их развитию.

Проблема состоит в том, что в водоеме необходимо создать такие биологические условия, которые бы снижали или сдерживали развитие нежелательных видов водорослей.

Проведенными экспериментами уже доказано, что в роли антагониста сине-зеленых водорослей выступают зеленые. Преобладающее развитие последних является сдерживающим фактором «цветения» воды. К сожалению, аборигенные виды зеленых водорослей не могут в достаточной мере защитить водоем от бурного развития сине-зеленых.

Для решения этой проблемы ученым Пензенского НИИСХ Н.И. Богдановым был выделен и адаптирован штамм хлореллы (*Chlorella vulgaris* BIN) с апробацией в Пензенском водохранилище (р. Сура). После проведенной в 2001 г. альголизации водоема, то есть заселения в него микроскопической одноклеточной зеленой водоросли – хлореллы, «цветение» воды в нем не отмечалось, хотя в водохранилище поступают сине-зеленые водоросли из прилегающих водоемов.

ГНУ ВНИИОЗ проводя многолетние исследования по повышению эффективности сельскохозяйственного производства при сохранении природно-ресурсного потенциала и экологической безопасности агроландшафтов, не мог стоять в стороне от решения проблемы борьбы с сине-зелеными водорослями, поскольку вода является базовым звеном трофической связи «вода-почва - растение - животное - человек». Иными словами, химический состав и загрязненность оросительной воды влияют на плодородие почв, урожайность, качество сельскохозяйственной и животноводческой продукции, а в итоге – на здоровье людей.

Все эти вопросы неоднократно поднимались и обсуждались на конференциях различного уровня, в числе которых 6-ой Международный научно-промышленный форум «Великие реки 2004» ISEF и Комитет по экологии Ассоциации «Большая Волга» в Нижнем Новгороде (18-21 мая 2004 г.), а также проведенная по инициативе Администрации Волгоградской области Всероссийская научно-практическая конференция «Экологические проблемы загрязнения водных ресурсов, современные методы и пути их решения». В решениях этих форумов было рекомендовано ГНУ ВНИИОЗ, имеющему собственную лабораторию для культивирования штамма хлореллы, совместно с Н.И. Богдановым и Волгоградским отделением ГосНИИОРХ начать альголизацию водохранилищ Волго-Донского бассейна, наряду с одновременным проведением всего спектра необходимых научно-исследовательских работ.

Первым этапом разработанной многолетней Программы намечено проведение предварительного эксперимента в Береславском водохранилище в 2005

г., находящемся на канале Волго-Дон. Календарный план выполнения работ включает следующие этапы:

1. Предоставление общей характеристики существующей альгофлоры Береславского водохранилища и выявление массовых видов сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды;

2. Изучение современного состояния химического состава воды, количественного и качественного состава гидробионтов (фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, микрофлоры и их продукции);

3. Исследование видового состава и запасов рыб:

- промысловая ихтиофауна;
- непромысловая ихтиофауна;
- объемы зарыбления водохранилища растительноядными рыбами;
- сезонные миграции рыб;

4. Изучение гидрологического и гидрохимического режимов водоема (в затонной и проточной частях) в сезонном аспекте;

5. Выделение аборигенного штамма *Chlorella vulgaris*, исследование его физиологических особенностей;

6. Исследование адаптации штамма *Chlorella vulgaris* BIN к экологическим условиям Береславского водохранилища;

7. Экспериментальное внесение (альголизация) хлореллы в определенных участках водохранилища;

8. Определение результатов приживаемости хлореллы в Береславском водохранилище.

Разработанные рекомендации будут положены в основу практического применения на Волгоградском и Цимлянском водохранилищах, что позволит использовать приемлемые экологически-безопасные и экономически-целесообразные меры предотвращения цветения воды. Тем самым применение альголизации водохранилища позволит решить ряд экологических и народно-хозяйственных проблем:

- повысить качество питьевой воды;
- предотвратить летние заморы рыб в малопроточных заливах и участках водохранилища;
- повысить биомассу зоопланктона – кормовую базу рыб за счет максимальной усвояемости хлореллы в отличие от сине-зеленых водорослей;
- повысить естественную рыбопродуктивность водохранилища;
- сократить расходы на очистку воды для питьевых и технических нужд от сине-зеленых водорослей и очистку агрегатов насосных станций.

УДК 631.6: 548.56

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Ш.О. Мурадов

Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Решением проблемы безотходной технологии водопользования в сельском хозяйстве является широкое внедрение экологических способов деминерализации коллекторно-дренажных и подземных вод.

Резервом в повышении водообеспеченности орошаемых земель являются огромные запасы минерализованных подземных и коллекторно-дренажных вод. Последние на юго-западе Узбекистана (Навоийская, Кашкадарьинская и Сурхандарьинская области) составляют около 3 млрд.м³. Они загрязняют реки, озера, образуют искусственные соленые водосборники. Давней проблемой и мечтой водников является повторное использование их в народном хозяйстве и в частности орошаемом земледелии.

В этой связи, актуальным решением данной проблемы является улучшение качества дренажно-сбросных и подземных вод с последующим использованием в сельском хозяйстве. Очистка, деминерализация и повторное использование дренажно-сбросных и подземных вод приведет не только к снижению антропогенной нагрузки на природу, но и к получению дополнительных объемов пресной воды.

Технологии очистки и деминерализации вод, включая коллекторно-дренажные и подземные, могут быть подразделены на две большие группы. Первая группа технологий основана на удалении из воды загрязняющих компонентов, вторая группа технологии базируется на противоположном принципе: из загрязненной воды выделяются не загрязняющие компоненты, а молекулы чистой воды. К первой группе технологий относятся способы технологической, биологической, химической, а также многие способы физико-химической очистки вод (флотация, экстракция, адсорбция, коагуляция, диализ, обратный осмос и др.). Ко второй группе относятся способы, основанные на выпаривании вод, кристаллизации сухого остатка и конденсации дистиллята.

Учеными ВНИИГиМ (Россия) предложен ионообменный способ очистки дренажных стоков от неорганических веществ, который позволяет провести полную деминерализацию обрабатываемых вод (Кирейчева Л.В и др). Она проводится путем последовательного пропускания воды через катионно- и ионообменные фильтры. Этот метод наиболее перспективен при минерализации вод более 5 г/л.

Нами же, предлагается универсальный способ где могут быть приняты коллекторно-дренажные и подземные воды весьма широкого спектра показателей: рН 3-12; минерализация - от 2 до 200г/л; тип загрязнений – как неорганический, так и органический. Это означает, что для опреснения коллекторно-дренажных и подземных вод, даже резко отличающихся по составу, могут быть использованы одни и те же установки, а сбросные воды многих гидромелиоративных и коммунально-бытовых систем могут неограниченно объединяться в общий сток для их централизованной очистки. Данный способ опреснения вод основан на гидратной технологии, сущность которой состоит о том, что при контакте газа-гидратообразователя с водой при соответствующих температурах и давлениях образуется газовый гидрат, в который входят только газ и пресная вода, а соли остаются в растворе. После выделения газового гидрата из рассола их промывают и разлагают с образованием пресной воды и газа, который вновь направляют в цикл. В промышленных установках фирмы “Копперс” (США) в качестве газа-гидратообразователя использован пропан. Однако пропану присуще многие недостатки технологического плана. Во-вторых, он огне- и взры-

воопасен. В-третьих, он дефицитен, особенно в странах и регионах, не имеющих собственных нефтяных и газовых месторождений. В нашем способе же использован широко распространенный в природе, дешевый и экологичный газ. По своим параметрам наиболее пригодным для этих целей является двуокись углерода. При этом образование гидрата двуокиси углерода осуществляются в интервале температур 275-279⁰ К при давлениях 1400-2500 кПа.

В настоящее время известно довольно большое количество газов, образующие гидраты. Однако далеко не все они пригодны для осуществления гидратного процесса опреснения коллекторно-дренажных и подземных вод. Очень многие газы-гидратообразователи, полностью соответствуют одним критериям, совершенно не отвечают другим. Так, гидраты ряда галоидированных углеводородов (фреонов) существуют при температурах до 21⁰С (например, хлористый метил CH_3Cl) и давлениях не выше 1,6 кПа (бромистый метил CH_3Br). Однако фреоны опасны с экологической точки зрения (разрушают озоновый слой земли), к тому же весьма дорогостоящи.

Весьма привлекательно применение хлора. Этот газ хорошо растворим в воде, кроме того, он имеет очень высокую критическую температуру гидратообразования (28,7⁰С). Однако хлор высокотоксичен и является сильным корродирующим агентом.

Перечисленным выше критериям в наибольшей степени соответствует двуокись углерода. Именно этот газ обладает существенными преимуществами по сравнению с другими газами.

Двуокись углерода не опасна в обращении, водные растворы CO_2 нетоксичны для человека, поэтому не требуется полное её удаление из конечного продукта (пресной воды), более широко распространен в природе, более дешевый и экологичный газ. Гидратная технология предусматривает следующие требования к конечному продукту: рН-6, 8-7,5; сухой остаток не выше 1,0-1,5 г/л; по химическому, бактериальному составу, содержанию взвесей и физическим свойствам вода соответствует действующим нормативам. Проектная мощность промышленных установок опреснения сточных вод от 50 до 500 м³/час.

Затраты энергии при использовании гидратной технологии составляют от 2 до 6 кВт/ч на 1 м³ коллекторно-дренажной воды, что примерно в 10 раз ниже по сравнению с технологиями-аналогами и на 30-40% ниже по сравнению с технологией США.

Литература:

1. Кудельская Г.А., Колесникова Л.Н. Очистка промышленных сточных вод зарубежом. Киев: УкрНИИТИ. 1970.- с. 5-26
2. Кирейчева Л.В. Условия очистки дренажных вод методом ионного обмена. -М.: ВНИИ-ГиМ, 1992.-15 с.
3. Патент Р.Узб N IDP04339 от 24.12.1998. Кл.с.02 F 1/00, E 02 D 19/00
4. Патент США N 2904511, кл. 210-59, 1559

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ ВОДООТВЕДЕНИЕ В МЕЛИОРАЦИИ

Е.В.Овчинникова

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Водные мелиорации являются одним из крупнейших потребителей водных ресурсов и весьма значимым источником загрязнения поверхностных и подземных вод. Коллекторно-дренажные воды гидромелиоративных систем содержат соли, нитритный и аммонийный азот, фосфор, пестициды, тяжелые металлы и другие загрязняющие вещества.

Для защиты водных экосистем от загрязнения при сбросе дренажных вод необходима реализация комплекса превентивных мероприятий, направленных на снижение безвозвратного водопотребления, минимизацию объемов и загрязненности коллекторно-дренажных вод.

Важным этапом экологизации водоотведения в мелиорации является повышение качества коллекторно-дренажных вод с целью безопасного их отведения в водоемы или внутрисистемного использования для орошения.

В современной практике повышения качества минерализованных и загрязненных дренажных вод применяются различные методы очистки: физические – дистилляция, вымораживание, активация; химические – ионный обмен, опреснение клатратами; физико-химические – электродиализ, обратный осмос, сорбция; биологические и биохимические методы, основанные на использовании очистительной способности аэробных и анаэробных микроорганизмов, водорослевых образований – микрофитов и высших водных растений – гидромакрофитов. Сравнительный анализ рассмотренных методов и технологий повышения качества загрязненных вод показал, что биохимические методы очистки с использованием высших водных растений экологически безопасны, характеризуются низкой энергоемкостью, сравнительно невысокими капитальными вложениями.

Во ВНИИГиМ (авторы С.Я.Безднина, О.И.Куприянов, Е.В.Овчинникова) разработаны экологически безопасные, малоэнергоемкие технологии и конструкции сооружений биохимической очистки и регулирования качества коллекторно-дренажных вод.

Технология биохимической очистки коллекторно-дренажных вод построена на сочетании очистительной способности высших водных растений (гидромакрофитов), трав, аналогичных свойств грунтов, микроорганизмов, предназначена для снижения содержания токсичных солей (хлоридов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов), биогенов, тяжелых металлов, пестицидов и других загрязняющих веществ с целью экологически безопасного отведения коллекторно-дренажных вод в водные объекты.

Технология биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод включает биохимическую очистку и кондиционирование воды с целью экологически безопасного, внутрисистемного использования коллек-

торно-дренажных вод для орошения и получения дополнительной, доброкачественной сельскохозяйственной продукции. Кондиционирование воды – комплекс технологических мер и процессов, направленных на обработку воды с целью доведения ее состава и свойств до требуемых значений и характеристик. В данной технологии состав и свойства воды должны соответствовать требованиям, предъявляемым к качеству воды для орошения. Кондиционирование воды включает аэрацию и химическую мелиорацию воды.

На рис. 1 приведена технологическая схема биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод.

В соответствии с технологиями разработаны конструкции сооружений биохимической очистки и биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод.

Сооружение биохимической очистки (патент на изобретение № 2060970 от 27.05.1996 г.) разработано для безопасного сброса очищенных дренажных вод в водоисточники, состоит из двух последовательно расположенных блоков физико-химической и биохимической очистки.

Сооружение биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод (патент на изобретение № 2168470 от 10 июня 2001 г.) разработано для регулирования качества коллекторно-дренажных вод, предназначенных для орошения, состоит из двух блоков физико-химической и биохимической очистки, аналогичных по принципу действия блокам сооружения биохимической очистки и дополнено третьим блоком – кондиционирования воды.

Первый блок физико-химической очистки предназначен для очистки воды от плавающих примесей, взвешенных частиц, снижения концентрации различных загрязняющих веществ, растворенных в воде, регулирования pH и уменьшения экологической нагрузки на биохимический блок. Блок физико-химической очистки представляет собой специально разработанный и рассчитанный по технологическим и техническим показателям водоем удлиненной прямоугольной формы, встроенный непосредственно в русло открытого коллектора или параллельно коллектору. Дно и вертикальные стенки блока укреплены железобетонной облицовкой или другим водонепроницаемым материалом. В начале блока физико-химической очистки предусмотрена аванкамера, оборудованная сороудерживающей решеткой, предохраняющей от попадания в блоки сооружения крупных плавающих и взвешенных примесей. На выходе аванкамеры установлен водослив-водомер.

Основное условие работы блока физико-химической очистки заключается в том, что время осаждения частицы, попавшей в блок в самом верхнем слое воды, не должно превышать ее времени перемещения на длину блока, отсюда:

$$\frac{H}{w} \leq \frac{L}{v}, \quad \text{откуда } L = \alpha \frac{vH}{w},$$

где H – глубина блока, м; L – длина блока, м

v – средняя скорость потока воды, м/с;

w – средневзвешенная скорость осаждения частицы, м/с;

α – коэффициент, учитывающий турбулентность потока, обычно находится в пределах $\alpha = 1,2-1,5$.

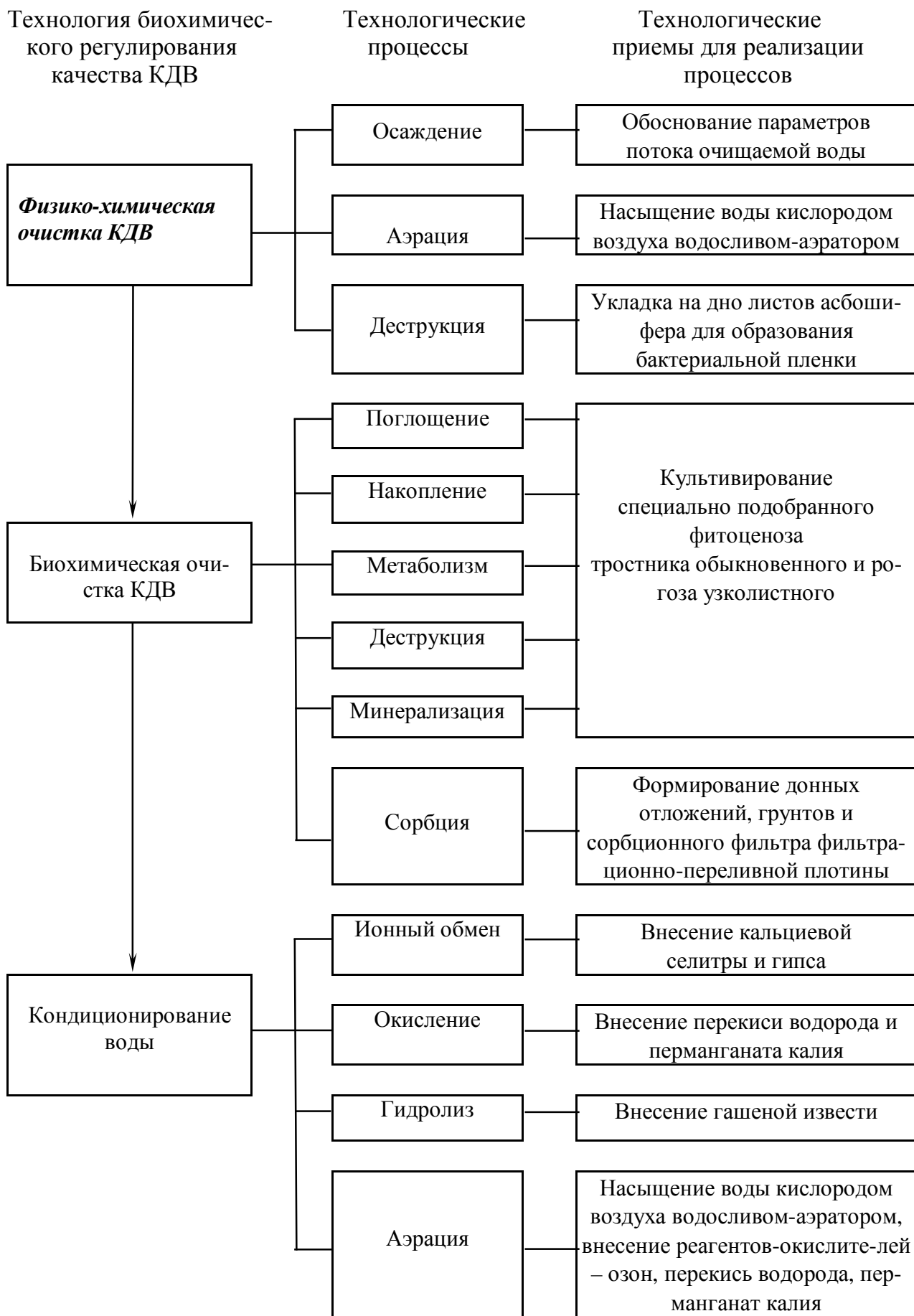


Рис. 1. Технологическая схема биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод

Второй блок биохимической очистки предназначен для очистки воды от пестицидов, тяжелых металлов, биогенов, токсичных солей (Na_2CO_3 , NaCl , MgCO_3 , MgCl_2 , Na_2SO_4) и других загрязняющих веществ. Блок биохимической очистки представляет собой биологический канал, на грунтовом, илистом дне которого культивируется искусственно развитый фитоценоз тростника обыкновенного и рогоза узколистного. Оптимальная для роста и развития тростника и рогоза глубина воды в блоке составляет 0,5-0,7 м, плотность посадки 80 экз./м² и 75 экз./м², соответственно. Для снижения фильтрационных потерь, защиты от поступления в блок грунтовых вод, предохранения от размыва и оползания, вертикальные стенки блока укреплены железобетонной облицовкой или другим водонепроницаемым материалом.

Процесс очистки основан на сочетании очистительной способности культивируемого в блоке фитоценоза высшей водной растительности, аналогичных свойств грунтов донных отложений и естественной аэрации воды водосливами-аэраторами, установленными между первым и вторым блоком и после второго блока. Для повышения эффективности процесса очистки коллекторно-дренажных вод во втором блоке предусмотрено устройство специальной фильтрационно-переливной плотины. Плотина делит блок на две неравные секции, длина первой секции блока в 2 раза превышает длину секции за плотиной. Фильтрационно-переливная плотина и водослив-аэратор являются техническими средствами поддержания в блоке уровня воды 0,5-0,7 м, благоприятного для роста и развития гидромакрофитов. Фильтрационно-переливная плотина позволяет реализовать в блоке два режима уровней воды: первый фильтрационный – не превышает отметку гребня плотины и поддерживается только фильтрацией воды сквозь тело плотины и выходным водосливом-аэратором, второй – переливной режим, при котором уровень воды превышает отметку гребня плотины и поддерживается переливом через тело плотины, фильтрацией сквозь ее тело и выходным водосливом-аэратором. В блоке предусмотрен также сбросной режим, при котором вода из блока физико-химической очистки в блок биохимической очистки не поступает, а сбрасывается через проложенные в грунте вдоль всего блока трубопроводы в накопительную емкость или водоприемник. Режим сброса необходим при посадке и скашивании гидромакрофитов в конце периода вегетации. Возможность работы блока в нескольких режимах позволяет гибко реагировать на изменение расхода воды и степени ее загрязнения.

Третий блок – блок кондиционирования представляет собой водоем прямоугольной формы. Вертикальные стенки и дно блока укреплены железобетонной облицовкой или другими водонепроницаемыми материалами. Блок кондиционирования непосредственно стыкуется с выходным водосливом блока биохимической очистки. Длина блока определяется из условия, что суммарная длина падающей струи и гидравлического прыжка не должны превышать длину блока.

Кондиционирование включает аэрацию и химическую мелиорацию воды. Аэрация – насыщение дренажных вод кислородом воздуха или использованием реагентов-окислителей (озон, перекись водорода, перманганат калия и другие).

Насыщение воды кислородом производится двумя основными способами – безреагентным и реагентным. Наиболее простым безреагентным способом является метод упрощенной аэрации. На практике он может осуществляться с помощью прохождения воды через водосливы-аэраторы, барботированием воды и т.д. Применение реагентных методов производится в случаях, когда простая аэрация недостаточно эффективна или не достигает нужных результатов.

Сущность химической мелиорации заключается в добавлении в воду химических веществ с целью: выведения токсичных ионов, изменения соотношения ионов (для предотвращения процессов засоления, осолонцевания и содообразования почв при поливе), обогащения воды элементами питания растений (внесение микроэлементов и удобрений в воду), приведения к норме рН (6,4-8,0).

Химическая мелиорация осуществляется путем введения в воду экологически безопасных химических мелиорантов (кальциевая селитра, известь, гипс) и реагентов (перекись водорода, перманганат калия) для окончательного регулирования рН, содержания карбоната, бикарбоната натрия, соотношения натрия к кальцию, магния к кальцию.

Разработанная технология биохимического регулирования качества коллекторно-дренажных вод основана на принципах повышения качества воды, максимально приближенным к природным процессам, способствует созданию экологически безопасных гидромелиоративных систем с замкнутым циклом водопользования, экономии водных ресурсов, освоению новых земель и получению дополнительной сельскохозяйственной продукции.

УДК 626.824

УСОВЕРШЕНСТВОВААННАЯ ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ ТРУБКА - НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВОДЫ

У.Р.Расулов

НПО «САНИИРИ», Ташкент, Республика Узбекистан

Как известно, единственным и самым распространенным на практике средством измерения скорости воды до сих пор остается гидрометрическая вертушка (ГМВ).

Несмотря на широкую распространенность ГМВ присущ ряд существенных недостатков, к которым можно отнести: неоперативность информации; индивидуальность градуировочной характеристики, составление которой и дальнейшие периодические поверки ее требуют наличия дорогостоящего специального стенда; неприменимость ее без полной разборки, чистки, сборки и смазки после каждого использования, и т.п.

Основной причиной отмеченных недостатков ГМВ является наличие в ее конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, не защищенных от вредных воздействий воды.

Следует отметить, что, в свое время, были сделаны попытки совершенствования работы ГМВ - разработаны электронные средства обработки сигналов

лопастей и представления информации в готовом виде с целью создания удобства при пользовании ею. Однако эти совершенствования касались только обработки сигналов, сформированных ГМВ, а не формирования самих сигналов о скорости воды, поэтому они не нашли широкого практического применения.

Из зарубежных нам известна ГМВ усовершенствованной конструкции в комплекте с электронным блоком обработки сигнала. Отличительным преимуществом этой ГМВ является изоляция (защита) узла подшипников от воды и ее воздействий, которая позволила резко уменьшить трудоемкость эксплуатации. Однако ее стоимость достаточно высокая (около 2000 долларов США). Кроме того, энергоемкость ее электронного блока большая.

В данной работе приводятся основные результаты работ по разработке, изготовлению и экспериментальным исследованиям усовершенствованной гидрометрической трубки (ГМТ), работа которой основана, как и работа традиционных трубок Пито на определении скорости воды по разности динамического и статического давлений (уровней) воды в измерительных трубках, опускаемой в контролируемую точку потока воды, и обусловленной скоростью воды.

Основные разновидности традиционных трубок Пито, принципы и особенности их работы достаточно подробно описаны в литературе. Поэтому ниже несколько подробнее остановимся только на основных недостатках известных разновидностей традиционных трубок Пито, ограничивающих их широкое практическое применение.

К основным недостаткам известных трубок Пито можно отнести следующие:

- недопустимо большая погрешность измерения, особенно при малых скоростях, обусловленная малой чувствительностью метода при малых скоростях, а также из-за невозможности снятия достаточно точных отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках ввиду непрерывных и достаточно интенсивных пульсационных колебаний их в процессе работы;

- относительно большие габариты - длины измерительных трубок, по значению превышающие глубину погружения ГМТ в контролируемую точку потока и вследствие этого, зависимость их от глубины нахождения контролируемой точки, что неудобно при пользовании ими.

Для устранения отмеченных недостатков известных трубок Пито ее конструкция усовершенствована. Усовершенствования заключаются в некотором изменении и дополнении ее конструкции.

Изменения конструкции заключаются в изгибе верхнего конца третьей (вспомогательной) трубки вниз - к свободной поверхности контролируемого потока воды

Такое выполнение конструкции ГМТ позволяет заполнить (заправить) ее обе измерительные - динамическую и статическую трубки в процессе работы водой до заданного значения по высоте, а также уменьшить габариты - длину измерительных трубок до минимума, и сделать ее не зависящей от глубины контролируемой точки потока, а зависящей только от значения перепада (разности) уровней воды, обусловленного значением измеряемой скоростью потока воды.

Дополнение конструкции известной ГМТ заключается в снабжении нижних частей обеих измерительных трубок сдвоенным клапаном с общей ручкой манипулирования. Клапан в исходном состоянии открыт, а в рабочем - закрывается для фиксации рабочих положений уровней воды в трубках. Кроме того, для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих трубок сантиметровой шкалой с миллиметровыми делениями на рабочем участке.

Таким образом, предлагаемая ГМТ конструктивно состоит из трех: двух измерительных - динамической и статической, и одной - вспомогательной трубок. Динамическая трубка имеет Г-образную форму, и нижним - открытым концом направляется навстречу потоку воды. Статическая трубка - прямая, и нижним - открытым концом направляется перпендикулярно вектору скорости потока воды.

Открытый конец вспомогательной трубки повернут по отношению к измерительным трубкам на 180° и направлен перпендикулярно свободной поверхности потока воды. Все три трубки в верхней части между собой сообщены. Обе измерительные трубки в нижних частях снабжены сдвоенным клапаном одновременно закрывающимся для фиксации рабочих положений уровней воды в измерительных трубках. Для возможности снятия отсчетов о рабочих положениях уровней воды измерительные трубки снабжены одной - общей для обеих измерительных трубок шкалой на рабочем участке. Длина рабочего участка измерительных трубок изготовленного образца ГМТ - 200 мм, что соответствует максимальной скорости потока воды 2 м/с.

Работа сдвоенного клапана регулируется при помощи рычага, размещенного на рукоятке. Общая конструктивная длина изготовленного образца ГМТ равна 300 мм (без рукоятки).

Нижние концы всех трех трубок - двух измерительных и одной вспомогательной трубок открыты, а верхние концы всех трех между собой сообщены.

Заправка (заполнение) водой измерительных трубок при работе предлагаемой ГМТ происходит следующим образом. Начнем с рассмотрения случая стоячей воды, т.е. когда скорость V воды равна нулю. ГМТ будем опускать в воду в вертикальном положении. При этом ввиду открытости нижних концов динамической и статической трубок, открытости и свободы (от воды) нижнего конца вспомогательной трубки, а также открытости клапана вода будет входить в обе измерительные трубки через их нижние открытые концы до тех пор, пока нижний открытый конец вспомогательной трубки не коснется - не сравняется с высотным положением свободной поверхности воды. Причем, ввиду отсутствия течения воды уровень воды в обеих измерительных трубках одинаковы, а по высоте совпадают с нижним концом вспомогательной трубки. При дальнейшем погружении ГМТ в воду уровни воды в них не меняются, т.к. в верхних частях их находится воздушная пробка, образованная в результате касания нижнего открытого конца вспомогательной трубки со свободной поверхностью воды.

Таким образом, можно сказать, что измерительные трубки заправились водой автоматически до определенного уровня, который зависит от высотного

положения нижнего конца вспомогательной трубки. Следовательно, назначая его высотное положение можно менять исходное значение уровней воды в обеих измерительных трубках.

При опускании предлагаемой ГМТ в поток воды, направляя открытый конец динамической трубки навстречу потоку воды происходит то же самое, что и в случае со стоячей водой, но лишь с той разницей, что во втором случае уровень воды в динамической трубке будет выше по сравнению с уровнем воды в статической трубке, обусловленное скоростью V течения воды. Если при этом закрыть клапан при помощи рычага, размещенного на рукоятке, то рабочее положение уровней воды в измерительных трубках окажутся фиксированными и изолированными от потока воды. Вытащив ГМТ из потока воды можно снять отсчеты о рабочих положениях уровней воды в обеих измерительных трубках в их стоячих (в успокоенных) положениях, т.е. безо всяких пульсационных колебаний, что позволяет существенно повысить точность измерения, особенно при малых скоростях, и по значению их разности, пользуясь готовой таблицей, составленной по известной стандартной зависимости

$$V = \sqrt{2gZ} = 4,43\sqrt{Z}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

где Z - разность отсчетов об уровнях воды в динамической и статической трубках, м;

g - ускорение свободного падения, значение которого принимаемое для обычных технических расчетов, равным $9,81 \text{ м/с}^2$,

можно определить скорость течения воды в данной точке потока. После этого можно открыть клапан и она (ГМТ) снова готова для очередного измерения.

Нами изготовлен один из возможных вариантов экспериментального образца предлагаемой ГМТ. Материал трубок - нержавеющая сталь, наружный диаметр d трубок - 16 мм, внутренний - 14 мм.

Измерительные трубки на рабочем участке (на участке 200 мм) имеют сквозной продольный вырез, изнутри снабжены (заделаны герметично) прозрачным стеклом и миллиметровой шкалой для возможности снятия отсчетов об уровнях воды в измерительных трубках. В изготовленном варианте ГМТ в качестве клапана использован сдвоенный кран самоварного типа, регулируемый при помощи рычага с рукояткой. С целью установления работоспособности и предварительного определения основных метрологических характеристик изготовленного образца ГМТ проведены экспериментальные испытания ее в лабораторных и натуральных условиях.

При проведении испытаний в лабораторных условиях использовался лабораторный стенд, имеющий в своем составе в качестве открытого водотока бетонный стандартный параболический лоток типа "ЛР-60".

В качестве образцового средства измерения скорости воды использовалась гидрометрическая вертушка (ГМВ), комплектованная электронным блоком преобразования и представления информации о скорости воды в цифровом виде.

Для проведения испытаний ГМВ устанавливалась на фиксированную точку потока воды лотка на определенной глубине осевой вертикали потока.

Испытуемая ГМТ каждый раз опускалась на ту же глубину потока воды осевой вертикали лотка на расстоянии около 0,5 м выше по течению.

В лотке "ЛР-60" создавался установившийся режим течения воды при различных значениях расхода, следовательно, и скорости воды при которых многократно (3...5 раз) снимались отсчеты показаний ГМВ и измерительных трубок ГМТ.

Экспериментальные испытания изготовленного образца ГМТ в натуральных условиях проведены на канале Карасу, протекающего по территории НПО "САНИИРИ".

Для этого скорость потока воды в определенных точках канала Карасу измерялась ГМВ и испытываемой ГМТ.

Для определения численных значений скоростей V воды, измеренных ГМТ по разности уровней Z воды в измерительных трубках для удобства пользовались заранее составленной таблицей по зависимости (1).

Экспериментальными исследованиями предлагаемой ГМТ, проведенными как в лабораторных, так и в натуральных условиях охвачен диапазон скоростей воды от 0,2 до 1,4 м/с. Судя по полученным результатам проведенных экспериментальных испытаний изготовленного образца предлагаемой ГМТ можно сказать, что ее метрологические характеристики (в основном, точность измерения) не хуже метрологических характеристик использованной ГМВ.

Однако для полной оценки метрологических характеристик предлагаемой ГМТ необходимо провести дополнительные и более детальные испытания, проведя сравнительные измерения скорости воды ею и образцовым средством измерения скорости воды с более высокой точностью, чем точность использованной нами ГМВ, например на специальном тарировочном стенде. Предлагаемая ГМТ имеет следующие основные преимущества по сравнению с известными средствами измерения скорости воды:

- непотребность в индивидуальной градуировке и в дальнейших периодических поверках на специальном дорогостоящем тарировочном стенде;
- оперативность информации об измеряемом параметре - скорости воды;

- достаточно высокая точность и надежность измерений, в том числе, и в полевых условиях;

- отсутствие в конструкции механически движущихся и трущихся элементов и узлов, могущих отрицательно влиять на ее метрологические характеристики;

- небольшие габаритные размеры и независимость их от глубины положения контролируемой точки потока воды;

- простота конструкции и удобство в эксплуатации;

- непотребность в каких-либо посторонних источниках энергии и т.п.

УДК 626.8:577.4:333.93:631.6 (470.47)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПОЛУПУСТЫННОЙ И ПУСТЫННОЙ ЗОНАХ КАЛМЫКИИ

М.А. Сазанов, С.И. Ковриго

КФ ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Элиста, Россия

Расположенная на юго-востоке Европейской части России, Республика Калмыкия характеризуется неблагоприятными природными условиями и тяжёлой почвенно-мелиоративной обстановкой. В аридную область входит около 70% территории республики.

В полупустынной зоне расположены две крупные оросительно-обводнительные системы, водоисточником которых является р.Волга, – Сарпинская ООС и Калмыцко-Астраханская РОС (общая площадь 50,9 тыс.га, из них регулярного – 23,4 тыс.га, остальная – лиманы). Наибольшее распространение здесь получили рисовые инженерные оросительные системы, площадь которых составляет около 20 тыс.га. Поэтому их основная специализация - рисоводство и кормопроизводство.

Сложные и тяжёлые природно-гидрогеологические условия, складывающиеся из-за бессточности и слабой естественной дренированности данного региона, выдвигают необходимость строительства искусственного дренажа (потребность в котором составляет 70...80%). Однако фактически дренаж имеется только на 26% площадей. В результате за годы эксплуатации оросительных систем (с начала 60-х гг.) произошло существенное ухудшение экологической обстановки, в связи с резким поднятием уровня высокоминерализованных грунтовых вод и развитием процессов вторичного засоления и осолонцевания почв, и 70% площадей орошаемых земель имеют плохое мелиоративное состояние. Для полива применяется в основном пресная вода из р. Волга. Но в последние годы из-за острого дефицита пресной воды стали практиковать повторное использование коллекторных дренажно-сбросных вод пониженных классов качества, которыми в настоящее время поливается до 23 % от орошаемых площадей (в основном кормовые культуры и частично рис).

Территория *пустынной зоны* характеризуется крайней засушливостью. Здесь размещены самая крупная оросительно-обводнительная система республики – Черноземельская ООС (общая площадь орошаемых земель – 65,7 тыс. га, из них регулярного – 24,7 тыс.га) и Каспийская ООС (площадь 1,2 тыс.га). Орошаемая пашня составляет в настоящее время от 21 до 92% (в среднем 53%) от общей площади пашни или 0,3...1,5% (в среднем 0,8%) от сельхозугодий. Орошаемые земли используются в основном (до 90%) для производства кормов и овощей. Гидрогеологические условия в пустынной зоне сложные, т.к. территория практически бессточна (за исключением общего незначительного уклона в сторону Каспийского моря). Обеспеченность дренажем - около 32 %, уровень его эффективности низкий. Для орошения используется в основном вода из Чограйского водохранилища (куда вода поступает из рр. Кума и Терек), частично

местный сток и дренажно-сбросные воды. До 90 % орошаемых площадей поливается водой с повышенной минерализацией от 1,2 до 2,0 г/л. Поэтому в отсутствие дренажно-сбросной сети (потребность в которой составляет от 70 до 80%), наблюдается ухудшение их эколого-мелиоративного состояния и в настоящее время на Черноземельской ООС по причине вторичного засоления и недопустимого уровня высокоминерализованных грунтовых вод к неблагоприятным относятся около 77% площадей орошения.

Широко развито в полупустынной и пустынной зонах республики лиманное орошение. В целом насчитывается свыше 150 тыс.га лиманообразных понижений, приуроченных главным образом к Прикаспийской низменности. Площадь лиманов с подпиткой от каналов ООС составляет 37,3 тыс.га.

В республике наблюдается интенсивный процесс снижения использования орошаемых земель. За последние четыре года практически вдвое сократилась площадь используемых земель регулярного орошения - с 34,3 тыс.га до 17,3 тыс.га, что составляет 32,2% от общей площади регулярного орошения. Также далеко не полностью используются участки инициативного орошения. Инженерных лиманов затопляется только 26...27 тыс.га (до 60% от наличия). Основной причиной низкого использования орошаемого фонда является хронический недостаток финансовых средств, вследствие чего не проводятся мероприятия: по текущему ремонту и реконструкции ГСМ, обновлению и ремонту водополливной техники (износ достигает 90%, потребность в насосных станциях удовлетворена на 28%, а в дождевальных машинах на 26% и т.п.).

Анализ минерализации и химического состава оросительных и дренажных вод показывает следующее. На Сарпинской ООС наиболее высоким качеством (Σ солей = 0,3...0,4 г/л, сульфатно – гидрокарбонатно – кальциевый состав), соответствующим I классу, обладает вода в распределительных каналах (Р-1 и пр.), поступающая из р. Волга. Но поскольку все подводящие каналы имеют земляное русло и проходят по территории с высоким содержанием водорастворимых солей в почвенном профиле, то волжская вода по мере её транспортировки ухудшается по всем показателям и, прежде всего, по химизму минерализации. В хозяйственных оросителях она уже имеет минерализацию 0,7...0,8 г/л, а химический состав переходит в хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевый и соответствует II классу качества. В чеках происходит дальнейшее обогащение воды солями: общая минерализация повышается до 0,9...1,0 г/л, увеличивается содержание хлора и натрия. За последние годы в связи с дефицитом воды и дороговизной подачи её для орошения возникла необходимость в более полном использовании для этих целей дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем. Они могут использоваться непосредственно из дренажно-сбросных каналов в период с июня по август, когда минерализация их снижается до 1,5...3,0 г/л, или (в большей мере) – после смешивания их с волжской водой, т.к. в весенний и осенний периоды дренажный сток имеет более высокую минерализацию и по основным показателям соответствует IV-му классу качества. Минерализация и качественные показатели воды в основном приёмнике дренажно-сбросных вод с рисовых систем (оз. Сарпа), аккумулирующем ежегодно их объёмы в размере 20...50 млн.м³, меняются по годам и сезонам года в до-

вольно широких пределах от 2 до 13 г/л. Она пригодна для орошения только при содержании солей не более 6 г/л.

На Черноземельской ООС вода, поступающая в Чограйское водохранилище по Кумо-Манычскому каналу, имеет минерализацию 1,0...1,4 г/л, сульфатно-натриево-кальциевый состав и по всем показателям относится ко второму классу качества. Минерализация воды в самом водохранилище возрастает до 1,3...1,5 г/л, а в распределителях, подающих воду хозяйствам, она увеличивается уже до величины 1,5...1,9 г/л, т.е. по опасности общего засоления она приближается к третьему классу качества. Ещё более высокая минерализация (2,1...4,5 г/л) и худшие показатели качества (III и IV классы) характерны для сбросной воды.

Анализ структуры водопользования показывает, что суммарная подача воды на все нужды в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии по государственным системам (СООС, ЧООС) за 2000-2003 годы имеет тенденцию к снижению. В пределах республики на орошение в последние годы расходуется 51...60% от общей водоподачи, в том числе по Черноземельской ООС – 52...83% и по Сарпинской ООС – 87...89%. [1].

Ввиду ограниченности водных ресурсов в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии, необходимо осуществлять их строгое нормирование в зависимости от нужд различных отраслей народного хозяйства (орошаемого земледелия, животноводства, агропромышленности, водоснабжения и др.), а также применять оптимальные схемы систем водопользования.[2].

Расчёты по фактическому водопотреблению на различные нужды в 2003 г., по СООС и ЧООС, приведенные в таблице 1, показывают, что большая часть (около 90%) подаваемой и потребляемой воды идет на орошение, и только около 10% - на животноводство (1 ...9 %) и производственно-бытовые нужды - (2,3 ...4,2 %).

Система водопользования для хозяйственно – питьевых нужд сельских населённых пунктов и ферм имеет следующий вид: для забора воды из открытого источника (канал, водоём) на берегу сооружается приёмный береговой колодец, куда вода попадает по трубе самотёком. Из колодца вода с помощью насоса насосной станции через очистное устройство подаётся в водонапорный бак и далее по магистральному водопроводу поступает к потребителям.

Схема пастбищного водопровода представляет собой следующее: вода из открытого водоёма или канала насосом подаётся по трубе в резервуар, а затем самотёком поступает в водопойный пункт. Возможен также вариант с использованием передвижной автопоилки или водораздатчика.

Одним из эффективных путей экономии пресной воды является использование для целей орошения минерализованных вод. При правильно подобранном комплексе мероприятий, устраняющих или снижающих сопутствующие ему негативные явления, успешно решается несколько задач: получение дополнительного количества кормов, рациональное использование местного стока, утилизация дренажно-сбросных вод путём повторного их потребления, экономия оросительной воды.

Таблица 1. Расчёт потребности воды на различные нужды в зоне деятельности Черноземельской и Сарпинской ООС

Потребители воды	Нормы водо-потребления, л/сут.	Поголовье скота, численность населения, тыс.		Потребность, тыс.м ³			
		ЧООС	СООС	за сутки		за год	
				ЧООС	СООС	ЧООС	СООС
1. Орошение	-	-	-	-	-	89900	125400
2. С/х водоснабжение и обводнение	-	-	-	31,2	18,8	11388,0	6843,8
Из них: Животноводство, всего:	-	499,9	173,1	6,3	3,65	2299,5	1332,3
в т.ч. - овцы	8	460,6	133,9	3,7	1,1	1350,5	401,5
-КРС	65	36,4	38,4	2,4	2,5	876,0	912,5
-лошади	60	2,9	0,8	0,2	0,05	73,0	18,3
Производственно-бытовые нужды - всего:	400	62,1	38,0	24,9	15,1	9088,5	5511,5
в т.ч. -питьевые	50	-	-	3,1	1,9	1131,5	693,5
-специально-бытовые	80	-	-	5,0	3,0	1825,0	1095,0
-производственные	10	-	-	0,6	0,4	219,0	146,0
-полив приусадебных участков	230	-	-	14,3	8,7	5219,5	3175,5
-животные в личном пользовании	30	-	-	1,9	1,1	693,5	401,5
Итого:						101288	132244

Результаты наших полевых опытов показывают, что в республике возможно получение высоких урожаев кормовых культур - люцерны и суданской травы - (до 13...16 т/га а.с.в.) с поливом минерализованной водой (до 6 г/л) при обеспечении хорошей дренированности орошаемых земель в сочетании с внесением расчётных доз минеральных удобрений и микроэлементов.

Установлена также возможность создания замкнутых систем водопользования на примере рисовых оросительных систем (Сарпинская ООС) и гидромелиоративных систем нового поколения – многоцелевых оазисного типа. Для этого разработаны и предложены соответствующие схемы экологически безопасных систем водопользования, позволяющие обеспечить экономию водных ресурсов на 25...30%.

Таким образом, в целях обеспечения экологически безопасного и экономически эффективного функционирования систем водопользования в АПК Республики Калмыкия в настоящее время необходимо выполнение следующего комплекса мероприятий: создание новых экологически устойчивых, и эффективных конструкций ГМС и систем водопользования на базе современных технологий; внедрение принципов экосистемного водопользования, способствующего

щих уменьшению безвозвратного водопотребления, непроизводительных расходов и потерь воды в процессе водохозяйственной деятельности; предупреждение загрязнения почв, поверхностных и подземных вод, продукции агропромышленного производства; минимизация и предупреждение вредного воздействия сточных и дренажных вод на природную среду; создание замкнутых систем водопользования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота; внедрение методов экологически безопасного использования минерализованных вод; создание систем платежей за водопользование и экономического стимулирования рационального использования, восстановления и охраны водных объектов; внедрение системы мониторинга воды, почв, растений и сооружений ГМС.

Литература

1. Методы экологически безопасного функционирования систем водопользования. Организационно-экономический механизм реализации инвестиционных мелиоративных проектов (научно-методические рекомендации). – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2003. – 25 с.
2. Рекомендации по повышению экологической безопасности водопользования в процессе функционирования обводнительно-оросительных систем в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии. – Элиста: КФ ГНУ ВНИИГиМ, 2004. – 49 с.

УДК 628.862

ВОЗДЕЙСТВИЕ СБРОСНЫХ ВОД С ОСУШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОПРИЕМНИКОВ И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Е.Б. Стрельбицкая, Н.В. Коломийцев
ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, Москва, Россия

Современные экологические требования к мелиоративным системам ставят на первое место вопросы охраны водных объектов, являющихся водоприемниками дренажных вод. Особенно это актуально для условий Нечерноземной зоны РФ.

Осушительные мелиорации и сельскохозяйственное использование осушаемых земель приводят к ускорению круговорота и увеличению объема мигрирующих компонентов, а также изменению их естественных соотношений, что является одной из причин антропогенного эвтрофирования природных вод. С дренажным и поверхностным стоком в водоприемники попадает большое количество органического вещества, биогенных элементов, в том числе соединений фосфора и азота, играющих основную роль в изменении трофического уровня водных объектов. Биогенные элементы включаются в сложные механизмы взаимодействия в звеньях трофической цепи биоценоза, приводя к их трансформации и вызывая быстрые и часто необратимые нарушения структуры водных сообществ, а также условий их функционирования. Совместное воздействие органических соединений, биогенных элементов и других загрязняющих

веществ, включая метаболиты водорослей и продукты анаэробного распада различных веществ, возникающие в процессе эвтрофирования, приводит к ухудшению качества вод и экологического состояния водных объектов, нарушая природное равновесие существующих водных экосистем.

Изучение процесса антропогенного эвтрофирования реки Яхромы (Дмитровский район Московской области) на участке от начала ее поймы до створа ниже сбросов с осушительной системы выявило изменение ряда показателей гидрохимического и гидробиологического режимов. Поступление вод осушительной системы отразилось на изменении содержания органического вещества в реке, которое характеризовалось увеличением значений бихроматной (ХПК) и перманганатной (ПО) окисляемости в периоды сброса вод с осушительной системы: ХПК в среднем до 25-35 мгО/л, ПО до 10-18 мгО/л. Превышения допустимого содержания для мезотрофного уровня [1, 2, 3] по этим показателям составили > 4-4,5 раз. Для конца летнего периода и осени повышение значений ХПК и ПО до значений, превышающие мезотрофный уровень > 3-4 раз, связано с недостаточно интенсивным протеканием деструкционных процессов в экосистеме, приводящим к накоплению органического вещества, хотя в ряде случаев содержание растворенного в воде кислорода снижалось до значений ниже нормативных [4], достигая 4,9-5,8 мгО₂/л, что свидетельствовало об активных биохимических процессах окисления органических соединений.

Основные значения показателей содержания органического вещества в реке от начала поймы до участка ниже сбросов с осушительной системы приведены в таблице 1, из которой видно существенное их увеличение на данном отрезке реки.

Таблица 1. Содержание органического вещества (мгО/л) по значениям бихроматной (ХПК) и перманганатной (ПО) окисляемости и ионов аммония (мгN/л) в различных створах р. Яхромы

Место отбора проб воды	Число проб	ХПК			ПО			NH ₄ ⁺		
		Предельные значения		Среднее значение	Предельные значения		Среднее значение	Предельные значения		Среднее значение
		max	min		max	min		max	min	
начало поймы	10	32,6	18,7	24,7 ±1,32	12,1	4,8	7,4 ±0,8	2,00	0,10	0,78 ±0,16
ниже сбросов	30	61,9	16,0	30,8 ±1,7	18,1	4,6	8,9 ±0,55	4,62	0,04	0,93 ±0,19

Поступление сбросных вод с осушаемых агроландшафтов способствует повышению концентраций ионов аммония в воде реки на участке ниже сбросов с осушительной системы (табл. 1), превышающих ПДК_{рыб.} [4] в среднем более 2 - 11,5 раз, а допустимые значения для мезотрофного уровня [1, 2, 3] – от 4,7 до 77 раз. Помимо влияния непосредственного поступления сбросных вод, высокое содержание аммонийного азота в этом створе реки может быть объяснено процессами разложения органического вещества, однако распад органических

соединений происходит, видимо, неполно, а нитрификационные процессы протекают недостаточно активно.

Воды р. Яхромы в целом отличает высокий природный уровень содержания общего фосфора $P_{\text{общ.}}$ (на уровне высокоэвтрофного водоема). Анализ распределения по продольному профилю реки концентраций $P_{\text{общ.}}$ показал увеличение его сезонных колебаний вниз по течению реки (табл. 2). Повышение содержания общего фосфора в воде происходило в периоды ослабления процессов фотосинтеза водных организмов и усиления интенсивности биохимического окисления органических веществ различного генезиса (аллохтонного и автохтонного), превышая допустимое содержание для мезотрофного уровня (0,06-0,15 мгР/л) в 8 - 14,5 раз на участке реки ниже сбросов с осушительной системы. Наряду с этим, немаловажную роль в динамике содержания $P_{\text{общ.}}$ в воде реки оказывает обмен с донными отложениями. Увеличение поступления фосфатов из донных отложений в результате разрушения комплексных соединений с железом и кальцием при восстановительных условиях на границе «вода-дно» способствовали увеличению концентраций фосфора в воде, превышающих допустимое содержание в 6,5 - 8 раз. Причем для водоемов с высокими концентрациями $P_{\text{общ.}}$ характерно ослабление деструкционных процессов, ведущее к накоплению в системе органического вещества, что и происходит в реке.

Таблица 2. Содержание общего фосфора (мгР/л) в р. Яхроме

Место отбора проб воды	Число проб	Предельные значения		Среднее значение
		max	min	
начало поймы	9	0,68	0,16	$0,39 \pm 0,052$
ниже сбросов с осушительной системы	28	0,88	0,08	$0,36 \pm 0,031$

Таким образом, результаты гидрохимических исследований системы «осушительная сеть – река» выявили, что избыточное поступление со сбросными водами органического вещества и аммонийных форм азота способствует увеличению их концентраций в реке. Неполная минерализация органических соединений, ухудшение кислородного режима, высокий уровень содержания фосфора, а также поступление биогенных и органических веществ в воду из донных отложений приводят к нарушению условий среды обитания водных организмов и ухудшению экологического состояния экосистемы участка реки ниже сбросов с осушительной системы.

Наиболее наглядным свидетельством этому явилась радикальная пространственная перестройка по продольному профилю реки видового состава фитопланктонного сообщества (рис.1), изменение значимости отдельных видов в составе систематических групп по численности и в общей биомассе фитопланктона. Результаты исследований показали выход на доминантные позиции синезеленых водорослей (*Cyanophyta*): их долевое участие в общей биомассе (В) фитопланктона увеличилось с 1,4% ($B = 0,04$ мг/л) в начале поймы до 23,3% ($B = 0,55$ мг/л) на участке реки ниже сбросов с осушительной системы. Наряду

с этим по продольному профилю реки произошло снижение долевого представительства диатомовых водорослей (*Bacillariophyta*), с 91,5% ($B = 2,5$ мг/л) до 60,7% ($B = 1,42$ мг/л) от общей биомассы фитопланктона. На этом отрезке реки во всех систематических отделах фитопланктона наибольшего развития получили виды, представляющие собой типичный состав массовых форм естественно-эвтрофных водоемов, что явилось следствием их конкурентоспособности при перестройке планктонного сообщества в соответствии с изменением трофических условий, свидетельствующие об интенсивности протекания процессов антропогенного эвтрофирования под влиянием усиления биогенной нагрузки.

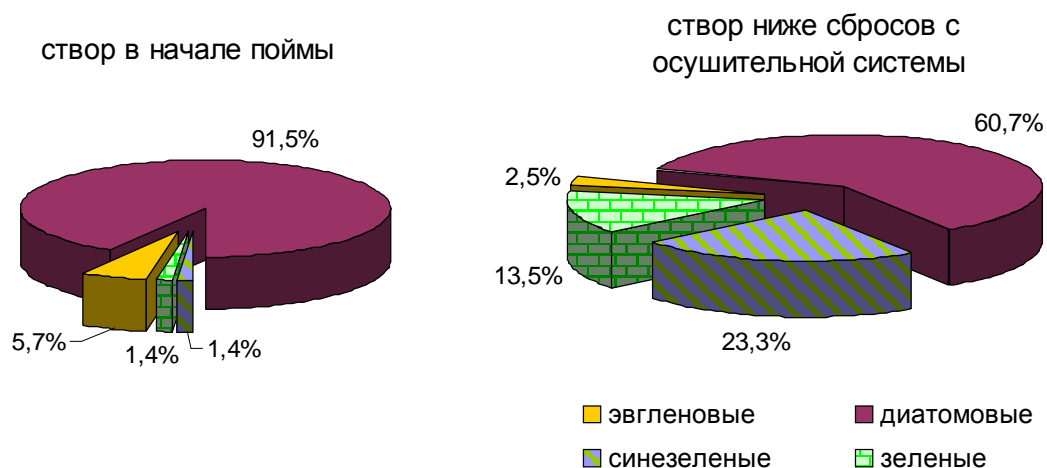


Рис. 1. Изменение соотношения основных отделов фитопланктонного сообщества по продольному профилю р. Яхромы (по биомассе)

Ликвидация нежелательных последствий нарушенного биогенного баланса водных объектов, решение проблем восстановления качества и экологического состояния природных вод в результате управления процессом антропогенного эвтрофирования могут быть обеспечены только на основе изучения закономерностей поступления биогенных веществ в воду.

Для решения задачи воздействия на процесс эвтрофирования существует два направления: 1) регулирование и ограничение поступления в водные объекты веществ, обуславливающих развитие процесса (снижение внешней нагрузки); 2) регулирование нарушений водной экосистемы через ее структурные и функциональные связи (снижение внутренней нагрузки).

Среди всего комплекса возможных путей на исследуемой системе наиболее доступными являются организационно-хозяйственные и агротехнические мероприятия. Правильное выполнение требований агротехники, качественное и своевременное проведение всех видов сельскохозяйственных работ на осушаемых землях поймы р. Яхромы, эффективное использование удобрений, направленные на сохранение и повышение плодородия почв, наряду с этим способствуют уменьшению выноса элементов почвенного плодородия дренажными водами и загрязнения ими речных вод. Поэтому современные прогрессивные агротехнические приемы, предусматривающие рациональную структуру посе-

ных площадей, прогрессивные приемы обработки почв и посева сельскохозяйственных культур, рациональную систему применяемых удобрений можно рассматривать как одно из направлений системы мероприятий по снижению биогенной обеспеченности вод.

Кроме того, применение современной технологии регулирования уровня грунтовых вод на мелиорируемой территории с учетом видов сельскохозяйственных культур и обеспеченности осадками, не допущение резкого колебания УГВ будут способствовать уменьшению интенсивности выноса органических и биогенных веществ в дренажные воды и р. Яхрому.

При реконструкции осушительно-увлажнительной системы целесообразно создание специальных сооружений и устройств для очистки дренажных вод с целью снижения в них концентраций биогенных веществ (в первую очередь аммонийных форм азота) и органических соединений. Среди возможных вариантов рекомендуется использование фильтрующих устройств из сорбентов на сбросе воды с осушительной системы, либо применение в качестве коагулянта раствора сульфата алюминия с удалением осадка после отстаивания. Устройство противопланктонных защитных сооружений на выпуске сбросных вод будет также способствовать уменьшению обогащения речных вод биогенными элементами в результате их регенерации при разложении массы фитопланктонных водорослей.

Таким образом, среди причин интенсивного антропогенного эвтрофирования водных объектов существенное значение имеют поступления в природные воды биогенных и органических веществ с осушаемых агроландшафтов. Одними из основных мероприятий по снижению уровня антропогенного воздействия на водные объекты должны быть мероприятия, направленные на снижение поступлений биогенных элементов и органических соединений в природные воды.

Литература

1. Единые критерии качества вод // Совещание руководителей водоохранных органов стран-членов СЭВ. – М.: СЭВ, 1982. – 69 с.
2. Жукинский В.Н., Окснюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал, 1981. №2. Т.17. – С.38-49.
3. Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. – 427 с.
4. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.

УДК: 002.637:627.15

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДРЕНАЖНОГО СТОКА С МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЙМ

В.М. Яшин

ГНУ ВНИИГиМ им. Костякова, г. Москва, Россия

Высокий уровень естественного и актуального плодородия пойменных почв обусловил широкое интенсивное сельскохозяйственное использование

пойм преимущественно для производства овощной продукции. Так, для обеспечения овощами Московского мегаполиса производство их осуществляется преимущественно на пойменных массивах р.р. Оки, Москвы и Яхромы. На аллювиальных пойменных землях, занимающих 4,5% территории Московской области, в 80^е годы прошлого столетия производилось до 80% общего количества овощей [1]. Создание на поймах мелиорируемых агроландшафтов коренным образом изменило условия почвообразования и развитие процессов влагооборота.

Воздействие антропогенных и природных источников привело к загрязнению пойменных почв тяжелыми металлами. Различная степень загрязненности почв установлена исследованиями на пойме Оки в районе г. Пущино [1] и в районе г. Рязани [2], на поймах рек лесостепи Русской равнины (Сейма, Воронежца, Дона и др.) [3]. Отмечается, что наибольшие концентрации тяжелых металлов приурочены к гумусовым и глинистым горизонтам. Наличие их в подвижных формах [1-3] увеличивает опасность загрязнения дренажного стока.

Исследования процессов формирования качества дренажного стока с мелиорируемых пойменных земель проводятся на двух объектах, расположенных в бассейнах Яхромы и Средней Оки. В гидрологическом отношении исследуемые объекты имеют существенное отличие, заключающееся в том, что паводки на пойме Оки проходят в режиме «естественных условий», а мелиорированная пойма Яхромы функционирует в режиме польдера (русло р. Новая Яхрома обваловано дамбами).

Пойма р. Яхромы имеет преимущественно равнинный рельеф с многочисленными понижениями различной конфигурации, чередование которых с более возвышенными формами создает бугристо-западинный микрорельеф территории. На площади около 40 % распространены торфяные почвы, а на остальной части территории – минеральные, в различной степени оторфованные [4]. Площадь поймы составляет около 12000 га. Вся территория, осушаемая закрытым горизонтальным дренажем с глубиной 0,8–1,2 м и расстоянием между дренами 20–40 м [4,5], используется для производства овощей и картофеля, посадки кормовых культур и многолетних трав. В настоящее время часть осушительных систем проходит стадию реконструкции с укладкой дренажа с междреньями 14, 18 и 20 м.

В результате длительной эксплуатации Яхромской поймы для сельскохозяйственного производства, на мелиорированных землях сформировался мелиоративный режим, характеризующийся внесением высоких доз минеральных удобрений и применением агрохимикатов для борьбы с вредителями и сорняками, на фоне орошения и дренажа.

В бассейне Оки исследования проводятся на пойме в районе г. Рязани [2]. Современные формы рельефа сформировались в результате аккумуляции и деятельности ледников четвертичного периода и последующих процессов денудации. Ока имеет хорошо развитую долину с широкой поймой, достигающей в поперечнике 15 - 20 км. В прирусловой части поймы распространены легкосуглинистые почвы, в центральной – луговые средне- и тяжелосуглинистые, а в

притеррасной – тяжелые лугово-болотные почвы. Грунтовые воды приурочены к современным аллювиальным отложениям, представленным песками, чередующимися с прослоями и линзами глин, суглинков и супесей.

Пойменные земли в пределах исследованного створа используются преимущественно как пахотные для производства овощных и кормовых культур и частично под сенокосы и пастбища.

В процессе исследований в водных объектах измерялись электропроводность, характеризующую содержание солей, температура, рН, окислительно-восстановительный потенциал и содержание растворенного кислорода. В лаборатории анализировались концентрации биогенных веществ, сульфатов, хлоридов, тяжелых металлов, растворенного органического углерода и хлорорганических соединений (по АОХ) [2].

Общую направленность процессов формирования коллекторно-дренажного стока и его влияния на воды р. Яхромы оценивали по распределению в различных компонентах гидросферы электропроводности, величины рН, температуры и содержания растворенного кислорода. Эти показатели во многом определяют функционирование экосистем и развитие агроценозов. Измерения проведены в различные сезоны года, результаты для весеннего паводка и летнего периода приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Общие показатели качества воды на Яхромской пойме в паводковый период (31 марта 2004г., температура воздуха - +1+3⁰С)

№ п/п	Компоненты гидросферы	Электропроводность, мкСм/см	рН	Температура, град.
1	Снег	2 - 6	7,6 – 7,8	-
2	Паводковые воды:			
2.1	- талая вода в понижениях рельефа;	130 - 400	-	2,2-2,6
2.2	- сток из лесного массива (прав. борт);	145	7,0	3,0
2.3	- паводковая вода на пахотных землях	352 - 408	7,0	3,5-3,7
3	Сток р. Яхромы в начале пойменного массива	272	7,1	2,4
4	Сток с правого борта долины по открытым каналам	290-363	7,0	0,9-2,0
5	Речной сток с левого борта долины	207 - 263	7,3	2,7-3,0
6	Сток р. Кухолки	402	6,9	1,7
7	Сток по р. Старая Яхрома	381-808	6,9-7,1	2,2-3,4
8	Канал им. Москвы	331	7,3	2,8
9	Подземные воды (самоизлив)	650	7,0	6,3
10	Коллекторно-дренажные воды	900 - 1650	6,0 – 6,4	0,3-4,2
11	Сток р. Н. Яхрома на выходе с мелиорируемого массива	432	6,9	2,5

В паводковый период основная часть пойменного массива не затоплена и функционирует в режиме польдера, когда уровни воды в Н. Яхроме устанавливаются выше поверхности земли. Дренаж и коллекторы находятся в подпертом

состоянии. Затопление поймы за счет притока талых вод с водораздельных территорий наблюдается только в нижней части мелиорируемого массива. Гидрохимическая обстановка формируется под влиянием паводкового процесса. Снеготалые воды на поверхности поймы и талые вод с бортов долины характеризуются небольшими значениями электропроводности – 130- 290 (табл. 1, п.п. 1, 2.12.2 и 5), при длительном контакте их с поверхностью сельскохозяйственных угодий происходит обогащение их солями и электропроводность увеличивается до 350-400 мкСм/см (табл. 1, п. 2.3).

Таблица 2. Общие показатели качества воды на массиве Яхромской поймы в летний период (25 июня 2002г., температура воздуха - +16+18⁰С)

№ п/п	Водные объекты	Электропроводность, мкСм/см	рН	Температура, град.	Растворенный кислород, мг/л
1	Р. Яхрома выше г. Яхрома	588	8,1	15,0	8,3
2	Р.Яхрома в начале массива	728	7,7	17,0	7,8
3	Канал им. Москвы	222	7,7	20,8	8,7
4	Р. Кухолка	498	7,5	16,6	5,9
5	Сток с правого борта долины по открытым каналам	358	7,5	18,2	2,1
6	Канавы Ильинская	467	7,5	16,2	4,9
7.1	Канал Лев. Нагорный: - начало - устье	828	7,7	13,6	6,3
7.2		684	8,1	14,9	8,9
8	Подземные воды (самоизлив)	682	7,3	6,4	0,8
9	Открытые коллекторы	860-990	6,6-7,7	14-18	1,8-3,8
10	Закрытые коллекторы ^{*)}	910-1268	6,1-6,4	6-9	-
11	Р. Н. Яхрома (центр. часть массива)	672	7,7	18,2	7,4
12	Р. Н. Яхрома (выход с мелиорируемого массива)	666	7,8	17,6	7,6

Примечание ^{*)} – данные за 10.06.2003г.

Коллекторно-дренажные воды характеризуются слабокислой реакцией и максимальными (до 1650 мкСм/см) значениями электропроводности (табл. 1, п. 10). Формирование повышенного содержания солей в дренажном стоке обусловлено длительным сельскохозяйственным использованием пойменных земель с внесением высоких доз минеральных удобрений. В речной воде в процессе пересечения Н. Яхромой мелиорируемого массива наблюдается увеличение содержания солей за счет притока воды повышенной минерализации по коллекторам и паводковых вод по р. Кухолке.

В летние периоды электропроводность коллекторно-дренажных вод также отличается повышенными значениями, а рН и содержание растворенного кислорода – минимальными (табл. 2, п. п. 9,10). В то же время максимальные значения рН и содержания растворенного кислорода характерны для воды Яхромы в месте выхода ее на пойму, воды в канале им. Москвы и в сточных вод в устье Лев. Нагорного канала (табл.2, п.п. 1, 3, 7,2). В последнем случае высокие

показатели качества воды в канале обеспечиваются притоком речных вод с левого борта долины. В коллекторно-дренажной воде уровень содержания растворенного кислорода не достигает нормативного (6.0 мг/л) значения.

Содержание биогенных загрязнителей (табл. 3) превышает допустимые уровни в 10 и более раз и в дренажной воде и в р.Н.Яхроме.

Таблица 3. Содержание биогенных соединений в дренажной и речной воде на Яхромской пойме (2001-2002г.г.)

Водный объект	Концентрация, мг/л			
	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻
Коллекторно-дренажный сток (КЯ-26)	32-91	0,07-0,5	3-19	0,15-0,3
Речная вода (Н.Яхрома, центр массива)	17-91	0,38-0,5	0,1-10,2	0,15-0,2
Речная вода (Н.Яхрома, выход с массива)	13-48	0,07-0,12	0,13-1,3	0,15-0,5
ПДК	40	0,08	0,5	0,05

Установлены высокие уровни содержания растворенного органического углерода в коллекторно-дренажных водах поймы Яхромы по сравнению с поймой р.Оки (рисунок) и реками Московского региона [6]. Высокие концентрации органики в дренажном стоке и в р. Солотче обусловлены наличием торфяников в дренируемом массиве. Повышенное содержание биогенных и органических веществ интенсифицирует процессы эвтрофирования вод осушительной системы и водоприемников. Оценка этих факторов для Яхромской поймы рассмотрена в работе Е.Б. Стрельбицкой [7].

Хлорорганическими соединениями в большей степени загрязнены дренажные воды на пойме Оки (рис. 1), что связано с паводковым поступлением на пойму загрязненных речных и паводковых вод. На пойме Яхромы затопления не происходит, а хлорорганические соединения попадают в грунтовые воды вероятно за счет применения агрохимикатов.

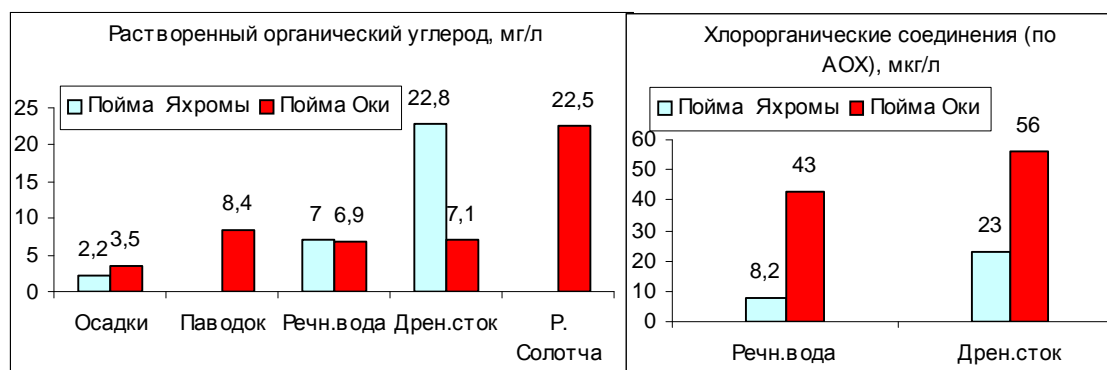


Рис. 1. Диаграммы содержания растворенного органического углерода и хлорорганических соединений в различных компонентах гидросферы

Загрязнение тяжелыми металлами трансупераквальных, аквальных и субаквальных ландшафтов [1-3, 6] оказывает влияние на формирование загрязненности коллекторно-дренажных вод. В этом случае источниками поступления

тяжелых металлов в дренажный сток могут быть атмосферные выпадения, паводковый и склоновый сток, агротехнологии, а также миграция тяжелых металлов из зоны аэрации. Анализы проб дренажного стока показали наличие тяжелых металлов в концентрациях, превышающих содержание их в речных водах. Интервалы полученных значений концентраций (из 3-5 анализов) приведены в таблице 4. За исключением кобальта все концентрации превышают ПДК. Наибольшими превышениями (10 и 16 раз) характеризуются цинк и свинец в дренажных водах поймы р. Яхромы. Следует отметить, что уровни загрязненности дренажного стока по отдельным металлам на исследованных объектах практически одинакова. По суммарному индексу загрязненности тяжелыми металлами дренажные воды оцениваются как грязные или сильно загрязненные.

Таблица 4 – Содержание тяжелых металлов в коллекторно-дренажном стоке с пойменных земель

Объект	Содержание, мкг/дм ³					
	Cu	Zn	Ni	Co	Pb	Cd
Пойма р.Яхромы	3-5	5-100	15-58	1-2	5-99	6-9
Пойма Р.Оки	3-6	5-38	23-67	5-7	15-77	17-29
ПДК	1	10	10	10	6	5

Выполненные исследования загрязненности коллекторно-дренажных вод с мелиорируемых пойменных земель позволяют отметить следующее:

- дренажные воды на мелиорируемом массиве Яхромской поймы характеризуются повышенной минерализацией, слабокислой реакцией, низким содержанием растворенного кислорода и загрязненностью биогенными и органическими веществами. Высокое содержание биогенных и органических веществ интенсифицирует процессы антропогенной эвтрофикации вод осушительной системы с водоприемника;

- отмечается загрязнение дренажных вод хлорорганическими соединениями;

- по содержанию тяжелых металлов коллекторно-дренажные воды оцениваются как грязные или сильно загрязненные. Поступление тяжелых металлов происходит за счет природных (осадки, паводки) и антропогенных (агротехнологии) источников.

Литература

1. Дмитраков Л.М., Соколов О.А. Изменение пойменных почв при усилении антропогенной нагрузки // Почвоведение. 1997, № 8, с.988-993
2. Яшин В.М., Пыленок П.И. Загрязнение пойменных агроландшафтов в среднем течении Оки // Мелиорация и окружающая среда. Т.1. – М.ВНИИА 2004. с.286-296
3. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в гидроморфных почвах лесостепи русской равнины и их профильное распределение // Почвоведение. 1999, №4, с435-444