
УДК 504.4.062.2(574)

НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЛХАШ

Канд. геогр. наук Ж. Д. Достай

В статье рассматриваются научные и прикладные аспекты управления природно-хозяйственными системами бассейна оз. Балхаш.

Предлагаемые научные основы управления гидроэкологическим состоянием территорий обеспечиваются реализацией 2-х взаимосвязанных положений, учитывающих закономерности распределения водных ресурсов во времени и в пространстве и оценку хозяйственной деятельности на территории; т.е. функционированием водохозяйственных систем (ВХС) с учетом прямых и обратных связей.

Бассейн оз. Балхаш, представляет собой уникальный природно-технический комплекс (ПТС). Благодаря своим уникальным природно-климатическим условиям, богатым земельным и обильным водным ресурсам на рассматриваемой территории сформировался один из наиболее важных индустриально-аграрных комплексов Казахстана, обладающий уникальными потенциальными возможностями дальнейшего развития на базе богатых материально-сырьевых, климатических, земельных и трудовых ресурсов. Эти природно-экономические показатели стали основой принятия в свое время ирригационно-энергетической доктрины освоения водных ресурсов этого бассейна, которая

предусматривала довести площадь орошаемых земель в регионе к 2000 году до 1 млн. га, а установленную мощность ГЭС - до 1,5 млн. кВт. При этом ставился вопрос "... о нецелесообразности сохранения оз. Балхаш, как испарителя огромного количества воды" (Чокин Ш., 1975).

Следуя этой доктрине, без глубокого научного обоснования начали в бассейне ускоренные и всевозрастающие воздействия хозяйственной деятельности на водные ресурсы, не увязанные с интересами охраны окружающей среды и рациональным природопользованием. В результате водная экосистема оз. Балхаш достигла критического состояния: начал падать уровень воды, сокращаться в размере зеркало озера и соответственно увеличилась минерализация воды, сократился промысел рыбы и изменился ее видовой состав и т.д.

В современную эпоху при неуклонно возрастающей интенсивности хозяйственной деятельности в бессточных бассейнах оптимальное или даже удовлетворительное функционирование экологической системы невозможно без целенаправленного управления. Предлагаемая нами система управления ВХС имеет в своей структуре три блока: 1 - база знаний, содержащая всю необходимую информацию с соответствующими подблоками, 2 - имитационная модель и 3 - блок управленческих действий, содержащий различные сценарии развития хозяйственной деятельности.

Выявленные общие закономерности функционирования экосистем всех бессточных озер аридной зоны Центральной Азии показали, что водная экосистема (динамика уровня, минерализация воды, ионный состав растворенных солей в воде и донных отложениях, гидробионты и т.д.) конечных водоемов является индикатором экологического состояния всего водосборного бассейна". ВХС бассейна выделена как центральное звено в управлении ПХС региона. А в качестве методологической основы решения Или-Балхашской проблемы предлагается концепция

экологически сбалансированного природопользования (А.М. Бронфман, Е.П. Хлебников, П.Г. Олдак, А.А. Турсунов, И.М. Мальковский).

Концевые водоемы бессточных бассейнов аридной зоны Центральной Азии обладают рядом специфических свойств, которые отличают их от водоемов гумидной зоны. Эти свойства обусловлены исключительно высокой солнечной радиацией, открытостью всем ветрам, большим испарением, мелководностью и развитой водной биосистемой, которая в свою очередь обуславливает высокий опресняющий эффект этих озер для всего региона. Поэтому Аральское море нельзя считать "ошибкой природы", а озеро Балхаш - "географическим парадоксом". Наоборот они представляют собой закономерный и весьма важный компонент сложной ПХС, функционирующей в глубине Евразийского континента в условиях аридного климата (Ж.Д. Достай, А.А. Турсунов, 1996).

Оценка возобновляемых водных ресурсов бассейна оз. Балхаш показали, что суммарные ресурсы поверхностных вод бассейна в естественном состоянии (до 1969 г.) с учетом объема стока, формирующегося на территории КНР составляли $28,85 \text{ км}^3/\text{год}$ (Ж.Д. Достай, 1993,1995 гг.), из них $22,87 \text{ км}^3/\text{год}$ формируется в бассейне р.Или, $5,36 \text{ км}^3/\text{год}$ в бассейнах рек Каратал, Лепсы, Аксу, а $0,57 \text{ км}^3/\text{год}$ - в бассейне р.Аягуз, а в зоне формирования стока рек Северного Прибалхашья - $0,08 \text{ км}^3/\text{год}$.

Оценка суммарных затрат речного стока на поддержание приречных тугаев, заливных лугов и других компонентов экосистемы оз. Балхаш показали, что они равны $13,74 \text{ км}^3/\text{год}$, из них в дельте р.Или затрачивалось в среднем $3,12 \text{ км}^3/\text{год}$.

Исследования показали, что основная нагрузка на водные экосистемы региона оказывает Капчагайское водохранилище, а на втором месте - водозаборы на орошение и сбросы. Что же касается качества воды,

то основными загрязнителями вод озера Балхаш являются промышленные объекты Северного Прибалхашья, рыбопромышленные объекты и орошаемое земледелие (коллекторно-дренажный сток).

Для анализа закономерностей природных факторов функционирования ВХС используется водно-балансовый метод при котором требуется установление его основных составляющих: приток, отток поверхностных и подземных вод, испарение с хозяйственно освоенных и естественных участков территории, изменение влагозапасов в зоне аэрации, в толще почвогрунтов, в водоемах и др. Расчет ведется по выделенным в результате водохозяйственного районирования балансовым участкам. Метод позволяет оценить взаимосвязи между балансовыми участками и определить изменение природных составляющих ВХС на разных этапах развития хозяйственных нагрузок, т.с. выявляет прямые и обратные связи между участками.

Достаточно точный расчет водно-солевого баланса любой территории, а тем более такой сложной ВХС как Или-Балхашская, невозможен без надежных математических, имитационных моделей. При составлении имитационно-математических моделей (ИММ) широко используется прием, заключающийся в разбиении объекта (территории) на отдельные водохозяйственные районы - "камеры" ИМ. Территориальная структура ВХС бассейна оз. Балхаш состоит из двух частей: "озерной" и "речной". Озерная часть в свою очередь подразделяется на Западный и Восточный Балхаш. А речная на четыре ВХР: Верхнеилийский, Нижнеилийский, Жонгарский и Северного Прибалхашья.

В пределах выделенных ВХР выбраны модельные (ключевые) участки ландшафтов, которые являются репрезентативными для всего района. Экспериментальные исследования автора и других ученых на этих модельных участках (1981-1989 гг.), а также результаты их системного анализа (1988-1995 гг.) легли в основу Банка Данных, откуда брались

численные значения параметров для ввода их в разрабатываемую имитационную модель управления водными ресурсами бассейна оз. Балхаш.

Площадь орошения в регионе (Казахстанская часть) на 01.01.1986 год составила 551,9 тыс. га, или около 30% от орошаемого клина республики. Поверхностными водами орошается 531 тыс. га и подземными - 13,9 тыс.га. Характеристики оросительных массивов показали, что в основном они не отвечают требованиям рационального использования природных ресурсов: их КПД не превышают 0,5-0,6. Технические показатели оросительных систем региона показывают, что фактические нормы орошения превышают расчетные (научно-обоснованные) показатели в несколько раз. Подлежат реконструкции 350-400 тыс. га староорошаемых земель. При повышении их КПД в целом до 0,75-0,8 можно сэкономить 0,8...1,2 км³/год речного стока.

Капчагайское водохранилище играет ключевую роль в управлении гидроэкологическим состоянием Или-Балхашской ПХС и по своим относительным параметрам является одним из крупнейших в нашей стране и Средней Азии. Его полный объем при проектной отметке 485 мБС составил бы 28,1 км³, что соответствует 2-м годовым объемам стока р.Или в створе с. Илийское. Основным назначением Капчагайского водохранилища было определено развитие на его базе орошаемого земледелия на площади 430000 га в низовьях р.Или и выработка электроэнергии с помощью ГЭС для получения главным образом, пиковых нагрузок в единой энергосистеме региона. Эффективность от строительства такого крупного гидроузла явно была завышена путем включения в проект нереальных площадей орошения.

Дельта р.Или, специфическое ландшафтное образование, которое представляет собой буферную зону между озером и р.Или, и что ее существование и функционирование зависит в основном от стока р.Или и

изменения уровня оз. Балхаш. Исследованы потери в пределах дельты на испарение с различных типов ландшафтов (И.С.Соссов, 1956; С.А.Абдрасилов, 1996 и др.).

Озеро Балхаш рассматривается как два балансовых участка: 1-й балансовый участок - Западный Балхаш, 2-й балансовый участок - Восточный Балхаш.

Анализ динамики элементов экосистемы бассейна оз.Балхаш показали, что основными причинами спада уровня с последующим усыханием оз. Балхаш являются: 1) Строительство Капчагайской ГЭС, наполнение водохранилища и энергетический режим эксплуатации гидроузла с большими зимними попусками снизили уровень оз. Балхаш на 1,1 - 1,5 м из общего снижения уровня на 2,5 м; 2) Климатический фактор, т.е. аридизация климата в континентальной части северного полушария и связанная с ней регрессивный процесс уровня режима озера снизили уровень озера на 0,4 - 0,9 м; 3) Фактор хозяйственной деятельности в бассейне (рост орошаемого земледелия и связанный с ней увеличение объемов водозаборов из рек) - на 0,5 м. Влияние других факторов: коммунальное и промышленное водоснабжение, обводнение пастбищ и перевыпас скота на крутых склонах, вспашка земель по самым водоразделам и др. - пока еще на объемы речного стока заметного влияния не оказывают, хотя их влияние на качество воды уже заметно (И.М.Мальковский, А.А.Турсунов, 1988; Ж.Д.Достай, 1997).

В результате выделено три характерных состояния оз.Балхаш, которые являются критическими параметрами экосистемы:

- зона допустимого состояния озера ("хозяйственно-экологического оптимума"), ограниченная уровнями 341 - 342 мБС и лимитирующей соленостью 1,6 г/л (минерализация воды в 4-м гидрохимическом районе);
- зона критического состояния озера, ограниченная снизу предельными значениями уровня и солености, имевшими место в

последнем внутривековом цикле увлажненности (340,5 мБС и 1,8 г/л соответственно);

- зона запредельного состояния ("экологического бедствия"), чреватая необратимыми изменениями природной среды, недопустимыми ухудшениями санитарно-биологической обстановки и нарушениями функционирования хозяйственных объектов (уровень ниже 340,5 мБС, минерализация в 4-м гидрохимическом районе более 1,8 г/л).

Каждой из указанных зон (экологических ниш) состояния озера соответствует определенная степень саморегуляции ВХС региона с адекватной степенью выполняемых ею общественно-полезных функций.

Применение методов имитационного моделирования является принципиальной основой предлагаемых концептуальных основ управления водными ресурсами замкнутых бассейнов. На основе вышесказанного естественно-научного представления о местном влагообороте между озером и горными стокообразующими системами с одной стороны, и антропогенного воздействия на водные ресурсы - с другой, составлена имитационная модель ВХС Или-Балхашского бассейна (ИМИБ-2). Согласно этой модели весь бассейн представляется в виде 15 балансовых участков (камер).

В основу построения ИМИБ положена высокая степень пространственного агрегирования исследуемых характеристик с расчленением территории бассейна на слабозависимые участки (камеры), связанные между собой лишь естественным управляемым перетоком воды и переносом солей. Вектор состояния последовательно преобразуется с модельным временным шагом T в год, принятым для укрупненного варианта ИМИБ-2. Функциональная структура ИМИБ образована восемью моделями: "Заявка АВ", "Заявка ВД", "Сток", "Верховье", "Капчагай", "Дельта", "Низовья", "Балхаш" и моделью "Статистика", которая накапливает статистику по необходимым компонентам вектора

состояния. При конструировании имитационной системы принципиальное значение имеет проблема информационного обеспечения комплекса разрабатываемых имитационных моделей и это требует проведения комплексных (системных) теоретических и экспериментальных исследований, объединенных общностью задач и единством требований к получаемым результатам.

На основе изложенных выше концептуальных основ управления гидроэкологическим состоянием бессточных бассейнов Центральной Азии разработаны комплекс мероприятий по стабилизации экосистемы бассейна озера Балхаш. Весь ход естественных и антропогенных изменений в Или-Балхашской ПХС, изложенный в начале настоящей статьи убедительно показывает, что экстенсивные формы хозяйствования, вызвавшие очевидный дисбаланс в развитии водной экосистемы региона следует расценивать как несоответствующие современным нормам рационального природопользования и экологической политики в условиях суверенитета нашего государства.

Как уже отмечалось выше в специфичных условиях бессточных бассейнов аридной зоны Центральной Азии лимитирующими элементами того или иного состояния водных экосистем являются их замыкающие звенья - низовья рек и конечные водоемы, где наглядно видна интегральная нагрузка хозяйственной деятельности на всей территории бассейна. В этих условиях устойчивость экологического состояния Или-Балхашской ВХС должна оцениваться прежде всего с точки зрения обеспечения стабильности основных природно-экологических и социально-экономических функций оз.Балхаш с дельтой р.Или.

Реализации государственными органами научных рекомендаций, которые позволили в некоторой степени стабилизировать уровень оз.Балхаш вблизи векового минимума, существенно улучшились условия обитания биоценоза озера и дельты р.Или, позволили ограничить

наиболее сильные факторы антропогенной нагрузки (Капчагайское водохранилище, орошаемое земледелие). Но создавшаяся в регионе опасная экологическая ситуация, нависшая над озером Балхаш устранена не полностью. Частично реализованные рекомендации позволили создать только среду для обитания - улучшили водный режим озера (биотопы). Однако, по прежнему продолжается фоновое загрязнение стока рек, увеличивается общая минерализация вод, растет содержание отдельных токсичных примесей: нитратов, пестицидов, тяжелых металлов (медь, цинк, кадмий) (С.М.Романова, Н.Б. Казангапова, 1998 г.) и других канцерогенных веществ. Есть факты заболевания рыб, происходит эвтрофикация дельтовых водоемов (С.А. Матмуратов, Р.Плисак, Г.М.Жаналиева).

Для того, чтобы нейтрализовать отрицательное воздействие вышеперечисленных факторов и вывести ПХС бассейна оз.Балхаш на новый уровень экологического равновесия предлагается создать интегрированную систему управления (ИСУ) всем комплексом.

Предлагается разработать Целевую программу ("охранную грамоту") развития производительных сил всего Или-Балхашского бассейна, где основную роль играет предлагаемый автором комплекс первоочередных природоохранных мероприятий, направленный на стабилизацию экологической обстановки в бассейне оз.Балхаш.

Ключевым звеном долгосрочной стратегии управления водными ресурсами бассейна оз.Балхаш является переоценка народно-хозяйственной роли Капчагайского гидроузла в развитии ПХС Прибалхашья. Приоритетное обеспечение интересов низовьев - дельты р.Или и оз.Балхаш - потребует перехода на многолетний компенсирующий режим регулирования стока р.Или Капчагайским водохранилищем и пересмотра его проектных параметров (Турсунов А.А., Мальковский И.М., Достай Ж.Д., 1985).

Подробный анализ современного состояния энергетических показателей Капчагайской ГЭС показывает, что она выполняет функции источника мощности для покрытия максимальных нагрузок энергосистемы и негативно влияет на экологическое состояние низовьев р.Или и оз.Балхаш. В связи с возникновением новых социальных, экономических и природоохранных задач в бассейне созрела необходимость переоценки народно-хозяйственной роли Капчагайского гидроузла, пересмотра и модернизации его проектных параметров и режима работы с позиций удовлетворения требований на воду низовьев р.Или и оз.Балхаш, а также уменьшения негативного влияния на природу и хозяйства территорий в верхнем бьефе. Для достижения этих целей необходимо построить в нижнем бьефе Капчагайского гидроузла контррегулирующее водохранилище "Куланбас-2" и модернизировать Капчагайскую ГЭС в ГЭС-ГАЭС (гидроэлектростанция - гидроаккумулирующая электростанция).

Следующим важным звеном в комплексной стратегии управления водными ресурсами бассейна оз.Балхаш является орошаемое земледелие. К 1985 году в бассейне оз.Балхаш площадь орошаемых земель достигла 580 тыс.га, объем фактического водозабора - $6,8 \text{ км}^3/\text{год}$, в том числе: в бассейне р.Или- $4,2 \text{ км}^3/\text{год}$, а в бассейне восточных рек- $2,6 \text{ км}^3/\text{год}$. Средняя взвешенная норма водопотребления составляет $11,8 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$, КПД оросительных систем - 0,6. Для сравнения: средняя по странам СНГ норма составляет $9,3 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$, а технически осуществимый предел при КПД равном 0,75 - 0,8 для бассейна равен $8,4 \text{ тыс. м}^3/\text{га}$. При такой норме, полива существующих земель достаточно $4,8 \text{ км}^3/\text{год}$, т.е. резерв орошаемого земледелия составляет около $2,0 \text{ км}^3$. Однако этот резерв невозможно реализовать быстро. Сравнительный анализ удельных мелиоративных фондов исследуемого региона с аналогичными регионами СНГ (Узбекистан, Украина, Молдова) показывает низкий технический

уровень оросительных систем нашей республики. Необходимо реконструировать оросительные системы бассейна с тем, чтобы повысить их КПД. Рекомендуется повторно использовать коллекторно-дренажные воды для полива.

Необходимы работы по мелиорации дельты р.Или и экосистемы озера Балхаш. Необходимо строительство регулирующего сооружения в проливе Сарыесик, которое позволило бы регулировать уровень и гидрохимический режим Западного Балхаша и озера в целом. Однако оно может нанести ущерб развитию биоценоза, особенно ихтиофауны озера. Расчеты показывают, что при строительстве регулирующего сооружения в проливе Сарыесик, обеспечивающего проточный режим в Западном Балхаше, наблюдается вынос солей в Восточный Балхаш через водорегулирующее сооружение. Затворы сооружения должны открываться в период массовой миграции рыб в Восточную глубоководную часть и обратно.

В Западном Балхаше минерализация воды изменяется таким образом, что чем восточнее гидрохимический район, тем интенсивнее происходит вынос солей в этот район, т.е. озеро работает как гигантский испарительный бассейн и в нем идут аналогичные процессы сгущения растворов (Н.Г.Таганов, Ж.Д.Достай, 1985).

Анализ вкладов мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов в бассейне оз.Балхаш показывает, что наиболее легко осуществимым является прекращение наполнения Капчагайского водохранилища отметкой НПУ=475 м, однако это не дает экономию воды (сохраняя достигнутый уровень водопотребления- 1,5 км³/год на испарение и фильтрацию). Тем не менее реализация мероприятия требует затрат материальных ресурсов и времени на строительство дополнительных источников энергии. Реконструкция орошаемых земель

дает наибольший эффект с точки зрения экономии водных ресурсов, но требует больших материальных затрат и сроков реализации.

В случае резкого спада уровня оз. Балхаш из-за климатически обусловленного маловодья или ошибок управления, в частности резкого уменьшения притока из КНР, можно осуществить быструю реконструкцию акватории озера путем строительства регулирующего сооружения в проливе Сарыесик. Однако при этом должны быть учтены процессы перетока через пролив биогенных элементов и миграции биоценоза озера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Достаев Ж. Турсунов А.А. Концепция равновесного природопользования в условиях Или-Балхашского региона // Вестник КазГУ. Сер. Геогр., Вып.2, 1995. -С.12-25
2. Достай Ж.Д. Водохозяйственное районирование бассейна озера Балхаш // Гидроэкологические проблемы использования водных ресурсов Казахстана / Сб.научн.тр. -Алматы: Казак университеті, 1998. -С.54-63.
3. Грецов Е., Таганов Н.Г., Достаев Ж. Построение математической модели минерализации оз. Балхаш на основе общих принципов массо-энергопереноса //Вопросы гидрологии орошаемых земель Казахстана / Сб.научн.тр. - Алматы:Изд.КазГУ, 1986. -С.22-25.
4. Турсунов А.А., Мальковский И.М., Достаев Ж. К пересмотру проектной отметки НПУ Капчагайского водохранилища // Проблемы комплексного использования водных ресурсов Или-Балхашского бассейна / Сб.научн.тр. - Алматы: КазГУ, 1985. - С.16-20.
5. Чокин Ш. Энергетика и водное хозяйство Казахстана (Научно-технический прогноз) - Алматы:Казахстан, 1975. -304 с.