

требования к использованию альтернативных методов улучшения плодородия засоленных почв орошаемых аридных агроценозов.

Активным средством регулирования экологического равновесия в системе «почва-вода-растение» и получения питательных высокопродуктивных кормов является научно разработанный, но пока ещё слабо применяемый в сельском хозяйстве метод структурного восстановления почвы с использованием высокомолекулярных полимерных удобрений-мелиорантов комплексного действия, обеспечивающих постепенное многолетнее высвобождение основных элементов минерального питания и прямое действие на ее структуру.

Литература

1. Руднева Л.В., Сазанов М.А., Шматкин В.Ф. и др. Концепция развития оросительных мелиораций в Республике Калмыкия на современном этапе. - Элиста: КФ ВНИИГиМ, 1999. - 44 с.
2. Медведев Г.А. Многолетние травы при орошении. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 176 с.
3. Карауш С.М. Многолетние злаковые травы в Южном Припрутье. - Кахул: ФилНИИКиС, 1998. - 121 с.
4. Кравцов В.В., Гаджиев М.Д. Пырей удлиненный - освоитель засоленных земель / Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье. - Материалы 7-ой Международной научно-производственной конференции 7-13 сентября 1998 г. - Симферополь, 1998. - С. 553.
5. Рекомендации по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель Черноморско-Кавказской обводнительно-оросительной системы Калмыцкой АССР / Под ред. А.С. Кистанова, Е.И. Аношина, Т.Б. Дармаева и др. - Элиста : ВолжНИИГиМ, 1980. - С. 6-7.

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

УДК 333.93+63

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.Я. Безднина, д.т.н.

ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В марте 2003 г. в Японии состоялся третий Всемирный водный форум, на котором обсуждались общемировые водные проблемы и, в частности, вопросы вододефицита, низкого качества вод, предотвращения наводнений, комплексного управления водными ресурсами, устойчивого водопользования, разработки стратегических планов управления водными ресурсами. Все эти вопросы актуальны и для России. Ежегодный ущерб от загрязнения водных объектов для населения, отраслей экономики и природы оценивается в 70 млрд. руб., ущерб от потери здоровья населения в связи с потреблением некачественной питьевой воды – 33,7 млрд. руб., ущерб от наводнений – 41,6 млрд. руб. (в ценах 2001 г.).

Основными проблемами водного хозяйства России являются:

- неудовлетворительное состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- расточительное водопользование;
- неудовлетворительное качество воды в водных объектах;
- возрастание материального ущерба от вредного воздействия вод;
- ухудшение технического состояния основных производственных фондов водного хозяйства;
- низкая эффективность системы государственного управления водным хозяйством;
- несовершенство законодательной базы.

Перечисленные проблемы актуальны и для водного хозяйства агропромышленного комплекса (АПК), который является одним из крупнейших потребителей водных ресурсов и весьма значимым источником загрязнения наземных и водных экосистем.

С учетом особенностей АПК проблемы водного хозяйства условно можно разделить на пять блоков: организационно-правовые, экологические, экономические, технические и социальные. Для изучения и решения ряда актуальных вопросов перечисленных проблем ВНИИГиМ выполняет исследования по программе фундаментальных и прикладных исследований Россельхозакадемии на 2001-2005 гг. В рамках задания 12.03 (II часть) намечена разработка научно-методических основ экологически безопасного водопользования в АПК, контроля и оценки эколого-экономической эффективности функционирования мелиоративных и водохозяйственных объектов. Исследования выполняются по четырем взаимосвязанным направлениям: экологическое и экономическое обоснование функционирования систем водопользования, устойчивость природных систем при мелиоративных и водохозяйственных воздействиях, защита водных объектов от загрязнения и водоучет на системах водопользования.

К настоящему времени получены следующие результаты:

Задание 12.03.04. Разработана Концепция экологически безопасного и экономически эффективного функционирования систем водопользования в АПК (рис. 1), сущность которой заключается в экологической оптимизации использования водных, земельных и биологических ресурсов, снижении безвозвратного водопотребления, предупреждении загрязнения водных экосистем, почв, сельскохозяйственной продукции в процессе агропромышленного производства, водопотребления и водоотведения. В соответствии с Концепцией разработаны экологические ограничения и требования к системам водопользования, а также принципы и методы экологически безопасного функционирования систем водопользования (рис. 2), включающие организационно-правовые, экологические, экономические и технические методы. Вместе с тем, разработаны концепция, принципы, технологии и организация экологического аудита мелиоративной и водохозяйственной деятельности (ответственный исполнитель – д.т.н. С.Я.Безднина). На основе анализа экологических проблем и эффективности функционирования обводнительно-оросительных систем в полупустынной и пустынной зонах Калмыкии Калмыцким филиалом ВНИИГиМ разработаны

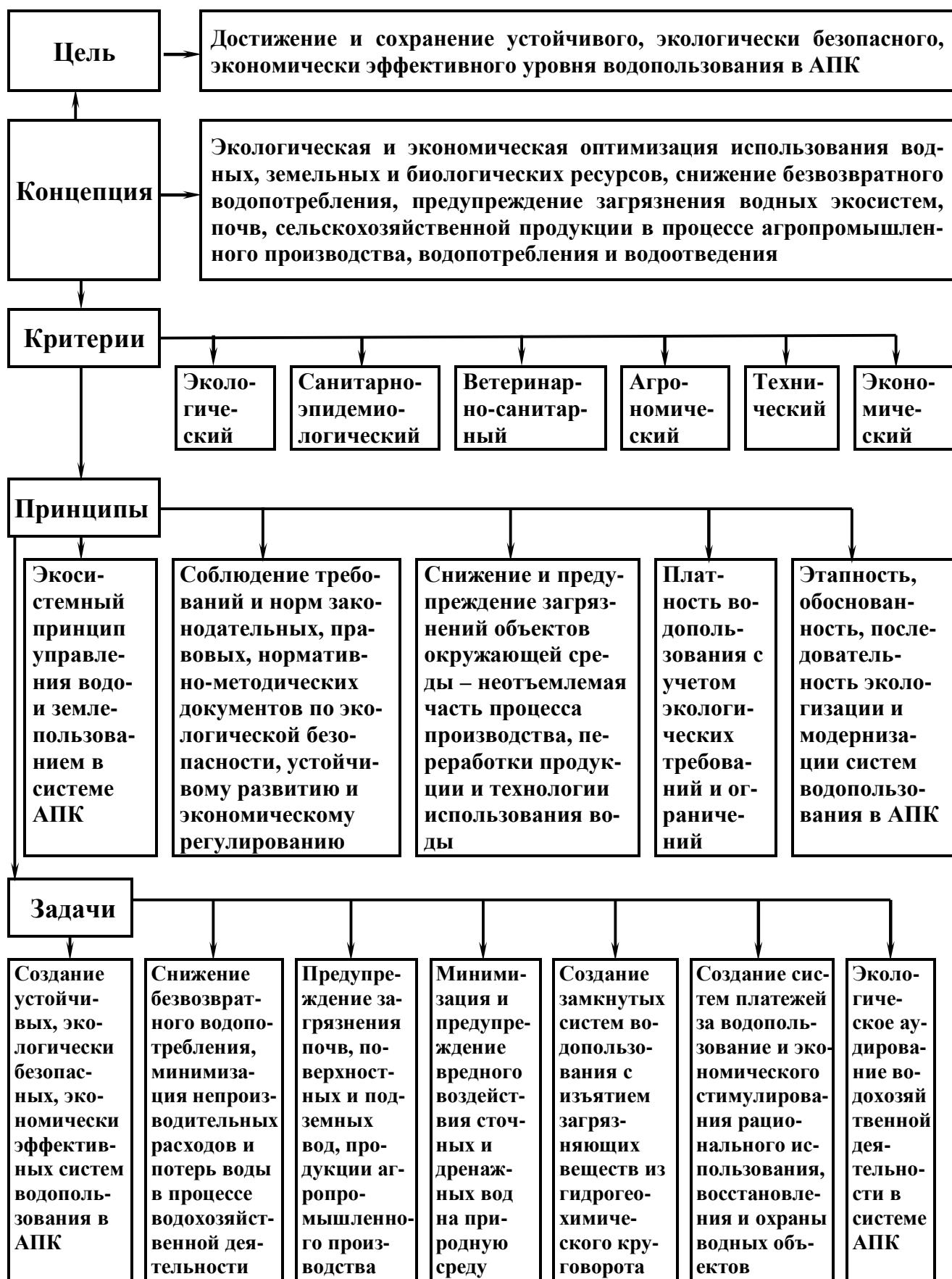


Рис. 1. Концепция экологически безопасного и экономически эффективного функционирования систем водопользования в АПК

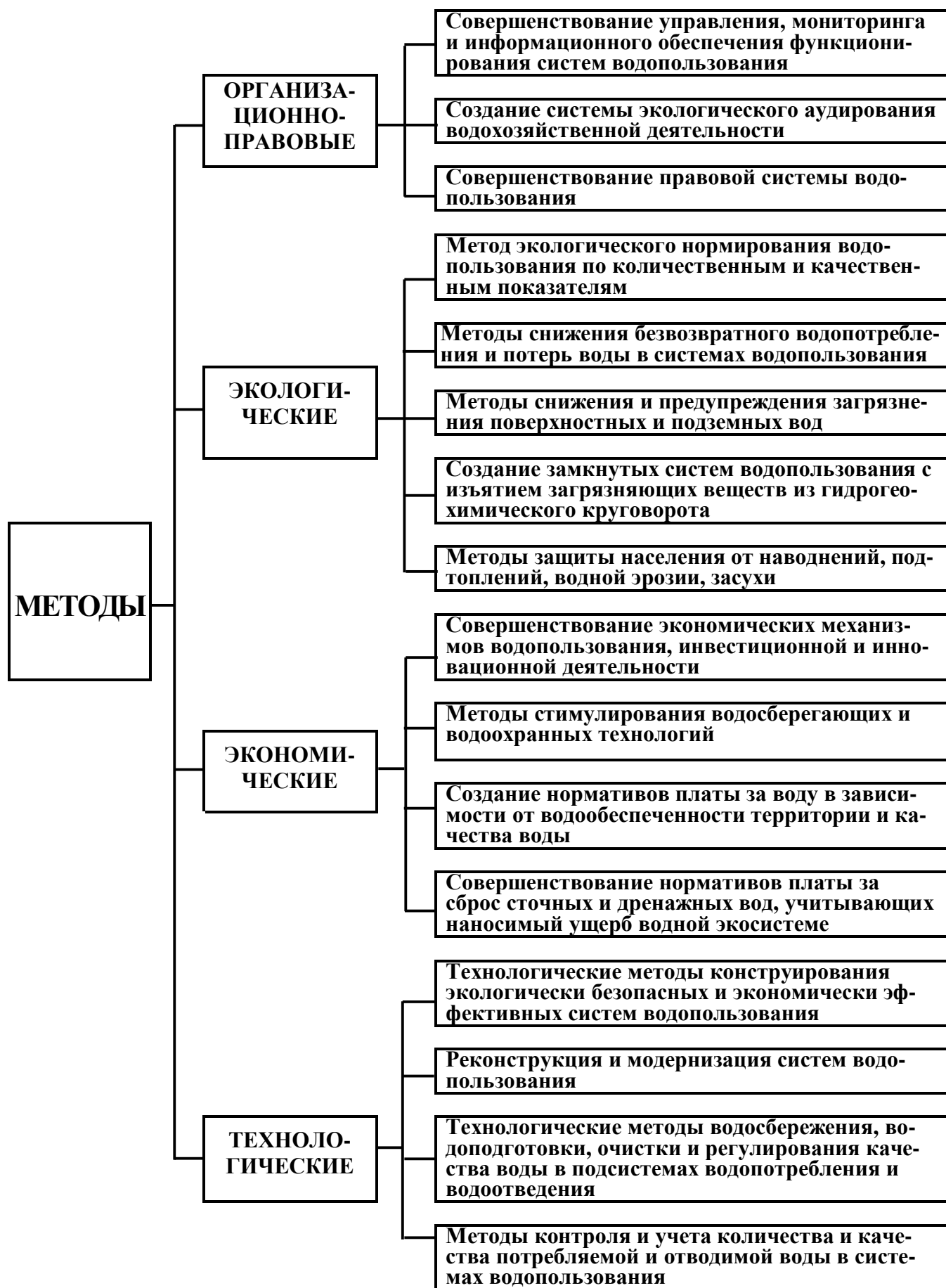


Рис. 2. Методы экологически безопасного функционирования систем водопользования в АПК

методы нормирования водопользования по количественным и качественным показателям, методы экологически безопасного использования вод для орошения и методы экологически безопасного использования систем водопользования (ответственный исполнитель – к.с.-х.н. С.И.Ковриго). Для условий гумидной зоны Мещерским филиалом ВНИИГиМ разработаны методы нормирования водопользования в мелиорации, технологические методы повышения качества воды и экологически безопасного использования систем водопользования в условиях техногенного загрязнения (ответственный исполнитель – д.с.-х.н. Ю.А.Мажайский).

Разработана концепция функционирования систем водопользования, основанная на платности водопользования как необходимом элементе деятельности и оценки эффективности при формировании нового экономического механизма. Показано, что при определении совокупной эффективности функционирования систем водопользования учитываются положительные экономические, экологические и социальные эффекты, а также ущербы. Для количественной оценки суммируется эффект в денежном выражении и сопоставляется с совокупными затратами по осуществлению деятельности с учетом всех природоохранных мер и решения социальных проблем. Система показателей оценки эффективности функционирования систем водопользования как экономически самостоятельных предприятий включает показатели, учитывающие влияние деятельности систем на используемые природные ресурсы: воду и землю. Разработаны методические рекомендации по расчету платежей за водопользование, учитывающие экологические факторы: дефицит водных ресурсов и их качество (ответственный исполнитель – к.э.н. Н.С.Быстрицкая).

Задание 12.03.05. Для обоснования степени воздействия мелиоративных и водохозяйственных объектов на природные системы сформулированы закономерности и разработана методология устойчивости функционирования природных систем, послужившие основой для разработки допустимых ограничений изменений основных показателей глобального, регионального и локального уровней природных систем. Установлено, что водохозяйственное воздействие не должно нарушать составляющие водного баланса более чем на 25-30% амплитуды 30-40-летних природных ритмов. Одним из основных требований устойчивого функционирования природных систем является исключение подтопления почв грунтовыми водами и снижение инфильтрационного питания. Для оценки экологического состояния функционирования природных систем рекомендовано применять показатель энергии химических связей веществ $Q_{\text{хт}}$, косвенно характеризующий потенциальную экологическую устойчивость природных систем. Для определения допустимой гидромелиоративной нагрузки на ландшафты и геосистемы предлагается использовать разработанную методологию оценки экологической устойчивости с учетом опасности развития экологически неблагоприятных процессов и возникающих рисков (ответственный исполнитель – д.т.н. Н.И. Парфенова).

Задание 12.03.06. Антропогенные воздействия на водные объекты многообразны и различны по величине и интенсивности, в большинстве случаев они носят негативный характер и приводят к практически полной деградации вод-

ных объектов, особенно малых размеров. Для оценки и прогнозирования состояния водных объектов разработана методика с использованием системного подхода, который выражается в рассмотрении всей совокупности проблем поэтапно, как по времени, так и в пространстве. Она включает в себя серию взаимосвязанных блоков, каждый из которых является самостоятельным исследованием и может отражать конечный результат определенного этапа (ответственный исполнитель – к.г.-м.н. Н.В.Коломийцев).

Сформулированы принципы последовательного восстановления водных объектов и разработана технология проведения работ по восстановлению и обустройству водных объектов в зоне деятельности АПК с учетом технико-экономической оценки проведения восстановительных работ, а также мероприятия по приведению элементов водных объектов (стариц, пойм, речных русел и др.) в состояние, близкому к естественному (ответственный исполнитель – к.т.н. А.О. Щербаков).

Задание 12.03.07. Задание посвящено одному из важнейших направлений экологически безопасного функционирования систем водопользования – разработке научных основ и технологий водоучета и водоизмерения. Научные исследования позволили определить тенденции современного развития методов, технологий и технических средств водоучета в нашей стране и за рубежом, установить недостаточность использования рекомендуемых Международным стандартом ИСО 4359 прямоугольных и трапецеидальных лотков для всей номенклатуры типовых открытых каналов и послужили основой для разработки новых комбинированных и параболических лотков, которые, в комплексе с существующими, способны обеспечить измерениями диапазон расходов от 0,001 до 10 м³/с. На основе теоретических и экспериментальных исследований была разработана методика гидравлического расчета гидрометрических лотков, блок-схема и программа для выполнения расчета, установлена система критериев и разработана математическая модель выбора типов гидрометрических сооружений и их основных параметров (ответственный исполнитель – д.т.н. Е.Г.Филиппов).

Результаты теоретических и экспериментальных исследований экологических, экономических и технических аспектов проблемы функционирования систем водопользования являются фундаментом для разработки новой стратегии, методологии и системы практических мероприятий по развитию водохозяйственного комплекса АПК.

На тему "О Национальной программе водопользования Российской Федерации" 18 марта 2003 г. прошли парламентские слушания. По итогам состоявшегося обсуждения рекомендовано Госсовету РФ ускорить принятие Национальной программы, внести изменения и дополнения в Бюджетный и Водный кодексы.

Развитию водохозяйственного комплекса России посвящено заседание Президиума Госсовета РФ 3 сентября 2003 г. в Ростове-на-Дону. На заседании были определены три основных направления работы по модернизации водного хозяйства России. *Первое* – выработать основные подходы к развитию всего водохозяйственного комплекса, определить четкую государственную политику

в этой сфере, продумать как экономические, так и правовые вопросы. *Второе* – проанализировать систему государственного управления водным хозяйством. *Третьим* направлением было названо развитие водосберегающих и экологически чистых технологий.

Национальная программа "Развитие водохозяйственного комплекса России" содержит 7 программных проектов:

1. Обеспечение потребности в водных ресурсах.
2. Предотвращение вредного воздействия вод.
3. Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений.
4. Защита водных объектов от загрязнения.
5. Развитие системы информационного обеспечения водного хозяйства.
6. Совершенствование государственного управления водным фондом.
7. Нормативное, правовое и научно-техническое обеспечение.

В соответствии с проектом Национальной программы по заданию Россельхозакадемии отделом водопользования и экономики и отделом гидротехники ВНИИГиМ намечена программа фундаментальных и прикладных исследований "Развитие водохозяйственного комплекса АПК России" на 2006-2010 годы.

Цель программы – разработать методологию, научно-технические рекомендации и систему мероприятий по обеспечению экологически безопасного и экономически эффективного функционирования водохозяйственного комплекса АПК.

Основные задачи НИР:

- разработать научное обоснование и мероприятия по развитию водохозяйственного комплекса, повышению обеспечения потребностей сельскохозяйственного производства и сельского населения в воде нормативного качества;
- разработать рекомендации по обеспечению экологически благоприятного режима взаимодействия поверхностных и подземных вод на мелиорируемых землях;
- разработать научно-методическое обоснование и мероприятия по снижению техногенной нагрузки на водные объекты;
- разработать научно-методическое обоснование и мероприятия по повышению надежности и безопасности функционирования гидротехнических сооружений;
- разработать научно-методическое обеспечение и мероприятия по оснащению водохозяйственных систем в АПК современными техническими средствами водоучета;
- усовершенствовать организационно-экономический механизм функционирования водохозяйственных систем в АПК.

Водный фонд России и водохозяйственный комплекс представлен совокупностью водохозяйственных систем и сооружений, имеет важнейшее значение для устойчивого развития страны и решения экологических, технических, экономических и социальных проблем.

АПК является одним из крупнейших потребителей водных ресурсов. Забор воды на нужды АПК составляет около 30 % общего объема водопотребления в стране, в том числе из поверхностных источников – 93 %. Потери воды при транспортировке составляют 62 % суммарных потерь во всех отраслях. Самым крупным потребителем воды в сельском хозяйстве является орошаемое земледелие. За последние годы площади орошаемых земель значительно сократились и составляют 4,5 млн. га, из которых ежегодно поливаются не более 3 млн. га. Значительно понизился технический уровень оросительных систем, износ сети и оборудования достиг 75 %. Объем сточных вод в сельском хозяйстве составляет около 13 % общего объема сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. Сточные воды содержат тяжелые металлы, пестициды, биогены и другие загрязняющие вещества.

В условиях нарастающей антропогенной нагрузки на водные и наземные экосистемы, ухудшения качества поверхностных и подземных вод, износа и старения основных производственных фондов, ухудшения технического состояния водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, непроизводительных расходов и потерь воды, отсутствия системы учета количества и качества потребляемой и отводимой воды необходима разработка научно-технического обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса АПК, согласование потребности экономики и сельского населения в воде с возможностями природных систем. При этом необходим переход на **новую стратегию** развития водохозяйственного комплекса АПК, направленную на обеспечение потребностей АПК и сельского населения в воде нормативного качества, безопасности гидротехнических сооружений, защиту водных объектов от загрязнения и деградации, создание благоприятной экологической ситуации на мелиорируемых и прилегающих землях, формирование экономического механизма водопользования, адекватного рыночным условиям.

Новая стратегия развития водохозяйственного комплекса АПК должна формироваться на **новых принципах**:

- **экосистемность** отражает принцип управления водо- и землепользованием, направленный на восстановление и сохранение устойчивости природных, водных, экологических систем и стабильности состояния природных комплексов;
- **минимизация** антропогенного воздействия на водные объекты и их водосборные территории на основе создания замкнутых циклов производства;
- **экономия** водных ресурсов и ресурсосбережение;
- **совершенствование и соблюдение** требований и норм законодательных, правовых, нормативно-методических документов по экологической безопасности, устойчивому развитию и экономическому регулированию;
- **платность** водопользования с учетом водообеспеченности территории, экологических требований и ограничений;
- **этапность, обоснованность, последовательность** экологизации и модернизации водохозяйственных систем и сооружений;

- **принцип сбалансированности** означает соблюдение баланса использования, воспроизводства и охраны вод от загрязнения, истощения и деградации;

- **принцип оптимальной технологичности и конструкции** отражает переход на новые, экологически безопасные и экономически эффективные технологии, конструкции, машины и механизмы;

- **предупреждение и снижение опасностей**, предотвращение чрезвычайных ситуаций, возникающих при нерациональном использовании водных ресурсов или вследствие вероятного вредного воздействия вод;

- **принцип социально-экономической направленности** означает учет запросов социально-экономической сферы, защиту здоровья и создание благоприятных условий для жизнедеятельности сельского населения по водному фактору.

В соответствии с изложенными принципами сформулированы **приоритетные направления развития водохозяйственного комплекса АПК:**

1. Совершенствование системы управления, мониторинга, информационного обеспечения функционирования водохозяйственного комплекса АПК и создание системы экологического аудирования водохозяйственной деятельности.

2. Стратегическое планирование использования водно-ресурсного потенциала, реформирование и развитие водохозяйственно-экономического комплекса АПК;

3. Ускорение развития водного законодательства, совершенствование нормативно-методической и правовой основы функционирования водохозяйственного комплекса АПК.

4. Обеспечение потребностей сельского населения и агропромышленного производства водой нормативного качества, рационализация и экологизация процессов потребления, использования и отведения воды, достижение баланса между потребностями развития АПК и возможностями воспроизводства полноценных водных ресурсов, расширение использования подземных вод.

5. Создание Единой системы нормирования и учета количества и качества потребляемой и отводимой воды.

6. Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения и деградации, разработка и внедрение современных методов водосбережения, водоподготовки, очистки и регулирования качества потребляемой и отводимой воды.

7. Повышение надежности и безопасности функционирования гидротехнических сооружений в системе АПК.

8. Совершенствование экономических механизмов водопользования, инновационной, инвестиционной деятельности, лицензирования и страхования, стимулирование водосберегающих и водоохраных технологий, совершенствование нормативов платы за воду в зависимости от водообеспеченности территории и качества воды, за сброс сточных и дренажных вод, учитывающих наносимый ущерб водной экосистеме.

9. Реконструкция и модернизация водохозяйственных систем и сооружений, восстановление и развитие гидромелиоративных систем, систем с использованием животноводческих стоков, переход на замкнутые системы водополь-

зования с изъятием загрязняющих веществ из гидрогеохимического круговорота.

10. Защита сельского населения, сельскохозяйственных земель и объектов АПК от подтоплений и наводнений, сведение к минимуму ущербов от вредного воздействия вод.

Реализация перечисленных направлений функционирования водохозяйственного комплекса будет способствовать устойчивому развитию АПК, повышению экологической и продовольственной безопасности России.

УДК 631.67.4

МЕЛИОРАЦИЯ ВОДЫ НА СИСТЕМАХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ¹

Е. П. Заречняк, аспирант
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на водные системы интенсификация сельскохозяйственного производства требует дальнейшего совершенствования гидромелиоративных систем. Это вызвано тем, что на водосборах изменяется качество воды в реках и водохранилищах - увеличивается общее содержание солей, повышается щёлочность, появляется сода, тяжёлые металлы, биогены, пестициды. На европейской территории России во многих регионах уже нет воды, которую можно использовать для орошения без предварительной подготовки. Она непригодна для питьевых целей и орошения по своим химическим и бактериологическим свойствам.

Засоление почв продолжает оставаться одной из серьезнейших экологических проблем сельского хозяйства. В целом в России значительная часть орошаемых земель засолена или засоляется. Не лучшим образом обстоят дела и в других странах, в США, например, засолению подвержено около 40 % орошаемых земель. Из 260 млн. га орошаемых во всем мире земель около 100 млн. га требует проведения мероприятий по рассолению или защите от засоления. Много засоленных земель выведено из сельскохозяйственного оборота. Таких земель, где для орошения использовалась вода из водоисточников без предварительной подготовки, больше, чем орошаемых в настоящее время [1].

Известно, что длительное повышенное содержание ионов в почве оказывает значительное влияние на физиологические процессы в растениях. Осмотический стресс, вызванный засолением, замедляет рост растений и подавляет фотосинтез. Однако одновременно с дефицитом воды в условиях засоления, растения также испытывают и непосредственное токсичное влияние ионов Na^+ и Cl^- .

Некачественная оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур. Без предварительной ее мелиорации неизбежно развитие процессов засоления при кон-

¹ Работа выполнена под научным руководством заведующего лабораторией, к.с.-х.н., с.н.с. Максименко В.П. (maksymenko@mail.ru)

центрации Cl^- в оросительной воде > 4 мг-экв/л, натриевого и магниевого осолонцевания при соотношениях $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+} > 1$. Необходимо также регулирование pH оросительной воды и обогащение ее кальцием [2].

В регионах, где испаряемость значительно превышает количество атмосферных осадков, орошение с использованием природных вод с повышенной минерализацией без соответствующей их подготовки может нанести ещё больший вред из-за вторичного засоления почв. В результате на мелиорированных землях снижается урожайность сельскохозяйственных культур, а вместе с ней и эффективность производства. Поддержание высокого плодородия почв в таких условиях требует значительных затрат материальных и трудовых ресурсов.

Прямое использование воды из водоисточников может ещё более интенсифицировать процессы деградации и опустынивания ныне орошаемых земель, если из геологического оборота не изымать и не утилизировать вовлечённые в него элементы, поступление которых в почву активизирует процессы осолонцевания или создает предпосылки нежелательного поступления в продукцию элементов и их соединений, снижающих ее качество. Рассчитывать на естественное самоочищение воды в реках и водоемах (водоисточниках) нельзя. Как показывает практика, их буферная емкость ограничена.

Низкое качество оросительной воды обуславливает необходимость увеличения оросительных норм, снижение урожайности сельскохозяйственной культур и качества продукции, а в конечном итоге, и эффективности производства. Следовательно, направленное изменение состава оросительной воды, реализуемое в рамках гидромелиоративной системы, становится реально существующей необходимостью.

Способы направленного изменения качества оросительной воды могут быть различными. В последние годы широкое распространение получает мембранная технология, базирующаяся на освоении промышленного производства мембран различного типа. Обратный осмос является самым распространенным методом обессоливания высокоминерализованных вод.

Метод обратного осмоса используется в различных целях во многих отраслях народного хозяйства: в опреснительных установках для приготовления технической воды и очистки воды для питьевых нужд (особенно на Ближнем Востоке, ФРГ), при приготовлении воды для кондиционирования и очистке сточных вод.

Данный метод обеспечивает возможность создания оросительной воды с требуемым уровнем содержания ионов, а применение в рабочей схеме нескольких параллельно работающих обратноосмотических модульных устройств может обеспечить необходимую производительность.

В техническом отношении этот способ достаточно хорошо разработан, однако относительно высокая стоимость опреснительных устройств ограничивает его применение на оросительных системах с низким коэффициентом полезного действия (КПД). Наиболее высокий КПД у систем капельного и внутрпочвенного орошения.

Применение в системе капельного орошения мембранного модуля позволит:

- улучшить свойства почвы, избежать её засоления;
- повысить урожайность возделываемых культур и получать продукцию необходимого качества.
- удалить из оборота токсичные соли с последующей их утилизацией за пределами мелиоративной системы.

Литература

1. Койфман М.С. Неорганическая химия / Неметаллы. – С.-Пб.: Нестор, 1997.
2. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия \ Под редакцией А.Н. Каштанова, А.П Щербакова, Г.Н. Черкасова\ . – Курск, Тверь: Чудо, 2001. – 260 с.

УДК 665.6/7 (043)

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ САПРОПЕЛЕЙ

Л.В.Кирейчева, д.т.н., Н.П.Андреева
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Сорбенты, применяемые при очистке воды, обладают селективностью, т.е. способностью очищать воду от загрязнений органической или неорганической природы. Например, активированный уголь очищает воду от нефтепродуктов, ПАВ, и т.д. Сорбенты природного происхождения, способные очищать воду от тяжелых металлов, содержат в своем составе цеолиты, монтмориллониты. Эффективно очищать воду от тяжелых металлов и органического загрязнения позволяют ионообменные смолы. Но у такого сорбента есть существенные недостатки – высокая стоимость и необходимость большого объема чистой воды для промывки смолы после регенерации. В современных условиях сточные воды содержат поллютанты, относящиеся к разным классам загрязняющих веществ. Сорбенты, предназначенные, для очистки сточных вод должны обладать универсальными сорбционными свойствами в отношении подобного загрязнения.

Поиск и разработка комплексных сорбционных материалов является актуальным и перспективным направлением научных исследований. В настоящее время во ВНИИГиМ ведется работа по изучению сорбционных свойств сапропеля и разработанного на его основе сорбента «СОРБЭКС».

Цель исследований – сравнительная оценка и определение сорбционных свойств сорбентов в водном растворе, содержащем органическое загрязнение и тяжелые металлы.

Методика. К сапропелю относятся тонкоструктурные коллоидальные отложения пресноводных водоемов, содержащие не менее 15% органического вещества, а также неорганические компоненты биогенного и приносного характера. В данных исследованиях используется карбонатный сапропель оз.Неро Ярославской обл. Перед использованием не замороженный сапропель естественной влажности 80% гранулируется и сушится при $t = 105^{\circ}\text{C}$ в течение 30 ча-

сов. Сорбент «СОРБЭКС» состоит из сапропеля (65%), цеолита (25%) и сульфата алюминия (10%). Влажность сорбентов – не более 20%, размер гранул 2 - 5 мм. Первый этап исследований включает в себя проведение эксперимента в лаборатории на модельном растворе, содержащем нефтепродукты и ионы тяжелых металлов: медь, цинк, свинец и определение статической обменной емкости (СОЕ) сорбентов в отношении этих поллютантов. Второй этап включает в себя определение в лабораторных условиях сорбционных свойств сорбентов в отношении поллютантов, содержащихся в сточной воде целлюлозно-бумажного комбината. Сточные воды предприятия наряду с цинком и медью содержат нефтепродукты и органический краситель. Статическая обменная емкость (СОЕ) – это равновесная емкость сорбента, определяемая в статических условиях при контакте с раствором заданного объема и состава определенный интервал времени. СОЕ определяется по формуле [4]:

$$COE = \frac{(C_{исх} - C_{равн}) \times V}{g}; \text{ мг/г, где}$$

g – масса сухого сорбента, г;

V – объем воды, приливаемой к сорбенту, л;

$C_{исх}$ – концентрация загрязнения в исходной воде, мг/л;

$C_{равн}$ – равновесная (остаточная) концентрация в фильтрате, мг/л.

$$E = \frac{C_{исх} - C_{равн}}{C_{исх}} 100;$$

E – степень извлечения загрязнителя из воды, %.

По всем вариантам загрязненных вод методика определения СОЕ для сапропеля и «СОРБЭКСа» одинаковая. В ряд колб с притертой пробкой помещают сорбент, приливают определенный объем загрязненной воды и перемешивают. Через определенный интервал времени (3 часа, 6 часов, и т.д.) проба воды фильтруется через бумажный фильтр, и в фильтрате определяется остаточное содержание поллютантов. Остаточное содержание нефтепродуктов (НП) в пробах воды определялось методом, основанном на экстракции их гексаном и измерении интенсивности флуоресценции на анализаторе «Флюорат 2 – 3М» [2]. Измерение массовой концентрации ионов цинка, меди и свинца в воде выполнено методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «Экотест-ВА» [3]. Погрешность измерения в диапазоне 0,01-0,5 мг/л равна $\pm 30\%$. При проведении аналитической работы по определению тяжелых металлов (ТМ) пробы исследуемой воды разбавляются бидистиллированной водой. Изменение концентрации органического красителя в относительной величине в результате контакта с сорбентами определялась на фотоколориметре.

Результаты и обсуждение. Первый этап работы включает в себя определение сорбционных свойств сапропеля и «СОРБЭКСа» в отношении нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов, растворенных в воде. Результаты эксперимента приведены в таблице 1 и на рисунке 1. Эксперимент показывает, что сапропель и «СОРБЭКС» поглощают из воды НП и ТМ при одновременной и относительно высокой концентрации в воде этих загрязнителей. Сапропель в отношении нефтепродуктов является более эффективным сорбентом, чем «СОРБЭКС». Один грамм сапропеля удаляет из воды 0,12 мг этого поллютанта,

что позволяет очистить воду на 73%. У «СОРБЭКСа» статическая обменная емкость равна 0,03 мг/л и степень очистки воды от нефтепродуктов не превышает 19%. Один грамм сапропеля поглощает 2,25 мг этого металла, «СОРБЭКСа» - 2,58 мг. Степень извлечения цинка из воды соответственно равна 85% и 98%. Показатели работы сорбентов по меди такие: СОЕ сапропеля – 0,87 мг/г, СОЕ «СОРБЭКСа» – 0,85 мг/г, что соответствует степени извлечения 95% и 92%. Учитывая погрешность измерения прибора, можно утверждать, что сорбция меди сорбентами одинаковая. Свинец поглощается сапропелем в количестве 0,70 мг/г. «СОРБЭКС» поглощает этот металл в количестве 0,74 мг. Степень использования тяжелых металлов из воды 89% и 94% соответственно.

Таблица 1. Определение СОЕ сапропеля и сорбента «СОРБЭКС» в отношении НП, растворенных в воде, и ионов ТМ, мг/г
Условия проведения опыта: объем воды = 0,1 л; масса сорбента = 18г

Элемент	С _{исх} , мг/л	Сапропель				СОРБЭКС			
		С _{равн} , мг/л	С _{исх} - С _{равн}	СОЕ, мг/г	Е, %	С _{равн} , мг/л	С _{исх} - С _{равн}	СОЕ, мг/г	Е, %
НП	28,8	7,7	21,1	0,12	73	23,2	5,6	0,03	19
Zn	466	68,4	397,6	2,25	85	8,8	457,2	2,58	98
Cu	163	8,2	154,8	0,87	95	12,8	150,2	0,85	92
Pb	140	15,7	124,3	0,70	89	9,0	131	0,74	94

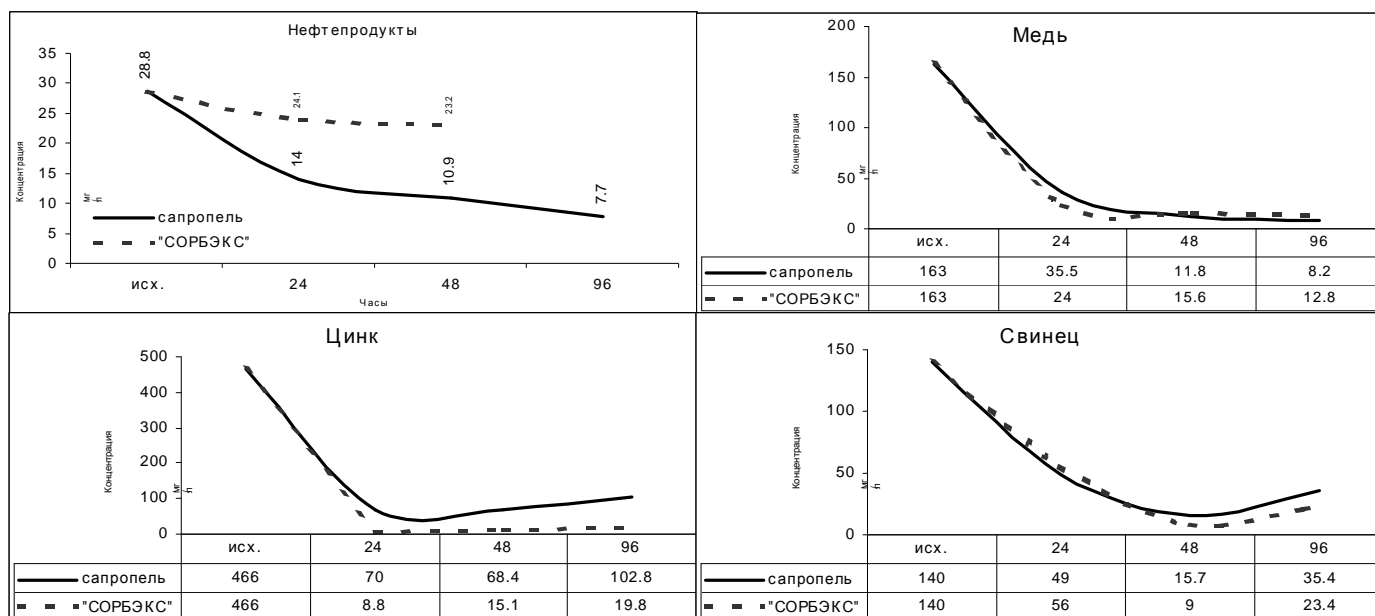


Рис. 1. Изменение концентрации нефтепродуктов и тяжелых металлов в воде в результате контакта с сапропелем и сорбентом «СОРБЭКС»

Время контакта для исследуемых сорбентов с водой не должно превышать 24 ч при наличии в воде цинка и 48 ч - свинца. В противном случае про-

исходит десорбция этих металлов, т.е. ионы цинка и свинца переходят в раствор.

Второй этап работы по изучению сорбционных свойств сорбентов проводился на сточной воде с целлюлозно-бумажного комбината при относительно небольшой концентрации тяжелых металлов. Емкость сорбентов определялась в отношении нефтепродуктов, органического красителя, меди и цинка. Полученные результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2. Определение СОЕ сапропеля и сорбента «СОРБЭКС» в сточной воде, мг/г. Условия проведения опыта: объем воды = 0,05 л; масса сорбента = 5г

Элемент	С _{исх} , мг/л	Сапропель				СОРБЭКС			
		С _{равн} , мг/л	С _{исх} - С _{равн}	СОЕ, %/г	Е, %	С _{равн} , мг/л	С _{исх} - С _{равн}	СОЕ, % /г	Е, %
Орг. краситель	100%	Сорбции нет				10%	90%	0,9	90
Zn	1,33	0	1,33	0,013	100	0,05	1,28	0,013	96
Cu	0,16	0,07	0,09	0,001	56	0	0,16	0,002	100

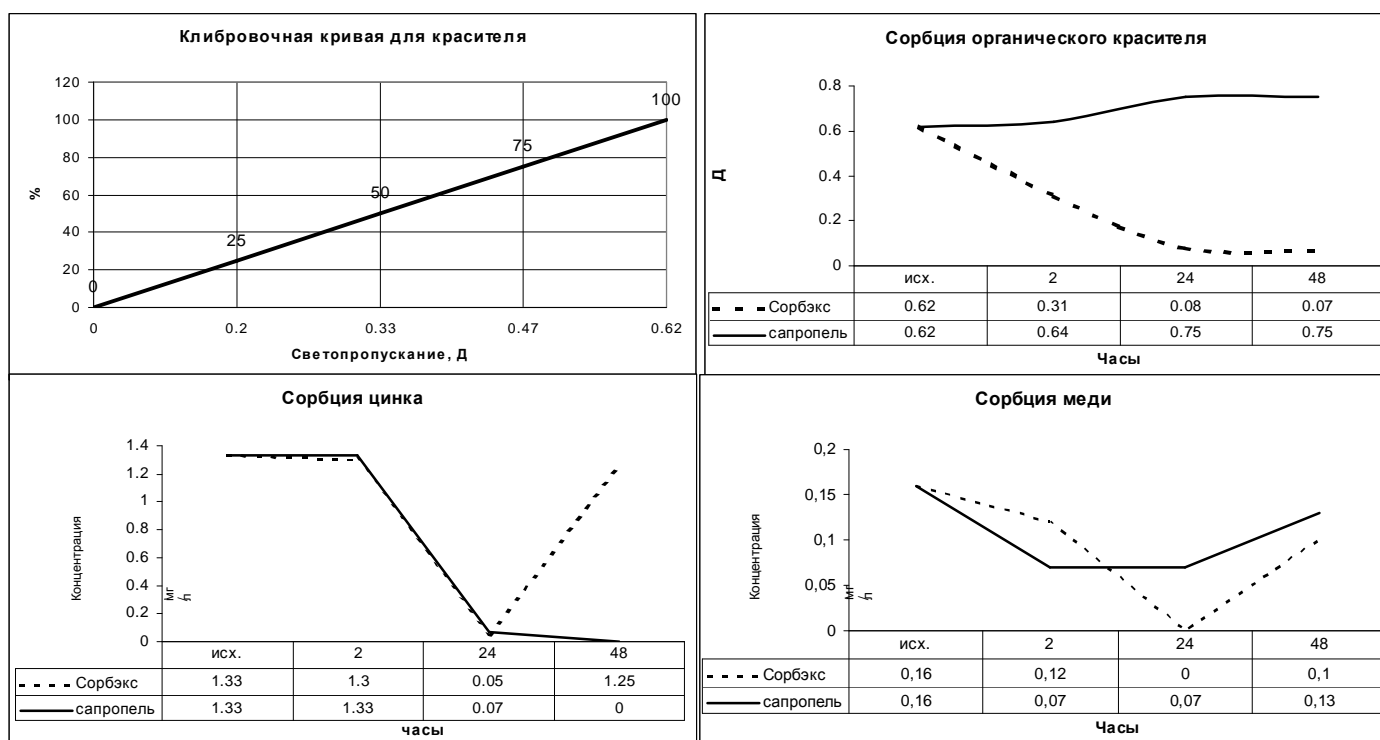


Рис. 2. Изменение концентрации тяжелых металлов и органического красителя в результате контакта с сорбентам

В сточной воде концентрация нефтепродуктов равна 0,9 мг/л. После контакта с сорбентами она не изменилась. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при наличии в воде органического красителя, меди и цинка наи-

более эффективной будет очистка воды с использованием сорбента «СОРБЭКС». Сточная вода при этом очищается на 90% от цветности, полностью удаляется из воды медь и на 96% уменьшается концентрация цинка. Сапропель очищает воду полностью от цинка и на 56% от меди. Время контакта «СОРБЭКСа» с водой во избежание десорбции меди и цинка не должно превышать 24 часа.

Полученные опытным путем данные об очищающих свойствах сапропеля позволили использовать их на практике. Сапропель использовали в качестве фильтрующей загрузки при очистке сточных вод на автомойке. Необходимость очистки стоков после мойки автомашин обусловлена наличием значительного количества загрязнений, в частности нефтепродуктов и тяжелых металлов. Кроме того, для более быстрого и качественного обслуживания клиентов в процессе мойки довольно часто используются специальные шампуни и различные полироли. В итоге все поллютанты попадают в общую водосборную систему и поступают на очистную установку. В данной статье приводятся материалы очистки воды на установке «Биоклин». Общая схема локальной очистки приведена на рисунке 3. Образующаяся после мойки машины грязная вода стекает в приемную камеру, совмещенную с песколовкой (1). Здесь также осаждаются частицы грунта, мелкие камни, мусор. Затем сточная вода поступает в отстойник (2), где происходит улавливание тонкодисперсных частиц и эмульгированных нефтепродуктов. Осветленная вода поступает в камеру аэрации (3). Процесс аэрации заключается в следующем: в воде вращается турбина, которая насажена на полый вал – импеллер. С ее помощью происходит нагнетание воздуха в придонный слой воды. При вращении вокруг импеллера создается разрежение, в результате чего воздух диспергируется на мелкие пузырьки. Известно, что поверхность газовой фазы является гидрофобной. На образующихся микропузырях воздуха всплывают микрочастицы – ПАВ, нефтепродукты [1]. Они образуют пенный слой, который утилизируется. Для укрупнения и ускорения подъема частиц в воду добавляют коагулянт. Заключительный этап - это напорная фильтрация воды через сорбент (4). В процессе доочистки из воды удаляются растворенные нефтепродукты и тяжелые металлы.

На практике, как правило, фильтрующей загрузкой является активированный уголь. Он позволяет удалять из воды органическое загрязнение, а сорбция тяжелых металлов при этом незначительна. В данных исследованиях фильтрующей загрузкой является бинарная смесь из сапропеля и активированного угля марки АГ - 3, которая позволяет удалять из воды, как нефтепродукты, так и тяжелые металлы.

Кроме того, при проведении лабораторных экспериментов и во время очистки стоков на «Биоклине» визуально можно отметить снижение пенообразования в воде, контактирующей с сапропелем, т.е. уменьшается количество ПАВ.

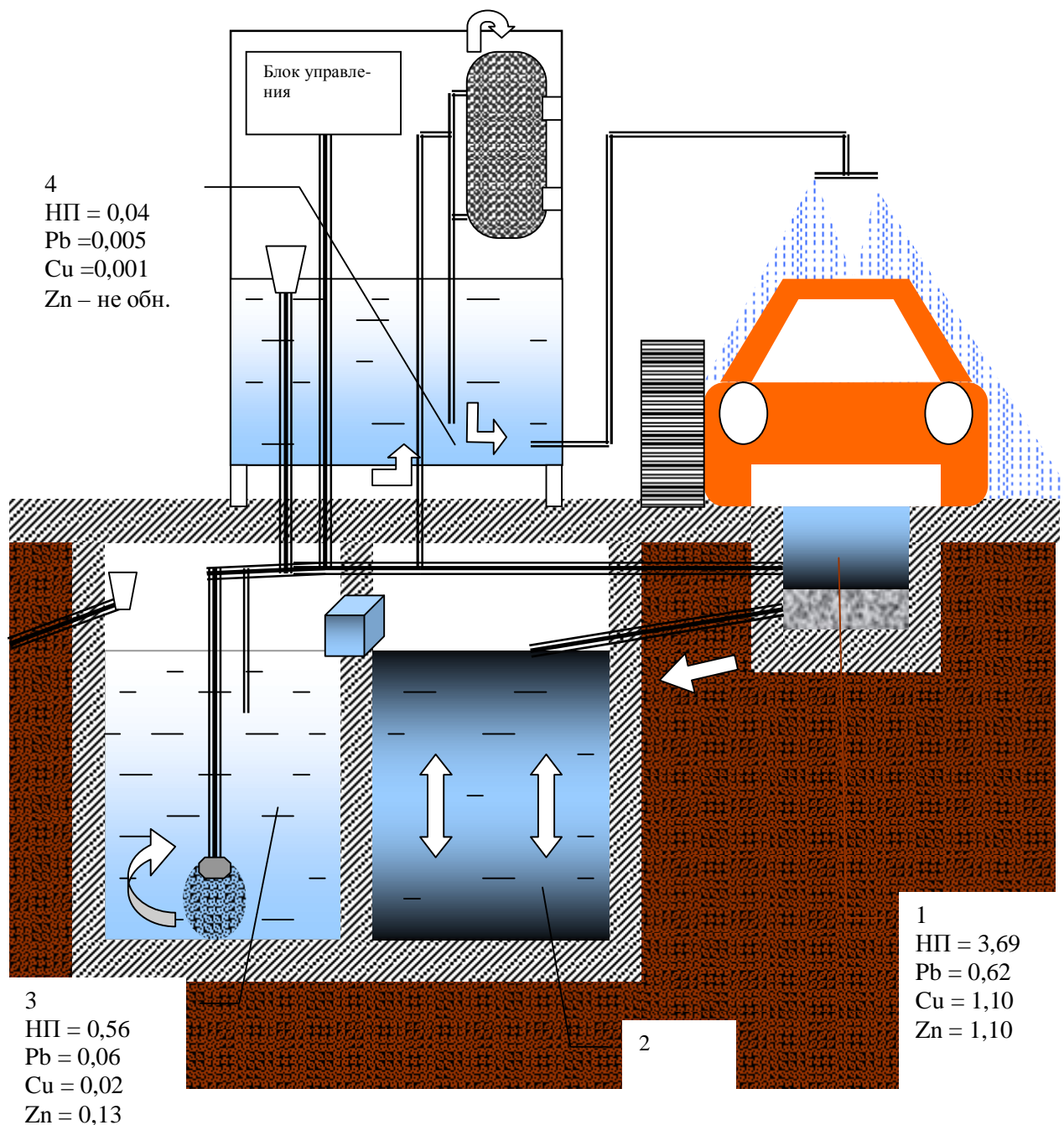


Рис. 3. Общая схема локальной очистки воды на установке «Биоклин»:
 1 – песколовка, 2 – отстойник, 3 – камера аэрации, 4 – доочистка на сорбенте

За исходную концентрацию НП и ТМ принято загрязнение воды, поступающей на фильтр из камеры аэрации. Расчет сведен в таблице 3. Сточную воду также необходимо очищать от ПАВ. Поэтому минимальную расчетную дозу сапропеля увеличиваем в 5 раз и она равна 1,3 г/л. Производственная мощность установки «Биоклин» равна 10 м³/сут (0,42 м³/час). Объем камеры засыпки сорбента для напорной фильтрации – 0,1 м³. Минимальный вес компонентов смеси для очистки воды в течение часа непрерывной фильтрации равен: сапропеля - 1,3 г/л x 420 л/час = 546 г/час = 0,5 кг/час, вес угля - 1,16 г/л x 420 л/час = 487

г/час = 0,5 кг/час. 1 кг бинарной смеси, приготовленной в равных объемных частях из сапропеля и угля марки АГ – 3, обеспечивает требуемую степень очистки воды от нефтепродуктов и свинца, меди, цинка. Такую воду можно сбрасывать в водоем рыбохозяйственной категории водопользования. Время непрерывной работы фильтра с такой смесью при этом будет равно: $(100 \text{ л} \times 0,6 \text{ кг/л}) : 1 \text{ кг/ч} = 60 \text{ ч}$. На автомойке было использовано 50 кг сорбента, что позволило на данном предприятии с системой оборотного водоснабжения очистить около 500 м^3 сточной воды.

Таблица 3. Определение минимальной дозы компонентов смеси, г/л

	НП	Свинец	Медь	Цинк
Загрязнение, поступающее на фильтр, мг/л	0,56	0,06	0,02	0,13
Концентрация элементов в воде после фильтрации, мг/л	0,04	0,005	0,001	Не обн.
ПДК рыбохозяйственный, мг/л	0,05	0,006	0,001	0,01
Сорбционная емкость, определенная экспериментально, мг/г	0,73	0,70	0,87	2,25
Минимальная доза компонентов смеси, г/л	1,16	0,13	0,04	0,09
Итого	1,16	0,26		

Выводы

1. Разработанные во ВНИИГиМ новые сорбенты комплексного действия на основе сапропеля обеспечивают доочистку сточных вод от органических красителей, нефтепродуктов и тяжелых металлов на 90-100%. Изучение сорбционных свойств карбонатного сапропеля и сорбента «СОРБЭКС», изготовленного на его основе, показало высокую статическую обменную емкость поглощения цинка, меди и свинца.

2. Использование сорбентов на автомойке г.Москвы на установке «Био-клин», где в качестве загрузки использовали гранулированный сапропель, обеспечивало очистку сточных вод от нефтепродуктов, свинца, меди и цинка до ПДК для рыбохозяйственного значения.

Литература

1. Ксенофонтов Б.С. Химия и основы технологии очистки воды. – М.; 1997 г., 90 с.
2. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат – 02». ПНД Ф 14.1:2:4.128 – 98. - М.; 1998г.
3. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов меди, свинца, кадмия и цинка в питьевых, природных и сточных водах методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ЭКОТЕСТ-ВА». - М.; 1999г.
4. СТО РосГео 08-002-98 Технологические методы исследования минерального сырья. Издательство РосГео. – М.; 1998г.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ

Е.В.Овчинникова, к.т.н.
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Для создания экологически безопасных систем водопользования в мелиорации необходимо решение проблемы повышения качества и рационального использования дренажных вод. Особенности дренажных вод, которые заключаются в том, что они рассредоточены на значительных по площади территориях, часто удаленных от источников электроэнергии, предопределяют поиск малоэнергоёмких методов и сооружений, способных очищать дренажные воды непосредственно в местах их формирования.

В значительной мере этим требованиям отвечают биохимические методы, основанные на использовании очистительной способности высших водных растений – гидромакрофитов. Биохимические методы очистки с использованием высших водных растений экологически безопасны, характеризуются низкой энергоёмкостью, сравнительно невысокими капитальными вложениями.

При изучении высших водных растений до середины XX века преобладала их описательная, биологическая характеристика. Для последних десятилетий характерно рассмотрение гидромакрофитов как важнейшего фактора процесса формирования, восстановления и улучшения качества природных вод. Впервые возможность управления развитием высшей водной растительности для целей улучшения качества воды обосновал А.В.Францев, его идеи были реализованы в разных странах мира: России, Украине, Узбекистане, Германии, Франции, США, Японии.

Высшие водные растения классифицируют по условиям развития и особенностям их адаптаций к водной среде обитания. На основе анализа различных классификаций гидромакрофитов: Л.Ф.Лукиной, Н.Н.Смирновой, И.М.Распопова, Б.А.Федченко, А.П.Шенникова принято деление высших водных растений на три класса с двумя подклассами во втором и третьем классах:

- I. Гелофиты – воздушно-водные растения.
- II. Плейстофиты – растения, плавающие на поверхности воды:
 - 1. Укорененные
 - 2. Неукорененные.
- III. Гидатофиты – полностью погруженные в воду растения:
 - 1. Укорененные
 - 2. Неукорененные.

Водная среда является неотъемлемой частью среды обитания гидромакрофитов, в процессе своей жизнедеятельности они поглощают, накапливают различные растворенные в воде вещества. Водоочистительная функция гидромакрофитов заключается в их способности поглощать из воды не только необходимые им элементы минерального питания, но и различные растворенные органические соединения и токсичные вещества, удерживать их на протяжении всего периода вегетации. При уборке фитомассы растений в конце вегетацион-

ного периода из воды извлекается значительное количество загрязняющих веществ.

Очистительная способность гидромакрофитов определяется комплексом процессов поглощения, накопления, деструкции, метаболизма и минерализации, зависит от природно-климатических условий, вида гидромакрофита, химического состава, свойств и загрязненности очищаемой воды. В очистке воды от загрязняющих веществ принимают участие все компоненты биоценоза, в который кроме гидромакрофитов входят микроорганизмы, существующие с ними в симбиозе. С ростом и развитием высших водных растений, особенно гелофитов (I класс) формируется определенный тип биоценоза, созданию которого способствуют экзометаболиты гидромакрофитов. На подводной части стеблей образуется биологически активная бактериальная пленка - перифитон, на корнях поселяются колонии бактерий. Гидромакрофитам присуща высокая поглощательная и накопительная способность с элементами метаболизма, а микроорганизмам - глубокая деструктирующая и минерализующая способность. Гидромакрофиты способны интенсивно поглощать и накапливать тяжелые металлы. Для оценки интенсивности накопления тяжелых металлов применяется коэффициент биологического накопления: $K_n = C_p/C_w$, где C_w – концентрация загрязняющего вещества в воде, C_p – то же в растении. Концентрация тяжелых металлов в растительных тканях гелофитов (I класс) может в сотни (железо), тысячи (ртуть, медь, кадмий, кобальт) и даже десятки тысяч раз (цинк, марганец) превышать их содержание в воде. Для свободноплавающих растений – плейстофитов (II-1, II-2 класс) - ряска, водокрас, многокоренник величина коэффициента биологического накопления составляет: марганец - 9000, железо - 1700, цинк - 1160, медь - 414, хром – 210 (Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н., 1988). Гидромакрофиты обладают избирательностью накопления к определенным тяжелым металлам, например, рдесты (III – 1 класс) активно накапливают ртуть, цинк и медь. Ряска маленькая (II – 1 класс) накапливает меди в 2 раза больше, чем рдесты.

Исследования, проведенные на мелководьях Кременчугского водохранилища, показали, что с фитомассой тростника обыкновенного при его урожайности на илистом дне 44 тонны сухой фитомассы с гектара из водоема выносятся 668 кг азота, 278 кг фосфора, 420 кг калия, 198 кг кальция, 42 кг натрия, 25 кг магния, 88 кг серы, 408 кг хлора, 471 кг кремния, 8,8 кг железа, 12 кг марганца и ряд других загрязняющих элементов (Таран О.Н. и др., 1990).

Снижение концентрации загрязняющих веществ (С) в воде в процессе биохимической очистки можно описать следующей зависимостью:

$$C_t = C_0 e^{-k t}, \quad (1)$$

где C_0 – начальная концентрация вещества, мг/л;

C_t – концентрация вещества в момент времени t , мг/л;

e – основание натурального логарифма;

t – время очистки, сут;

k – коэффициент скорости снижения концентрации загрязняющего вещества, 1/сут., определяемый экспериментально.

На рисунке 1 приведены результаты экспериментальных исследований очистки воды от хлорофоса под влиянием тростника обыкновенного, рогоза узколистного и при внесении извести.

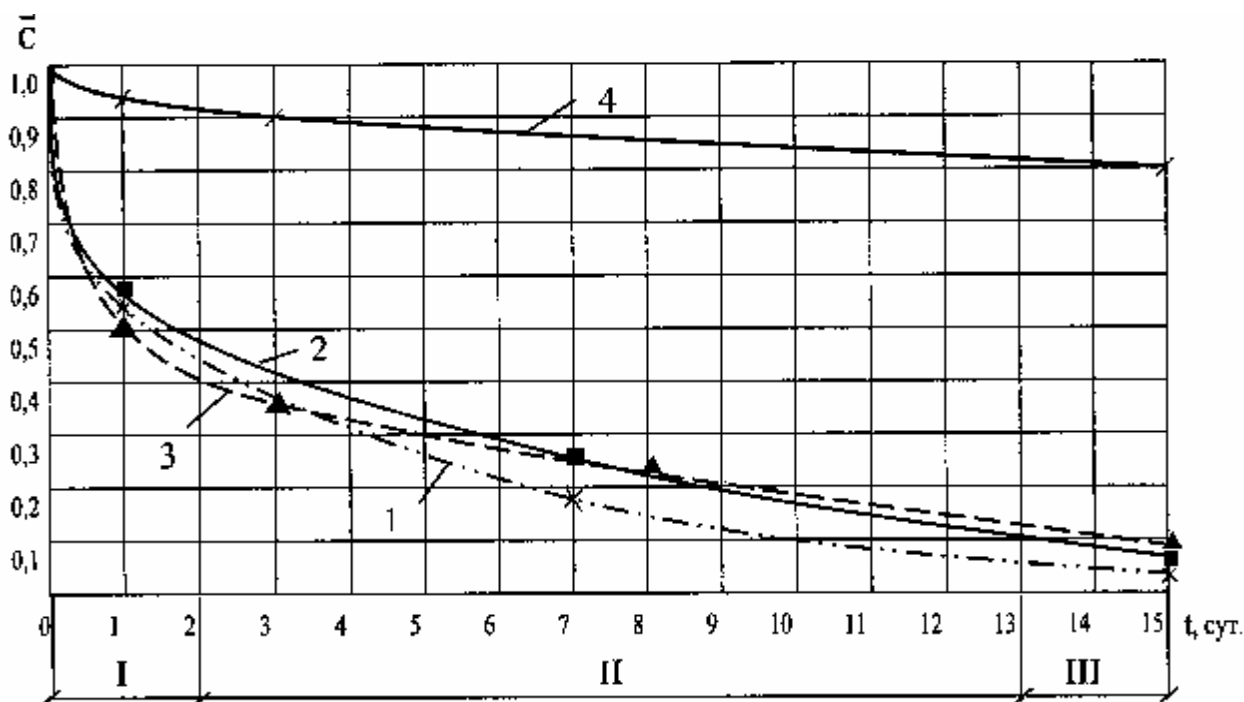


Рис. 1. Снижение концентрации хлорофоса в воде под влиянием тростника обыкновенного, рогоза узколистного и при внесении извести:
 \bar{C} – относительное снижение концентрации хлорофоса ($\bar{C} = C_t/C_0$) под влиянием: 1 – тростника обыкновенного (х),
 2 – рогоза узколистного (■) (УралНИИВХ, 1988),
 3 – вода с внесением извести (▲), (ВНИИГиМ, 1993),
 4 – контроль - вода дистиллированная с хлорфосом (l) (ВНИИГиМ, 1993)
 I этап – интенсивный процесс очистки,
 II этап – умеренно интенсивный процесс очистки,
 III этап – слабо интенсивный процесс очистки

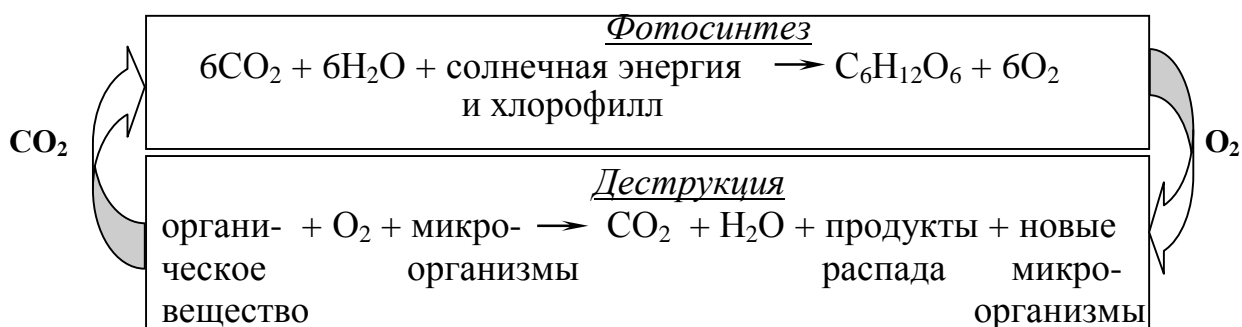
На основе выполненных экспериментальных и теоретических исследований установлены следующие закономерности биохимической очистки воды с использованием высших водных растений:

- Биохимическая очистка воды определяется комплексом процессов поглощения, накопления, деструкции, метаболизма, минерализации и зависит от природно-климатических условий, вида гидромакрофита, химического состава, свойств и загрязненности очищаемой воды.

- В процессе снижения концентрации загрязняющих веществ выделяются три основных этапа биохимической очистки воды (рис. 1). Первый этап характеризует интенсивный процесс очистки, снижение загрязняющих веществ достигает 60 % и более, коэффициент скорости снижения концентрации загряз-

няющих веществ k максимальный и составляет 0,5-0,7 1/сут. Второй этап характеризует умеренно интенсивный процесс очистки, снижение концентрации загрязняющих веществ составляет около 30 % от начальной концентрации, коэффициент k снижается до 0,2 1/сут. Третий этап характеризует слабо интенсивный процесс очистки, снижение концентрации загрязняющих веществ составляет до 10 %, коэффициент k снижается до 0,1 1/сут.

- При биохимической очистке воды осуществляется взаимосвязь процесса фотосинтеза высших водных растений, проходящего с потреблением углекислого газа и выделением кислорода и процесса деструкции загрязняющих веществ микроорганизмами, проходящего с потреблением кислорода и выделением углекислого газа, необходимого для продолжения процесса фотосинтеза в водной среде:



- При анализе накопления биогенных элементов и тяжелых металлов гидромакрофитами установлено, что интенсивность накопления загрязняющих веществ в единице фитомассы (C_f , г/кг сухой массы) у плейстофитов и гидатофитов выше, чем у гелофитов, но обладая значительно меньшей фитомассой на единицу площади (R_f , кг/м²) они уступают гелофитам в накоплении с той же площади водной поверхности ($C_{нф}$, г/м²), которое определяется по зависимости: $C_{нф} = C_f \cdot R_f$. При накоплении загрязняющих веществ высшие водные растения образуют нисходящий ряд: гелофиты (тростник обыкновенный, рогоз узколистный, сусак зонтичный) > гидатофиты (рдест пронзеннолистный, рдест гребенчатый, уруть мутовчатая) > плейстофиты (орех водяной, водокрас, ряска маленькая).

При совместном произрастании различные виды высших водных растений способны оказывать как положительное, так и отрицательное взаимное влияние. Выявлено, что в полидоминантном сообществе тростника обыкновенного и рогоза узколистного их совместное произрастание благотворно влияет на каждый из видов: активизируется рост растений, интенсифицируется транспирация, возрастает интенсивность накопления загрязняющих веществ в растениях. Вместе с тем, это сообщество способно произрастать в широком диапазоне природно-климатических условий.

Таким образом, целесообразно использовать полидоминантное сообщество тростника обыкновенного и рогоза узколистного в качестве одного из важнейших элементов при биохимической очистке воды.

УДК 626.8 : 577.4 : 333.93 : 631.6 (470.47)

ПРИЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОБВОДНИТЕЛЬНО-ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КАЛМЫКИИ

М.А.Сазанов, С.И.Ковриго, к.с.-х.н., Э.Б.Дедова, к.с.-х.н.
КФ ГНУ ВНИИГиМ, Элиста, Республика Калмыкия

Республика Калмыкия, расположенная в крайней юго-восточной части Европейской территории России, характеризуется неблагоприятными природными условиями и тяжёлой почвенно-мелиоративной обстановкой. В аридную область входит около 70 % территории республики. Калмыкия обладает ограниченными запасами собственных водных ресурсов, поэтому вопросы их рационального и эффективного использования стоят остро.

Анализ структуры водопользования (рис. 1) показывает, что суммарная подача воды на все нужды в степной, полупустынной и пустынной зонах Калмыкии по государственным системам (ПЕООС, СООС, ЧООС) за 2000-2002 гг. имеет тенденцию к снижению. В пределах республики на орошение в последние года в среднем расходуется 51-60% общей водоподачи, в том числе по Право-Егорлыкской ООС – 24...30 %, Черноземельской ООС – 52...83% , Сарпинской ООС – 87...89%.

Системы водопользования в агропромышленном комплексе (АПК) Республики Калмыкия представлены в таблице 1. На нужды обводнения и сельскохозяйственного водоснабжения с подпиткой из каналов ООС потребляется от 36 до 45% суммарной водоподачи, в том числе по Право-Егорлыкской ООС – 70...76 %, Черноземельской ООС – 17...48%, Сарпинской ООС – 11... 13%. Водопотребление на другие нужды, связанные с мелиоративными мероприятиями, составляет около 4%. В то же время потери на фильтрацию составляют от 22 до 31% суммарного забора воды, в том числе, по Право-Егорлыкской ООС – 29...48 %, Черноземельской ООС около 35%, Сарпинской ООС 22... 23%.

Краткий анализ опыта гидромелиоративного строительства и ведения системы водного хозяйства в Калмыкии показывает, что в технологическом и организационно-эксплуатационном отношении применяемые до настоящего времени ГМС несовершенны. Многочисленные каналы большой протяженности выполнены в земляном русле без противофильтрационных экранов, в результате чего потери на фильтрацию составляют до 30 % транспортируемой воды, и происходит подтопление обширных территорий в километровой зоне вдоль русла каналов. Слабо развита гидрометрическая служба, из-за чего также происходит перерасход воды. Не соблюдаются оптимальные технологии орошения. Слабо внедряется передовая поливная техника. Отсутствует нормально функционирующая дренажно-сбросная сеть. Не отлажена система улучшения качества воды и утилизации дренажно-сбросного стока. Стратегия водохозяйственного строительства, предусматривающая освоение как можно больших площадей при меньших затратах и высоких темпах, привела к тому, что в обо-

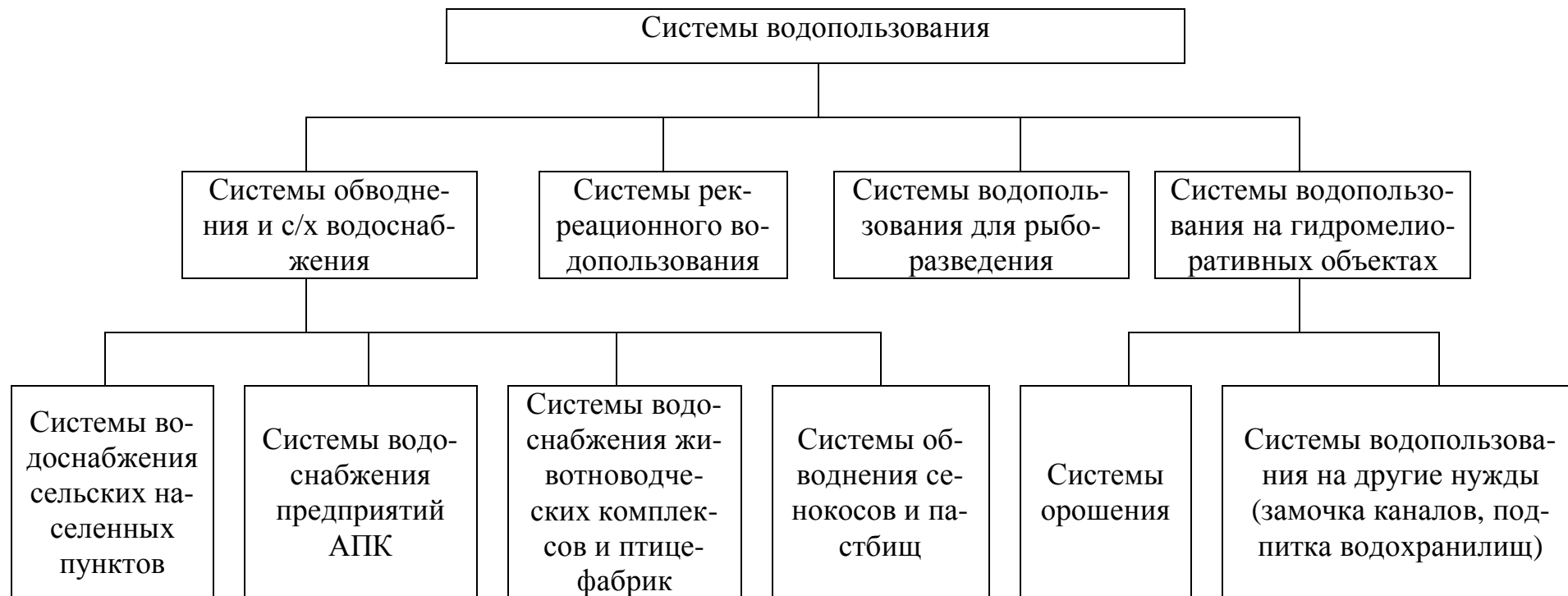


Рис. 1. Системы водопользования в агропромышленном комплексе (АПК) Республики Калмыкия

Таблица 1. Водопользование в агропромышленном комплексе (АПК) Республики Калмыкия в 2000-2002 гг., млн. м³

Наименование оросительных систем (природная зона)	Годы	Суммарная подача	в том числе						Потери на фильтрацию	Суммарный забор воды	КПД
			орошение	обводнение	рыбхоз. нужды	подпитка водохранилищ	замочка каналов	другие областн. ведомст.			
Право-Егорлыкская ООС (степная и сухостепная)	2000	42,4	12,8	5,0	-	5,8	1,6	17,2	26,5	68,9	0,62
	2001	38,4	10,6	6,5	-	3,6	1,6	16,1	19,4	67,8	0,65
	2002	35,6	8,6	1,7	-	8,7	1,6	15,0	32,6	68,2	0,52
Сарпинская ООС (полупустынная)	2000	163,9	146,6	1,7	-	12,5	3,1	-	49,8	213,7	0,77
	2001	151,9	135,2	9,3	-	5,7	1,7	-	42,2	194,1	0,80
	2002	144,0	125,4	3,2	-	12,0	3,4	-	43,9	187,9	0,77
Черноземельская ООС (пустынная)	2000	186,6	154,9	23,4	4,0	-	4,3	-	100,5	287,1	0,65
	2001	188,2	124,3	16,7	6,0	37,8	4,3	-	100,5	289,6	0,65
	2002	173,6	89,9	22,7	42,7	14,0	4,3	-	93,5	267,1	0,65
Всего по республике	2000	631,3	378,2	33,4	4,0	180,0	12,1	23,6	175,0	806,3	0,78
	2001	527,6	280,2	35,4	6,0	175,7	9,9	20,4	236,8	764,4	0,70
	2002	528,3	267,3	31,1	42,7	155,3	12,4	19,5	197,7	726,0	0,73

рот вводились земли с изначально высокой засоленностью, а из рекомендованного комплекса мелиоративных мероприятий применялись, в основном, только орошение и удобрения. Недостаточно использовались такие виды мелиорации, как фитомелиорация и мелиорация солонцов и солонцеватых зональных почв, промывка естественно и вторично засоленных земель, комплексное агрохимическое окультуривание полей (КАХОП). Поэтому в современных условиях возобладала экологическая стратегия отказа от крупномасштабного орошения, как одного из главных источников ухудшения экологической обстановки на значительных территориях. Именно оазисное орошение на базе использования ГМС нового поколения с многоцелевым назначением и замкнутым циклом водооборота позволит восстановить экологическое равновесие агроландшафтов и повысить продуктивность природно-антропогенных экосистем аридных регионов страны.

В условиях дефицита воды особенно актуально применение методов нормирования водопользования, позволяющих определить экологически благоприятные параметры систем водопользования и качественных характеристик воды в зависимости от специализации их применения и в соответствии с государственными нормативами и стандартами.

В связи с тем, что более 70 % территории Калмыкии занимают естественные кормовые угодья (более 5 млн.га), эффективность использования пастбищ имеет первостепенное и решающее значение в развитии животноводства, и в значительной мере зависит от степени их обводненности. Однако республика недостаточно обеспечена водными ресурсами, пригодными для сельскохозяйственного водоснабжения, и расположены они неравномерно. Поэтому основное внимание уделяется обводнительно-оросительным системам. Вместе с тем, до сих пор отмечается низкая степень обводненности пастбищ (не более 40 %), что связано с целым рядом факторов. Неэффективно используются возможности оросительных каналов, водоемов, водохранилищ. Очень мало специально оборудованных пунктов на данных водоисточниках. Большое количество колодцев и скважин систем обводнения с использованием подземных вод не используются по причине их разрушения или истощения водных ресурсов (особенно при размещении на линзах подземных вод), совершенно не ведутся работы по искусственному восполнению запасов подземных вод. На практике пастбищные участки, расположенные вблизи водных источников, используют интенсивно, перегружают, тогда как участки, отдаленные на большие расстояния используют не с полной отдачей или даже совсем не эксплуатируют. Отсутствует специальная эксплуатационная служба по обслуживанию обводнительных сооружений, что приводит к быстрому выходу их из строя.

Анализ минерализации и химического состава оросительных и дренажно-сбросных вод показывает следующее. Основной объем поливной воды (около 90 %) на Право-Егорлыкской ООС (ПЕООС) подается из р. Кубань, которая поступает по распределительным каналам непосредственно на поля орошения. Кроме чистой кубанской воды, в зоне деятельности ПЕООС используется смешанная: с дренажно-сбросной из Городовиковского водохранилища и с местным стоком (р. Егорлык, и пруды).

Кубанская вода за последние годы имеет невысокую минерализацию (0,234...0,507 г/л), которая по мере транспортировки ее по каналам практически не меняется. Это связано с незасоленностью почвенного профиля черноземов и темно-каштановых почв. Химизм минерализации по различным каналам изменяется от сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевого до сульфатно-кальциево-натриевого.

Отводимая вода на Право-Егорлыкской ООС представлена дренажной из закрытых дрен, которая формируется преимущественно в период вегетационных поливов. Нередко в это же время в дренажи попадает поливная вода и тогда ее можно расценивать как дренажно-сбросную. Сброс осуществляется в естественные понижения местности, в пруды-коллекторы и затем частично используется для орошения. Обычно, содержание воднорастворимых солей в дренажной воде колеблется от 3 до 5 г/л (максимальное - до 6 г/л). Дренажно-сбросные воды, подаваемые в Городовиковское водохранилище, имеют минерализацию, варьирующую в более широких пределах (4...7,5 г/л). Химический состав во всех случаях бывает преимущественно сульфатно-магниевым-натриевым в дренажных водах и сульфатно-натриевым в сбросных водах, что указывает на высокую степень опасности хлоридного засоления и натриевого осолонцевания. При необходимости использования этих вод для орошения, они должны разбавляться кубанской водой.

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 классу качества. Минерализация и качественные показатели воды в основном приёмнике дренажно-сбросных вод (оз. Сарпа) меняются по годам и сезонам года в широких пределах от 2 до 13 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 второ-

му классу качества. Минерализация воды в водохранилище возрастает до 1,3...1,5 г/л, а в распределителях, подающих воду хозяйствам, увеличивается до 1,5...1,9 г/л, т.е. по опасности общего засоления она относится к третьему классу качества. Более высокая минерализация (2,1...4,5 г/л) и худшие показатели качества (III и IV классы) характерны для сбросной воды [8].

Для развития и создания оптимальной системы обводнения пастбищ необходимо применять методы нормирования водопользования с учётом прогноза поголовья скота и потребностей воды на его содержание.

Расчёты по фактическому водопотреблению на различные нужды 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 %).

Водоисточники в значительной мере не соответствуют требованиям, предъявляемым к качеству воды для поения животных (КРС, лошади, свиньи, овцы). Особенно опасным является то, что основные источники воды Сарпинской, Черноземельской ООС загрязнены такими элементами, как свинец, кадмий и ртуть. Таким образом, воды достаточно для пастбищного водопользования, но она разная по качеству.

В соответствии с ВСН 33-2.2.04-84 «Пастбищные водопроводы» и на основании Закона Республики Калмыкия «О статусе региона Черные земли» принят радиус водопоя скота 3,1 км. Исследованиями, проведенными в КФ ВНИИГиМ, установлено, что между водопойными пунктами оптимальным является расстояние 6 км. В зоне шириной 3 км вокруг каналов рационально располагать культурные пастбища, на них радиус водопоя можно уменьшить до 2 км. Исходя их нормативов суточного рациона овцы, было выявлено допустимое поголовье, которое можно содержать на угодьях без ущерба для природы. Величина нагрузки и количество животных, приходящих на 1 га пастбищ, может колебаться в зависимости от степени деградации пастбищ от 0,25 до 0,7-0,8 овцеголовы на 1 га. Таким образом, зная нагрузку на одну овцеголову с учетом степени деградации пастбищ, а также количество водопойных пунктов на данной территории, можно определить оптимальное количество животных, которое может содержаться на той или иной площади пастбищ [4].

Для обеспечения необходимого уровня обводненности пастбищ на территории Республики Калмыкия необходимо: дальнейшее расширение и совершенствование сети групповых и локальных водопроводов; восстановление запасов подземных вод путем искусственного пополнения за счет поверхностного стока; использование узлов водоподготовки; более широкое использование оросительных каналов и водоемов как источников обводнения; создания службы эксплуатации обводнительных сооружений на пастбищах; проведение инвентаризации водоисточников и обводненных пастбищ не реже одного раза в 5 лет.

В Республике Калмыкия за последние 15 лет резко возрос дефицит оросительной воды, что заставляет производителей использовать для полива местные небольшие водоемы, часто имеющие повышенную минерализацию и неблагоприятный химический состав. Поэтому актуальной является разработка

методов экологического безопасного использования минерализованных вод для орошения, адаптивных технологий утилизации и применения различных вод, в том числе дренажно-сбросных, обеспечивающих экономию пресных водных ресурсов.

В колхозе "Дружба" Приютненского района нами проводились наблюдения за формированием количества и качества вод местного стока в ряде прудов, вода которых применялась для полива. Было установлено, что после начала орошения минерализация воды растет и к осени может составлять от 4 до 6 г/л. Для уменьшения концентрации солей и пополнения водой водоема, используемого для орошения, производились периодические напуски из другого, расположенного выше, пруда, имеющего воду с минерализацией от 1,4 до 2,2 г/л, после чего содержание солей в поливной воде составило 2,6...3,5 г/л. Других источников орошения в хозяйстве нет, этим и обосновывается необходимость применения поливной воды с разной степенью минерализации и изучения эффективности улучшения качества минерализованных вод и их рационального использования при возделывании сельскохозяйственных культур с помощью химмелиоранта – фосфогипса [3].

Схема полевого опыта включала в себя варианты внесения различных доз фосфогипса традиционными способами (под вспашку и по вспашке с помощью разбрасывателя удобрений "1 - РМГ-4") и с поливной водой. В последнем случае фосфогипс вносился с помощью гидроциклонной установки ГУД-3/250-30 ("Геничанка"). Контролем служил полив без внесения фосфогипса.

Полivная вода, использованная в опыте для орошения, характеризовалась неблагоприятным химическим составом. По результатам анализов содержание натрия в ней в 1,5...2,0 раза превышало сумму двухвалентных катионов. При постоянном использовании такой воды для орошения возможно осолонцевание почв.

Изучение влияния фосфогипса на химический состав минерализованных вод показало, что при его внесении с поливной водой изменяется ее качественный состав, увеличивается количество кальция, уменьшается содержание соды и натрия, снижается опасность осолонцевания почв.

Применение фосфогипса по обычной технологии в дозе 8 т/га позволяет приостановить процесс вторичного осолонцевания светло-каштановой почвы и снизить долю обменного натрия в ППК с 16,2 до 12,1%. Внесение фосфогипса комбинированным способом под вспашку и с поливной водой дает больший эффект по сравнению с традиционной технологией его использования, мелиорирующее действие фосфогипса проявляется при дозе 6 т/га. Последствием фосфогипса выразилось в увеличении содержания ионов кальция и уменьшении количества ионов натрия по сравнению с контролем без его внесения.

Эффективность химической мелиорации почвы и воды проявилась в увеличении урожайности кормовых культур. Например, урожай зелёной массы различных кормовых культур при поливе водой местного стока с минерализацией 2-4 г/л на фоне внесения химмелиоранта и соблюдения оптимальных приемов агротехники возрастает на 60-80% по сравнению с обычным орошени-

ем такой водой и приближается к нормальному уровню, получаемому при использовании пресной воды.

Зональные почвы полупустыни и пустыни Калмыкии обладают низким естественным плодородием, значительной комплексностью, засоленностью и солонцеватостью. Использование этих земель для орошения требует научно-обоснованного подхода, с постановкой экспериментальных исследований в полевых условиях, позволяющих выявить влияние полива минерализованной воды на продуктивность сельскохозяйственных растений и состояния почвы.

Поливы минерализованной водой в сравнении с пресной, приводят к снижению продуктивности сельскохозяйственных растений. Поэтому применение минеральных удобрений является обязательным агроприемом в орошаемом земледелии, позволяющим снизить отрицательное влияние полива минерализованной водой, добиться получения более высокого урожая.

Исследования в данном направлении проводили на территории совхоза «Сухотинский» Кетченеровского района, который расположен в северной части Прикаспийской низменности в полупустынной зоне. Преобладающими здесь являются зональные бурые полупустынные почвы в комплексе с солонцами и лугово-бурыми почвами на лессовидных суглинках. Они характеризуются низким содержанием гумуса (1,04 ... 1,79%), общего и легкодоступного азота, валового фосфора, средним содержанием подвижного фосфора и высоким – обменного калия. Поглощенный натрий в пахотном слое составляет 8,6%, а в подпахотном – 9,2%.

На опытных делянках в основной корнеобитаемой зоне (0 ... 0,4 м) содержание легкорастворимых солей составляло – 0,264%, в метровом слое почвы – 0,366%, токсичных солей в этих горизонтах – 0,215 и 0,296% соответственно. Химизм засоления сульфатно-хлоридный. В опыте для полива использовали минерализованную воду из водохранилища Нугра, которая согласно Международной классификации относится к среднесоленой (5,8 ... 5,9 г/л). Гидрохимический состав воды сульфатно-хлоридно-натриевый. Схема опыта включала 2 варианта на люцерне 2-го и 3-го года жизни: 1) Контроль без удобрений + полив минерализованной водой и 2) $N_{170-150} P_{320-280}$ + микроэлементы + полив минерализованной водой.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о высокой эффективности минеральных удобрений при поливе минерализованной водой. Эффект действия удобрений проявился по годам жизни и укосам люцерны. Прибавка урожайности от применения удобрений на 2-й год жизни составила 6,62 т/га или 105%, а на 3-й год жизни – 9,62 т/га или 162%. С возрастом соле-толерантность растений люцерны повышается.

Таким образом, в условиях Калмыкии возможно применение минерализованных вод для орошения, однако разработка единых рекомендаций нецелесообразна, так как способы регулирования водного, питательного и солевого режимов будут различны в зависимости от водно-физических, агрохимических свойств почвы и гидрогеологических условий орошаемых участков и требуется предварительное проведение научных исследований.

В настоящее время совершенно очевидно, что без комплексных мелиораций (на базе оросительных) невозможно успешное развитие АПК Калмыкии.

Стратегия комплексных мелиораций должна базироваться на ландшафтно-экологическом подходе и включать:

- сохранение динамического равновесия структуры ландшафта, а также геологического и биологического круговоротов веществ и энергии в границах как отдельных оросительных систем, так и в целом всего ландшафта;
- оптимизацию и стабилизацию эффективного плодородия орошаемых земель путем комплексного регулирования в благоприятном направлении почвенных, биохимических, гидрологических, гидрогеологических и геохимических процессов;
- экосистемное водопользование, способствующее уменьшению безвозвратного водопотребления и предупреждению загрязнения водных экосистем, почв и сельскохозяйственной продукции;
- ресурсосберегающие технологии, дающие возможность при экологическом нормировании качества оросительной воды, иметь достаточно высокую экономическую эффективность орошаемого земледелия и уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Литература

- 1.Безднина С.Я. – Экосистемное водопользование. – М.: Изд-во «Рома», 1997. – 137 с.
- 2.Безднина С.Я., Быстрицкая Н.С. Концепция экологически безопасного и экономически эффективного функционирования систем водопользования в агропромышленном комплексе – М.: ВНИИГиМ, 2001 – 58 с.
- 3.Ковриго С.И., Макаров С.В. Дозы, сроки и способы внесения фосфогипса при оршении минерализованными водами // Мелиорация земель Республики Калмыкия, Тр. ВНИИГиМ Т.97 – М., 1997, - С. 202-212.
- 4.Ковриго С.И., Руднева Л.В., Сазанов М.А. Состояние пастбищного водоснабжения Чёрных земель Калмыкии // Экологические проблемы мелиорации (Костяковские чтения): Мат. Междунар.конф. – М.: Изд-во УПК «Фёдоровец», 2002, с. 191-192.
- 5.Концепция развития оросительных мелиораций в Республике Калмыкия на современном этапе. – Элиста: КФ ГНУ ВНИИГиМ, 1999. – 44 с.
- 6.Методы экологически безопасного функционирования систем водопользования. Организационно-экономический механизм реализации инвестиционных мелиоративных проектов (научно-методические рекомендации) – М: ГНУ ВНИИГиМ, 2003, -25 с.
- 7.Система ведения АПК Республики Калмыкия на 1996-2000 гг. – Элиста: «Джангар», 1996. – 407 с.
- 8.Химический состав и качественные показатели оросительных вод Калмыкии (обзор). – Элиста: КФ ГНУ ВНИИГиМ, 1999, - 49 с.

УДК 628.35

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ НА ОРОШЕНИЕ

А.В Тиньгаев, аспирант
ГНУ ВНИИГиМ, Москва, Россия

Антропогенное воздействие на окружающую среду увеличивается с каждым годом. Нерациональное природопользование ведёт к нарушению экологи-

ческого баланса и снижению природно-ресурсного потенциала экологических систем.

В настоящее время в России объём сточных вод достигает 57 тыс. км³/год. Значительный объём сточных вод без очистки сбрасывается в реки и водоёмы. Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, а часто и для технического водоснабжения, теряют рыбохозяйственное значение.

Для уменьшения, либо для исключения антропогенного воздействия на окружающую среду необходимо оптимизировать систему природопользования, заблаговременно оценивать негативные воздействия на окружающую среду и предусматривать пути их нейтрализации.

Использование сточных вод после предварительной очистки в орошаемом земледелии экономически и экологически оправдано, так как помимо экономии поверхностных и подземных вод на орошение происходит почвенная доочистка сточных вод, прекращается их сброс в водоемы, обеспечивается потребление растениями и почвенными микроорганизмами питательных веществ, содержащихся в стоках, уменьшается антропогенная нагрузка на водные объекты. При использовании городских сточных вод на орошение, как правило, требуется их предварительная подготовка, очистка сточных вод на искусственных биологических сооружениях или длительное выдерживание в прудах-накопителях (биопруды). Для приведения загрязняющих веществ к нормам ПДК для орошения предлагается проводить доочистку сточных вод у источника их образования в связи с ее более высокой эффективностью по сравнению с очисткой сточных вод нескольких производств после их смешения, так как отсутствует универсальный метод, позволяющий производить селективное извлечение и удаление загрязнений различного происхождения.

Возникает задача - снизить концентрацию загрязняющих веществ в сточных водах каждого предприятия до существующих мощностей канализационных очистных сооружений. При этом необходимо стремиться к минимальным затратам на модернизацию технологий предприятий.

Рассмотрим решение данной задачи на примере г. Рубцовска Алтайского края.

Все сточные воды, в том числе и хозяйственно-бытовые, поступающие из жилого сектора, котелен и прачечных смешиваются и по общему транспортирующему коллектору подаются на канализационные очистные сооружения водоканала (КОС). В процессе транспортировки происходит изменение состава загрязняющих веществ за счет разбавления и химических реакций. Очищенные сточные воды в объёме 14 км³/год сбрасываются в биопруд, где происходит их доочистка, а затем в р. Алей и частично на орошение кормовых культур. Содержание тяжелых металлов после очистки на КОС представлено в таблице 1.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в сточных водах г.Рубцовска

Вещество	Концентрация в приемной камере, мг/л	Концентрация после КОС, мг/л	Эффект очистки КОС (%)	ПДК для воды хозяйственно-питьевого водопользования, мг/л
Кадмий	0.0027	0.00135	50	0.001
Медь	0.12	0.08004	33.3	1
Молибден	0.02	0	100	0.25
Никель	0.14	0.0875	37.5	0.1
Свинец	0.039	0.0312	20	0.03
Хром	0.04	0.03	25	0.5
Цинк	1.3	0.39	70	1

Сточные воды с содержанием тяжелых металлов, не превышающих ПДК для воды хозяйственно-питьевого водоснабжения могут использоваться для орошения без дополнительной очистки. По данным некоторых специалистов (Кутепов Л.Е., Перепелкин С.Н., Мишин С.И. и др.) содержание тяжелых металлов в оросительных водах может быть значительно выше, чем ПДК для хозяйственно-питьевых нужд.

В составе городских сточных вод стоки промышленных предприятий не превышают 11...12,5% или 1,5...1,8 млн. м³/год. Однако именно они в наибольшей степени влияют на качество сточных вод коллектора.

В наших исследованиях реализована дополнительная очистка на предприятиях по некоторым элементам, превышающим ПДК для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Это позволило создать некоторый "запас прочности" химического состава общего стока, поступающего на очистные сооружения и без дополнительных затрат подготовить сточные воды для сельскохозяйственного использования.

Рассмотрим содержание загрязняющих веществ в сточных водах некоторых предприятий и технологическую возможность их снижения в процессе модернизации технологического процесса на конкретном предприятии.

ОАО «АЛТТРАК» - крупнейший завод региона г.Рубцовска. Он производит гусеничные тракторы и имеет литейное, гальваническое, кузнечно-прессовое, механосборочное, деревообрабатывающее производство. Предприятие имеет около десятка локальных цехов ОСК, состав которых включает нефтеловушки и станции нейтрализации. В городскую канализацию поступает только часть стоков, их объем составляет 5661 м³/сут., (40-50%), остальные после очистки от нефтепродуктов сбрасываются в р. Алей. В процессе модернизации технологии очистки на предприятии можно значительно уменьшить содержание Cd, Ni, Pb (табл. 2).

Таблица 2. Изменение состава сточных вод ОАО "Алттрак" и затраты на модернизацию технологии очистки

Наименование загрязняющего элемента	Содержание, мг/л	Содержание после модернизации, мг/л	Эффект от модернизации (%)	Стоимость модернизации (руб.)
Кадмий	0.007	0.00252	64	1230000
Медь	0.0705	0.06909	2	289220
Молибден	0.065	0.05525	15	2100000
Никель	0.077	0.04466	42	522000
Свинец	0.0265	0.012985	51	1212001
Хром	0.006	0.00528	12	4100055
Цинк	0.215	0.1935	10	21454445

По данным специалистов предприятия, модернизация технологии производства с введением дополнительных мероприятий по очистке сточных вод от кадмия будет стоить более 1 млн. руб. (цены 2003 г.), эффект очистки составит лишь 64%. Содержание кадмия в сбросных сточных водах предприятия снизится почти в 3 раза.

ОАО ФПГЦК «СибАгромаш» выпускает сельскохозяйственные машины. Объем стоков, поступающих в городскую канализацию, составляет 2378 м³ в сутки. В сточных водах предприятия отмечено превышение ПДК по кадмию в 3 раза и свинцу в 2 раза. Расчет капиталовложений на модернизацию технологии очистки приведен в таблице 3.

Таблица 3. Изменение состава сточных вод ОАО «СибАгромаш» и затраты на модернизацию технологии очистки

Вещество	Концентрация, мг/л	Концентрация после модернизации, мг/л	Эффект от модернизации (%)	Капиталовложения на модернизацию (руб.)
Кадмий	0.003	0.00138	54	1230500
Медь	0.04	0.0236	41	5646455
Молибден	0.019	0.01463	23	4444454
Никель	0.04	0.0188	53	5445454
Свинец	0.06	0.0216	64	3530000
Хром	0	0	19	9898945
Цинк	0.093	0.07161	23	5443421

ОАО «РМЗ». Предприятие машиностроительного профиля, где имеются локальные очистные сооружения: станции нейтрализации кислотно-щелочных стоков, две станции нейтрализации хромовых стоков, две нефтеловушки. Объем стоков, поступающих в городскую канализацию, - 5783 м³ в сутки. На этом

предприятия, как и на заводе сельхозмашин необходимо установить дополнительные локальные очистные сооружения по снижению в сточных водах содержания кадмия и свинца. Ориентировочная стоимость данных мероприятий составит более 2 млн. руб. (табл. 4).

Таблица 4. Изменение состава сточных вод ОАО «РМЗ» и затраты на модернизацию технологии очистки

Вещество	Концентрация, мг/л	Концентрация после модернизации, мг/л	Эффект от модернизации (%)	Капиталовложения на модернизацию (руб.)
Кадмий	0.004	0.00108	73	2001500
Медь	0.029	0.025665	11.5	7771111
Молибден	0.019	0.01425	25	555655
Никель	0.073	0.03869	47	495952
Свинец	0.08	0.0496	38	121212
Хром	0.026	0.0221	15	445454
Цинк	0.088	0.05984	32	1656526

На ЗАО «Рубцовский молочный завод» очистку на нефтеловушке осуществляют только стоков от котельной, все остальные сточные воды направляются в городскую канализацию без очистки. Объем стоков, поступающих в городскую канализацию, - 400 м³ в сутки. В сточных водах отмечено превышение ПДК по кадмию. Наличие кадмия в сточных водах молокозавода вызвано применением на предприятии моющих средств с высоким содержанием кадмия. При рассмотрении мероприятий по снижению необходимо в первую очередь обратить внимание на ПАВ (поверхностно активные вещества), применяемые при мойке оборудования. Это позволит избежать значительных затрат.

На ОАО «Мясокомбинат» осуществляется забой скота и мясопереработка, в том числе колбасное производство. Очистка технологических стоков производится в жироловках, остальные стоки очистки не подвергаются. Объем стоков, поступающих в городскую канализацию, составляет 430 м³ в сутки. В составе сточных вод все исследуемые тяжелые металлы находятся в пределах ПДК для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

АОЗТ «Рубцовская мебельная фабрика» занимается производством мебели, в основном, корпусной. Очистных сооружений не имеет. Объем стоков, поступающих в городскую канализацию, составляет 30 м³ в сутки. Содержание кадмия превышает ПДК в 3 раза.

Для решения поставленной задачи обобщена схема канализационных сетей города (рис.1).

Выделим по коллектору следующие точки:

1-ая: точка впадения стоков 1 предприятия в коллектор; 2-ая: точка впадения стоков 2 предприятия в коллектор; k -ая: точка впадения стоков k-ого предпри-

ятия в коллектор; n -ая: точка впадения стоков n -ого предприятия в коллектор; $n+1$ -ая: точка приёмной камеры на очистных сооружениях канализации.

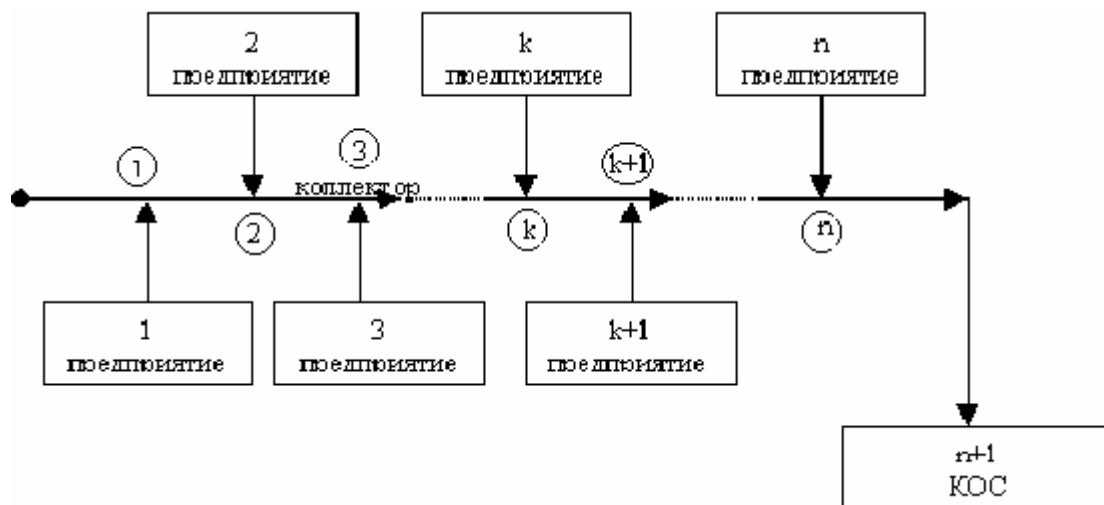


Рис.1. Принципиальная схема канализационных сетей города

Для построения модели примем следующие данные:

ω_{ij} -концентрация выброса i -ым предприятием j -ого вещества в канализацию; σ_{kj} -коэффициент изменения концентрации j -ого вещества в результате прохождения расстояния от k -ой до $(k+1)$ -ой точки (концентрация будет изменяться за счёт поступления на этом отрезке хозяйственных стоков и химических реакций, протекающих в коллекторе);

θ_{kj} -коэффициент изменения концентрации j -ого вещества в результате прохождения расстояния от k -ого предприятия до k -ой точки (концентрация будет изменяться за счёт поступления на этом отрезке хозяйственных стоков и химических реакций протекающих в коллекторе) и за счёт смешивания в k -точке различных объёмов сточных вод, которые текут по коллектору и которые только вливаются в коллектор;

ξ_j - концентрация j -ого вещества в коллекторе до попадания стоков с 1-ого предприятия;

γ_j -допустимая концентрация j -ого вещества, поступающего со сточными водами на очистные сооружения;

ϕ_j - предельно допустимая концентрация j -ого вредного вещества для сброса в водный объект;

U_{ij} - коэффициент, показывающий во сколько раз i -ое предприятие может уменьшить содержание j -ого вещества (в зависимости от модернизации технологии производства);

$U_{ij}=1$ -если i -ое предприятие не может уменьшить содержание j -ого вещества (технология не позволяет);

$U_{ij} > 1$ - если i -ое предприятие может уменьшить содержание j -ого вещества;

C_{ij} -стоимость уменьшения i -ым предприятием j -ого вещества;

Ω_{ij} -значимость уменьшения i -ым предприятием концентрации j -ого вещества.

$$\Omega_{ij} = \begin{cases} 1, i\text{-ое предприятие должно сократить содержание } j\text{-ого} \\ \text{вещества в } U_{ij}\text{-раз} \\ 0, \text{ иначе} \end{cases}$$

Определим концентрацию j -ого вещества в каждой точке.

Концентрация j -ого вещества в 1-ой точке:

$$\xi_j + \theta_{1j} * \omega_{1j}$$

Данная концентрация складывается с учётом той концентрации, которая была до попадания стоков с 1-ого предприятия плюс концентрация 1-ого предприятия с учётом коэффициента изменения концентрации при транспортировке стоков от 1-ого предприятия до 1 точки (разбавление хозяйственными стоками и различные химические реакции), а также смешивания различных объёмов сточных вод в 1-ой точке.

Концентрация j -ого вещества во 2-ой точке:

$$\sigma_{1j}(\xi_j + \theta_{1j} * \omega_{1j}) + \theta_{2j} * \omega_{2j}$$

Данная концентрация складывается с учётом концентрации, которая была в 1-ой точке, и изменений концентрации за счёт транспортировки от 1-ой до 2-ой точки (разбавление хозяйственными стоками, различные химические реакции) плюс концентрация 2-ого предприятия с учётом коэффициента изменения концентрации (за счёт прохождения пути от 2-ого предприятия до 2 точки, а также смешивания различных объёмов сточных вод во 2-ой точке и т.д.)

Концентрация j -ого вещества в n -ой точке будет иметь вид:

$$\sigma_{(n-1)j}(\dots(\sigma_{3j}(\sigma_{2j}(\sigma_{1j}(\xi_j + \theta_{1j} * \omega_{1j}) + \theta_{2j} * \omega_{2j}) + \theta_{3j} * \omega_{3j})\dots) + \theta_{(n-1)j} * \omega_{(n-1)j}) + \theta_{nj} * \omega_{nj}$$

Концентрация j -ого вещества, поступающего со сточными водами на очистные сооружения $(n+1)$ -ая точка):

$$\sigma_{nj}(\sigma_{(n-1)j}(\dots(\sigma_{3j}(\sigma_{2j}(\sigma_{1j}(\xi_j + \theta_{1j} * \omega_{1j}) + \theta_{2j} * \omega_{2j}) + \theta_{3j} * \omega_{3j})\dots) + \theta_{(n-1)j} * \omega_{(n-1)j}) + \theta_{nj} * \omega_{nj})$$

Данная концентрация – это концентрация, которая была в n -ой точке с учётом коэффициента изменений за счёт прохождения пути от n -ой до $(n+1)$ -ой точки.

Математическая модель будет иметь вид:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \Omega_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

функция, минимизирующая затраты на модернизацию технологий предприятий:

где n -число предприятий, m -число загрязняющих веществ.

Ограничения на концентрацию загрязняющих веществ, которые поступают на очистные сооружения:

$$\begin{aligned} & \sigma_{n1} (\sigma_{(n-1)1} (\dots (\sigma_{31} (\sigma_{21} (\sigma_{11} (\xi_1 + \theta_{11} * (\omega_{11} - \Omega_{11} (\omega_{11} - \frac{\omega_{11}}{U_{11}})))) + \\ & + \theta_{21} * (\omega_{21} - \Omega_{21} (\omega_{21} - \frac{\omega_{21}}{U_{21}}))) + \theta_{31} * (\omega_{31} - \Omega_{31} (\omega_{31} - \frac{\omega_{31}}{U_{31}}))) \dots) + \\ & + \theta_{(n-1)1} * (\omega_{(n-1)1} - \Omega_{(n-1)1} (\omega_{(n-1)1} - \frac{\omega_{(n-1)1}}{U_{(n-1)1}}))) + \\ & + \theta_{n1} * (\omega_{n1} - \Omega_{n1} (\omega_{n1} - \frac{\omega_{n1}}{U_{n1}}))) \leq \gamma_1 \end{aligned}$$

-ограничение на концентрацию 1-ого вредного вещества, поступающего на очистные сооружения.

$$\begin{aligned} & \sigma_{nm} (\sigma_{(n-1)m} (\dots (\sigma_{3m} (\sigma_{2m} (\sigma_{1m} (\xi_m + \theta_{1m} * (\omega_{1m} - \Omega_{1m} (\omega_{1m} - \frac{\omega_{1m}}{U_{1m}})))) + \\ & + \theta_{2m} * (\omega_{2m} - \Omega_{2m} (\omega_{2m} - \frac{\omega_{2m}}{U_{2m}}))) + \theta_{3m} * (\omega_{3m} - \Omega_{3m} (\omega_{3m} - \frac{\omega_{3m}}{U_{3m}}))) \dots) + \\ & + \theta_{(n-1)m} * (\omega_{(n-1)m} - \Omega_{(n-1)m} (\omega_{(n-1)m} - \frac{\omega_{(n-1)m}}{U_{(n-1)m}}))) + \\ & + \theta_{nm} * (\omega_{nm} - \Omega_{nm} (\omega_{nm} - \frac{\omega_{nm}}{U_{nm}}))) \leq \gamma_m \end{aligned}$$

-ограничение на концентрацию m-ого вредного вещества, поступающего на очистные сооружения.

Где $\gamma_1 \dots \gamma_m$ - концентрации загрязняющих веществ (1...m), которые могут принять очистные сооружения, чтобы довести стоки до нормативных требований.

Дополнительные ограничения:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \Omega_{ij} & \leq n, & \text{где } n\text{-число предприятий;} \\ \sum_{j=1}^m \Omega_{ij} & \leq m, & \text{где } m\text{-число вредных веществ.} \end{aligned}$$

Нами разработана информационная советующая система по улучшению качества городских сточных вод, где и была применена полученная модель.

При расчете по модели были получены следующие рекомендации по проведению модернизации технологических процессов.

Рекомендовано ОАО ФПГЦК «Сибагромаш» уменьшить содержание кадмия в сточных водах предприятия на 54 %; ОАО «РМЗ» на 73 %; ЗАО «Рубцовский молочный завод» на 79 %; ОАО «Мясокомбинат» на 81 %; АОЗТ «Рубцовская мебельная фабрика» на 75 %.