

**Секция V. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ
ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ
РЕСУРСАМИ И ВОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ,
КЛИМАТИЧЕСКИМ, ЭКОЛОГИЧЕСКИМ,
ЭКОНОМИЧЕСКИМ И СОЦИАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ РОССИИ**

**ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЗАПАДНЫХ ПОДСТЕПНЫХ ИЛЬМЕНЕЙ**

Болгов М.В.¹, Коробкина Е.А.¹, Митина Н.Н.¹, Малашенков Б.М.¹,
Вишневская И.А.²

¹Институт водных проблем РАН, г. Москва

²Институт географии РАН, г. Москва
bolgovmv@mail.ru

Область Западных подстепных ильменей (ЗПИ) расположена на юго-западе Астраханской области в западной части дельты Волги и представляет собой равнину с незначительным уклоном поверхности с северо-запада на юго-восток. Ландшафтной особенностью этого района является сочетание бугров Бэра, вытянутых грядами в широтном направлении, и озер (ильменей), расположенных в межбугровых понижениях. Неглубокие озера с плоским дном длиной от сотен метров до нескольких километров и глубиной от 0,5-1 м в межень до 2-3,5 м в половодье образуют параллельные, соответственно расположению гряд бугров Бэра, цепочки ильменей, соединенных между собой ериками и протоками. Подробное описание этой области массового развития лагунных ильменей приводится в [1, 2].

Гидрологический режим Западных подстепных ильменей в основном определяется величиной стока р. Волги. Основное поступление воды в ЗПИ происходит в половодный период из Волги и Бахтемира, самого крупного рукава Волги, через систему постоянных и временно действующих протоков и ериков. На спаде половодья в некоторых водотоках направление течения меняется, и вода из ильменей поступает обратно в рукав Бахтемир; в межень большинство ериков и протоков пересыхают. В части ильменей и внутренних водотоков уровень режим поддерживается искусственно, с помощью оросительных систем, подкачки насосными станциями и

строительством земляных дамб и шлюзов для предотвращения обратного оттока воды из ильменей на спаде половодья. Существенной особенностью гидрологического режима ЗПИ является его зависимость от уровня воды в р. Волге – поступление половодных вод в западные ильмени самотеком по большинству водных путей происходит лишь при достижении на в/п. р. Волга – г. Астрахань отметок уровня воды -23,50 м БС [3].

Вследствие изменения гидрологического режима р. Волги под влиянием сооружения и эксплуатации Волжско-Камского каскада водохранилищ, значительные пространства ЗПИ перестали ежегодно заливаться паводковыми водами. По данным Государственной наблюдательной сети прослеживается уменьшение объемов воды, поступающей в ЗПИ [4]. После зарегулирования стока Волги особенно резко изменилось внутригодовое распределение стока. Если за период 1940-1955 гг. в среднем за год в зону ЗПИ поступало $4,34 \text{ км}^3$, то за 1989-2009 гг. этот объем сократился до $2,59 \text{ км}^3$. Площадь заливаемой территории в период весеннего половодья сократилась с 2950 км^2 (до зарегулирования стока) до 2010 км^2 в современных условиях эксплуатации водохранилищ Волжско-Камского каскада [5]. В половодье 2014 г. в ЗПИ поступило $1,16 \text{ км}^3$ воды; с учетом величины оттока из ильменей фактический объем стока, оставшийся в ильменах, составил $0,45 \text{ км}^3$ [3].

Основные водохозяйственные проблемы ЗПИ. В результате длительного действия целого ряда антропогенных факторов на окружающую среду этого уникального природного района в регионе сложился комплекс взаимосвязанных проблем, основной причиной которых является указанное выше сокращение обводнения ильменей и питающих их водотоков. Нерациональное использование природных ресурсов; нарушения при проектировании, сооружении и эксплуатации дорожно-мостовых переходов; экстенсивный способ ведения хозяйства; создание мелиоративных систем и водных трактов, подающих воду на территорию района с помощью насосных станций при отсутствии промывного режима водоемов; системы отведения сточных вод в сочетании с аридным климатом региона – привели к существенному изменению естественного режима Западных подстепных ильменей. В результате наблюдается сокращение числа и площади ильменей, происходит деградация экологического состояния территории, рост минерализации воды, ухудшение ее качества, в связи с чем возникают проблемы обеспеченности

населения питьевой водой, ограничения развития орошаемого земледелия и др.

Современная площадь территории ЗПИ составляет 4 300 км² [3], и тенденция к ее сокращению, отмеченная более полувека назад [1,2], сохраняется. Площадь водной поверхности ильменей – величина тем более непостоянная и зависит, главным, образом от величины притока воды в зону ЗПИ во время половодья. В маловодные годы поступающего в дельту стока р. Волги становится недостаточно, чтобы обводнить удаленные ильмени, расположенные по периферии северной и западной частей территории ЗПИ, в результате наиболее удаленные от магистрального рукава и основных водотоков ильмени полностью отшнуровываются и пересыхают.

Антропогенное изменение рельефа поверхности ЗПИ (строительство автомобильных дорог, мостов, железнодорожных путей, дамб обвалования и т.п.) еще более ухудшило обводнение территории и уменьшило площади ее затопления. Многолетние колебания и спад уровня Каспийского моря также способствовали сокращению водной площади ильменей в 60-70-е годы. В числе других причин, способствовавших уменьшению притока воды в ЗПИ, следует назвать заиление и обмеление истоков водотоков, питающих ильмени [6].

Сравнительный анализ площадей водных объектов ЗПИ, определенных по данным топографических карт М 1:100 000 и снимков дистанционного зондирования Земли, показал, что площадь общая ильменей за последние 50 лет сократилась на четверть. Если по состоянию на период создания имеющихся топографических карт (1950-1960 гг.) она составляла 675-700 км², то в 2013-2014 гг. (по состоянию в меженный период) сократилась до 526 км², причем на долю открытой водной поверхности приходится всего 371 км². Пересыхающие в меженный период ильмени занимают площадь 85 км², засоленные водоемы – 45 км², заросшие водной растительностью ильмени – 25 км² [3].

Недостаточное обводнение западного района ильменей в период весеннего половодья вследствие регулирования стока каскадом ГЭС, экстенсивный способ ведения хозяйства и многие другие факторы обусловили деградацию экологического состояния ЗПИ. Отсутствие промывного режима водоемов, дополнительная механическая водоподача и практическое отсутствие системы отведения сточных вод вызывают рост минерализации воды в водоемах и

серьезное ухудшение ее качества. Развитию процессов засоления ильменей также способствуют небольшое количество атмосферных осадков (не более 180 мм в год) и высокая испаряемость (величина слоя эффективного испарения – около 900 мм в год), характерные для аридной зоны (к которой относится район западных ильменей), в сочетании с малой глубиной залегания минерализованных грунтовых вод и отсутствием естественного дренажа [7].

После зарегулирования стока Волги для обводнения ЗПИ в 1960-1970-х гг. были сооружены семь водных систем (трактов), подающих воду на территорию района с помощью насосных станций. Водные тракты представляют собой ильмени, соединенные искусственными каналами глубиной 1,5-3 м, пресная вода в которые поступает из р. Волги и рукава Бахтемир. Однако, эффективность системы обводнения ЗПИ, созданной и функционирующей за счет государственного бюджетного финансирования, крайне низкая, что делает неперспективным дальнейшее развитие орошаемого земледелия в регионе.

Важной проблемой в ЗПИ является обеспечение питьевого водоснабжения населения. В пределах рассматриваемой зоны расположены Лиманский, Наримановский и Икрянинский районы Астраханской области с 60 населенными пунктами и более 120 тыс. населения. До 50% сельского населения региона пользуются водой без какой-либо предварительной очистки, более 50% сел и поселков области не имеют централизованного водоснабжения с водоподготовкой, около 10% из них пользуются привозной водой.

Моделирование гидрологического режима ЗПИ. Мероприятия по улучшению водохозяйственной обстановки в районе Западных подступных ильменей входят составной частью в разрабатываемую в рамках Государственного контракта Концепцию рационального использования водных ресурсов и устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса Нижней Волги, сохранения уникальной системы Волго-Ахтубинской поймы. Для обоснования системы предлагаемых мероприятий по обводнению территории ЗПИ предложен комплекс гидродинамических моделей, в которых учтены современные природные и антропогенные условия развития региона. Результаты моделирования позволяют выполнить окончательную оценку эффективности планируемых сценариев развития региона, оценить отдельные мероприятия и выработать рекомендации по рассматриваемым районам.

Расчет гидрологических характеристик водоемов и водотоков зоны ЗПИ целью выбора вариантов обеспечения режимов проточности района ЗПИ выполняется на основе одномерной модели с использованием программного комплекса SWMM, разработанного Агентством по охране окружающей среды США [8]. В основе модели лежит система уравнений Сен-Венана, описывающая одномерное неустановившееся течение воды в открытых руслах. В качестве входного гидрографа в модель подавался расход, соответствующий гидрографу прохождения половодья по в/п. р. Волга – г. Астрахань.

Для расчета трансформации стока половодья по территории ЗПИ была выполнена схематизация гидрографической сети на указанной территории и участке русла р. Волги от г. Астрахань и рукава Бахтемир до о-ва Искусственный. В структуру модели включены 263 ильмена и 761 соединительных каналов, ериков и временных водотоков.

Предложенная структура модели позволяет оценивать последствия мероприятий, реализуемых как в зоне ЗПИ, так и в других частях дельты, например, при использовании вододелителя в вершине дельты Волги. Поскольку в настоящее время авторы не располагают полной информацией о гидрографических характеристиках дельты и морфометрических характеристиках водотоков, а также сведениями о многочисленных дамбах, перемычках, проездах, сооружаемых хозяйственным способом, на модели рассмотрены, в основном, проектные ситуации, связанные с оценкой последствий расчистки водотоков, а также с изменением уровня режима Волги в результате оптимизации формы гидрографа попуска в нижний бьеф Волгоградского гидроузла.

Варианты развития водохозяйственной системы ЗПИ. Самым сложным вопросом в рассматриваемом регионе является развитие системы водопользования, которое может осуществляться по различным сценариям, в зависимости от перспектив развития региона в целом и экономических условий, в частности. Основным принципом решения водохозяйственных проблем должно стать повышение приоритета задач сохранения уникальной экосистемы ЗПИ при планировании развития региона, разработке водохозяйственных мероприятий и обосновании стратегии природопользования.

Наиболее эффективным вариантом является полная техническая реконструкция водохозяйственной системы, предусматривающая создание дренажной системы, гарантирующей требуемый водно-солевой режим водоемов для обеспечения орошаемого земледелия, хозяйственно-питьевого водоснабжения, естественного воспроизводства водных биологических ресурсов, товарного рыбоводства и функционирования водной экосистемы в целом. Этот вариант обеспечивает гарантированную водоподачу и качество воды за счет создания проточного режима, но обладает невысокой экономической эффективностью вследствие значительных капиталовложений и увеличения эксплуатационных расходов.

Сценарий развития, наиболее предпочтительный с экологической точки зрения, предполагает создание гидрологического режима зоны ЗПИ, максимально приближенного к естественному. При этом надо понимать, что при соответствующей реорганизации хозяйства – ликвидации всех регулирующих сооружений; расчистке и дноуглублении водотоков; реконструкции переходов и перекладке коммуникаций, нарушающих условия водообмена в ЗПИ; прекращении дополнительной водоподдачи; создании системы водоподготовки и очистки сточных вод во всех населенных пунктах ЗПИ – удастся добиться создания естественного гидрологического режима и решить вышеизложенные проблемы, включая питьевое водоснабжение, на значительной части, но не на всей территории ЗПИ. Минус этого варианта в том, что потребуются значительные капиталовложения в перестройку коммунального хозяйства и инфраструктуры в целом. Резкое сокращение хозяйственной деятельности повлечет за собой проблему занятости местного населения.

Инерционный вариант развития предполагает сохранение сегодняшней ситуации ведения хозяйства в зоне ЗПИ: выполнение работ по расчистке водотоков и водоемов, строительство и реконструкция шлюзов-регуляторов для задержки половодного стока, групповых водоводов, продолжение экстенсивного ведения хозяйства в рыночных условиях. При этом, естественно, проблема роста минерализации и ухудшения качества воды не решается.

Выводы. Водохозяйственную проблему ЗПИ можно сформулировать как проблему накопленного экологического ущерба, ликвидация которого требует времени и средств, а решение должно быть согласовано с программами реорганизации хозяйственной

деятельности и модернизации инфраструктуры при ведущей роли экологических приоритетов.

Дальнейшее развитие водохозяйственного комплекса Нижней Волги должно исходить из нового, фактически сложившегося, устойчивого состояния экосистемы региона, сформировавшегося под преимущественным влиянием техногенного фактора, а рекомендуемые мероприятия необходимо определять (проектировать) исходя из новых «рамочных» условий.

Литература

1. *Байдин С.С., Линдберг Ф.И., Самойлов Н.В.* Гидрология дельты Волги. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. 332 с.

2. *Байдин С.С.* Сток и уровни дельты Волги. – М.: Гидрометеиздат. 1962. 338 с.

3. Отчет о научно-исследовательской работе по Государственному контракту (№ госрегистрации 01201376234). Этап 2. Провести исследования гидравлических, гидроморфологических, гидрологических процессов и режимов при различных вариантах прохождения половодья по Нижней Волге, проведение комплекса полевых исследований. – Москва: ФГБУ «ГОИН», 2014. – 436 с.

4. *Синенко Л.Г.* Современное состояние западных подстепных ильменей и их водообеспечение // Материалы конференции «Современное состояние водных ресурсов Нижней Волги и проблемы их управления», Астрахань, 2009. С. 112-114.

5. *Клепиков И.И., Немошклов С.М.* Современное состояние заливаемости и проточность района Западных подстепных ильменей// Современное состояние водообеспеченности и пути оптимизации хозяйственной деятельности в зоне западно-подстепных ильменей: материалы научно-практической конференции – пос. Лиман, 2011. – С.108-114.

6. *Горелиц О.В., Землянов И.В., Синенко Л.Г.* Влияние морфометрических характеристик русла на водообеспечение территорий Нижней Волги. // В сб. «Современное состояние водообеспеченности и пути оптимизации хозяйственной деятельности в зоне западно-подстепных ильменей: материалы научно-практической конференции» – пос. Лиман, Астраханская обл., 2011. – С. 84-91.

7. *Бесчетнова Э.И., Белякова Ю.В.* Особенности гидрографии западных и восточных подстепных ильменей // Современное состояние водообеспеченности и пути оптимизации хозяйственной

деятельности в зоне западно-подстепных ильменей: материалы научно-практической конференции – пос. Лиман, 2011. – С. 48-55.

8. *James W., Huber W.C., Dickinson R. E., Pitt R. E., James W. R.C., Roesner L.A., Aldrich J.A.* User's guide to SWMM. – 2003. – xxxiv+700 pp.

КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СОГЛАСОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ В ДОЛГОСРОЧНОМ ПЛАНИРОВАНИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ⁵

Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л.
Институт водных проблем РАН, г. Москва
khran@bk.ru

Регуляторами водопользования являются водохозяйственные системы (ВХС), которые выступают посредниками между природными объектами и водопользователями, согласуя потребности общества в водных ресурсах с возможностью их удовлетворения. Для обеспечения устойчивого развития водоемких отраслей экономики, удовлетворения потребностей населения в воде и экологически приемлемой среды обитания требуется опережающее развитие ВХС. Стратегии развития ВХС, водопользования и водоотведения охватывают достаточно длительный расчетный период и должны обеспечивать устойчивость системы при всех возможных условиях функционирования. Такие стратегии приходится выработать в условиях значительной неопределенности условий и потребностей в воде, а также в характеристиках водных ресурсов. Стратегии формируются в результате компромисса интересов регионов – водопользователей, конкурирующих за воду и за право сброса загрязнений. Согласование интересов осуществляет орган управления ВХС – центр совместно с органами регионального управления водными ресурсами.

Выработка стратегий долгосрочного развития основывается на формировании возможных сценариев (вариантов) развития ВХС и на экспертных оценках эффективности их функционирования в различных прогнозируемых условиях. Также экспертным путем стро-

⁵Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №14-06-00016).