

Общая ситуация. В бассейне Аральского моря, с учетом различной направленности процессов стока в горах и на равнинах, а также его хозяйственного использования, выделяются две основные контрастные гидрографические зоны: зона формирования стока и зона интенсивного потребления стока [24].

Гидрографическая сеть главных речных бассейнов Сырдарьи и Амударьи во второй половине XX века была дополнена многочисленными и разнообразными гидротехническими сооружениями и, таким образом, преобразована в одноименные Сырдарьинскую и Амударьинскую водохозяйственные системы, состоящие из взаимосвязанных естественных и искусственных водотоков и водоемов (табл. 1).

Таблица 1

Основные типы водных экосистем

Экосистемы	ЗФС	ЗИПС
Природные экосистемы		
Реки	+	+
Озера *	+	
Аральское море		+
Искусственные пресноводные экосистемы		
Оросительные каналы		+
Водохранилища	+	+
Пруды		+
Искусственные засоленные экосистемы		
Дренажные каналы - коллектора		+
Ирригационно-сбросовые озера (ИСО)		+

Примечание:

* - практически все природные озера в ЗИПС перешли в категорию ирригационно-сбросовых, питающихся КДВ.

ЗФС – зона формирования стока

ЗИПС – зона интенсивного потребления стока

Преобразования гидрографической сети осуществлялись в регионе главным образом в интересах развития орошаемого земледелия, которое стало основным потребителем и фактором трансформации не только водного, но и солевого стока, поскольку рост водозабора из русел рек сопровождался одновременным ростом сброса в них коллекторно-дренажных вод (КДВ). Согласно [2] общий объем возвратных вод составляет по бассейну Аральского моря 45,8 км³ или примерно 40% от естественного речного стока. Сточные воды в этом объеме занимают только 7%. Остальная часть – это в основном коллекторно-дренажный и сбросной сток с орошаемых полей, объем которого по региону оценивается в 42,7 км³, в том числе по Узбекистану – 28,2 км³. Объем сточных вод составляет по региону – 3,3 км³, по Узбекистану – 2,4 км³. В 2002-2004 годах в Узбекистане в общем объеме возвратных вод КДВ составляли 78% [12].

Таким образом, огромный сток КДВ и недостаточно очищенных коммунальных и промышленных стоков сбрасывается по всей протяженности среднего и нижнего течения рек. Это, наряду с ростом минерализации, ведет к изменению типа засоления водной массы с гидрокарбонатного на сульфатный и увеличению концентраций загрязняющих веществ, значения которых нередко превышают ПДК. На территории Узбекистана наибольшее загрязнение коллекторно-дренажными водами наблюдается в низовьях основных притоков и дельте Амударьи, а промышленными и коммунальными стоками – в районах промышленно-городских агломераций. В связи с этим по длине рек от их верховьев и истоков до устьевых участков возникают различные по уровню загрязнения контрастные и переходные зоны, характеризующиеся различным качеством воды и экологическим состоянием. Современная ситуация характеризуется истощением водных ресурсов, засолением (и загрязнением) вод и ландшафтов и высокой степенью зарегулирования речного стока в зоне его потребления [24].

Влияние климатических факторов. Происходящее изменение климата в сочетании с антропогенным стрессом могут вызвать определенные негативные тренды в изменении качества воды в водных экосистемах, привести к нарушению сложившегося в них неустойчивого экологического равновесия, к снижению или потере их биосферных и социальных функций, то есть усилить их уязвимость на фоне общего экологического регресса, что уже сейчас со всей остротой проявляется в маловодные и «критически» засушливые годы, которые можно рассматривать как аналоги прогнозируемого потепления и аридизации климата. Данный методологический подход представляется пока единственно возможным для оценки уязвимости и экспертных прогнозов в связи с недостаточностью и разреженностью рядов необходимых мониторинговых данных для речных экосистем или полным отсутствием таких рядов для оросительной и дренажной сети, а также для водных экосистем озерного типа, на которых мониторинг качества воды и экологического состояния не проводится.

Реки в зоне формирования стока. В зоне формирования стока, где отсутствует заметное антропогенное воздействие, изменения гидрологических и биологических характеристик речных объектов имеют естественную природу, зависящую в основном от динамики климатических факторов, чувствительность к которым зависит, в свою очередь, от преобладающей высоты водосбора и преобладающего типа питания (табл. 2).

В целом, качество речных вод в этой зоне, рассчитанное по интегральным биологическим индексам, сохраняется высоким: в пределах I-II классов, (очень чистые – чистые воды) с минерализацией от 89-309 мг/дм³ в реках 1-4 типов питания и до 420 мг/дм³ – в реках 5 типа в нижней ее границе. Специфические загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы, фенолы, нефтепродукты (природные углеводороды), пестициды и другие

Характерные экологические особенности рек в зоне формирования стока в связи с преобладающим типом их питания [28]

Преобладающий тип питания	Характерные особенности
1. Ледниково-снеговой	Полноводные и холодноводные реки: с растянутым половодьем, пик которого приходится на летне-осенний и летний вегетационный период; характеризуются слабым развитием водной биоты и сравнительно высокой «инертностью» в отношении климатических факторов.
2. Снегово-ледниковый	
3. Снеговой	Промежуточный тип с весенне-летним более коротким половодьем и меньшей «инертностью» в отношении климатических факторов.
4. Снегово-дождевой	Маловодные реки: с коротким весенним половодьем, интенсивным летним прогревом водной массы, хорошим или даже обильным развитием водной биоты; очень чувствительны к изменению климатических факторов, в связи с чем характеризуются ярко выраженной сезонностью гидрологических и биологических фаз в течение годового цикла.
5. Грунтово-дождевой	Маловодные реки и ручьи: с очень коротким весенним половодьем, с обильным развитием водной биоты и преобладанием гетеротрофного компонента в трофической структуре водных биоценозов; чрезвычайно чувствительные к изменению климатических факторов и состоянию прилегающих наземных ландшафтов.

в основном не превышают или незначительно превышают ПДК. Их содержание зависит от природного геохимического фона, уровня протекания фоновых биологических процессов в речных экосистемах и от регионального переноса загрязнений и в целом качество воды позволяет использовать ее без ограничений для всех видов водопользования. В связи с этим они активно используются, в том числе на питьевые нужды расположенных ниже оазисов. Однако в горах нарастают процессы деградации, такие как обезлесение и эрозия, загрязнение отходами и сокращение пастбищ. Происходит также смещение зоны потребления стока в высотном направлении за счет расширения урбанизированных и рекреационных зон и сопутствующего им изъятия речного стока многочисленными локальными водозаборами. Последнее вызывает гидрологическое эвтрофирование и ухудшение качества воды небольших рек в нижнем ярусе гор, особенно проявляющееся в маловодные годы. Эти негативные процессы усиливают уязвимость рек 4-5 типов к изменению климатических факторов, что в условиях прогрессирующего потепления и увеличения повторяемости засушливых лет может также сопровождаться ростом фоновых концентраций некоторых загрязняющих веществ, например, естественных углеводородов (определяемых как нефтепродукты) и фенолов, содержание которых в природных водах определяется трофическим статусом водных объектов, интенсивностью биохимической трансформации органических веществ и биологической ситуацией в водоемах.

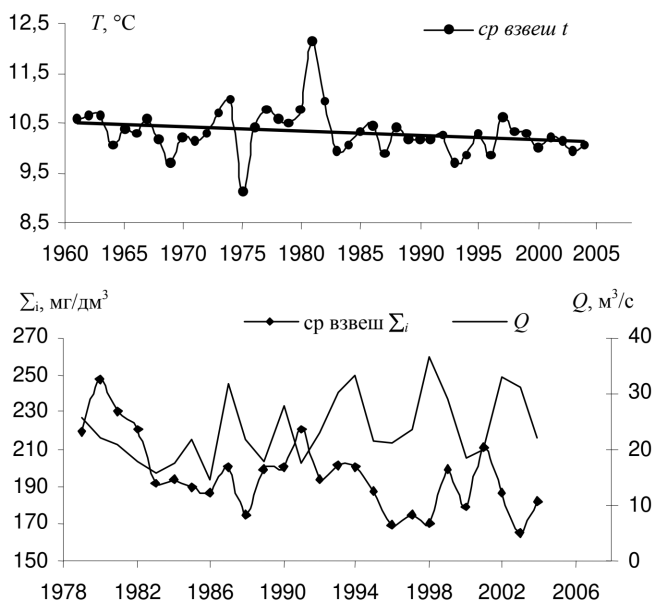


Рис. 1. Изменение значений температуры (T , °C), минерализации (Σ_i) и расходов (Q) воды в р. Угам – п. Ходжикент за последние 30 лет.

В некоторых реках 1-2 типа, выбранных в качестве индикаторов, за 30-летний период наблюдений (1976-2006 годы) отмечаются отрицательные тренды в температуре и минерализации, связанные с увеличением вклада талого стока в их речных бассейнах, что согласуется с общей тенденцией роста температуры воздуха. Это иллюстрирует рис. 1 на примере р. Угам, где приводятся значения температуры, минерализации и расходов воды

Реки в зоне интенсивного потребления стока. В многолетнем аспекте в изменении количественных характеристик химических ингредиентов в речных водах этой зоны просматриваются как положительные, так и отрицательные тренды или они отсутствуют [24]. Однако этот важный вопрос требует специального и более детального исследования. Тем не менее, на основании уже существующих публикаций можно отметить некоторые многолетние тенденции, связанные с этапами развития орошаемого земледелия в бассейне Аральского моря [25], а именно, интенсивный рост минерализации воды и ее составляющих компонентов в бассейнах Сырдарьи и Амударьи в 60-70-х годах и их

стабилизацию в конце 80-х - начале 90-х годов XX века в связи с замедлением темпов освоения новых орошаемых массивов и увеличением водности периода в многолетнем гидрологическом цикле. Поскольку в последние 10-15 лет новые орошаемые территории практически не осваиваются и нет существенного роста стока КДВ, то соответственно отсутствует повсеместный выраженный рост минерализации речных вод, при сохранении ее повышенного уровня в нижнем течении основных рек. Изменение значений минерализации в последние годы в основном связаны с климатическими факторами, а именно с многолетними колебаниями.

В условиях прогрессирующей аридизации климата и сохранении неизменной ситуации в управлении поверхностным стоком возможно следует ожидать рост минерализации речных вод в зоне потребления стока. Во многих случаях просматривается менее выраженная связь среднегодовых значений с водностью лет по показателю химического потребления кислорода, реже по аммонийному азоту. По остальным приоритетным ингредиентам (фенол, нефтепродукты) взаимосвязь их концентраций, полученных путем осреднения разовых месячных наблюдений, с водностью лет не выявлена, поскольку изменение их содержания в речных водах имеет пульсирующий характер и при существующей дискретности наблюдений получаемую по ним информацию можно рассматривать как приближенную.

В зоне потребления стока от среднего к нижнему течению рек, наряду с прогревом водной массы, увеличивается заиленность и загрязненность донных отложений и заростаемость русел макрофитами и нитчатками зелеными водорослями, а в устьевых участках в биогидроценозах развиваются солоноватоводные элементы флоры и фауны. Последнее проявляется в летне-осенний сезон, но особенно в маловодные годы, когда качество воды в устьевых участках рек по гириобиологическим показателям может снижаться до IV класса (загрязненные воды). Вероятно, эти тенденции будут сохраняться или даже усиливаться в связи увеличением продолжительности засушливого и теплого периодов в условиях продолжающейся аридизации климата.

Горные озера в зоне формирования стока. Считается, что гидрохимический режим большинства озер горных территорий не претерпел каких-либо изменений, как и их морфологические параметры, и основные черты гидрологического режима. Большинство горных озер имеют низкую минерализацию от 100 мг/дм³ в высокогорных озерах с высоким показателем водообмена ($K_2 > 10$) и до 200 мг/дм³ в озерах с более низким показателем водообмена ($K_2 > 1$) [13]. На общем фоне гидрокарбонатной формации обособленно выделяется зона слабопроточных или бессточных озер области внутреннего стока (Каракуль, Рангкуль, Шоркуль и др.), которые по химическому составу относятся к сульфатной формации и имеют повышенную или высокую минерализацию – от 0,5 до 11,0 г/дм³. Общая минерализация проточных озер полностью зависит от минерализации притоков и их внутригодового и многолетнего хода. В высокогорных озерах, где наблюдается значительный транзит через озерные котловины, минерализация повышается в маловодные годы и понижается в многоводные. Подавляющее большинство горных озер Средней Азии являются потенциальным источником чистых пресных и ультрапресных вод. При этом их основные водные ресурсы сосредоточены в одном из крупнейших завальных озер мира – Сарезском озере (16 км³ воды), верхний 150-метровый слой которого объемом более 10 км³ содержит воды гидрокарбонатной формации с общей минерализацией 100-400 мг/дм³. Для горных озер в целом характерно крайне малое содержание минеральных биогенных элементов и соответственно сравнительно низкий уровень биологической продуктивности.

Большинство горных озер, в силу больших глубин и малой относительной площади водного зеркала, характеризуются очень низкими значениями показателя открытости (< 1). Наиболее зависимыми от климатических факторов являются бесприточные и ограниченное число больших проточных горных озер с весьма замедленным водообменом, которые одновременно характеризуются высокими значениями показателя открытости (> 1). Это – бессточные озера Восточного Памира (Каракуль, Рангкуль, Шоркуль) и Восточного Тянь-Шаня (Чатыркель), а также слабопроточные аккумулятивно-транзитные озера, как, например, Сонкель. Для этих озер характерны многолетние внутривековые колебания уровня воды, и они могут рассматриваться как своеобразные индикаторы изменения/колебания климата. Например, наблюдающаяся трансгрессивная фаза оз. Каракуль хорошо увязывается со стадийным сокращением ледника, заполнявшего чашу современного озера, и на общем фоне регрессивной фазы увлаженности в режиме озера отмечается повышение уровня воды, связанное с интенсивным стаиванием многолетних запасов льда. Озеро Сонкель, в питании которого преобладают сезонные осадки, наоборот, находится в фазе регрессии, и в будущем, когда оно лишится стока в вытекающую из нее р. Кекджерти, перейдет в бесприточный тип озер. В стадии регрессии находится также оз. Чатыркель и др. [13].

По некоторым прогнозным оценкам [15] под влиянием изменения климата термический режим озер всех высотных зон может измениться в сторону возрастания температур воды и смягчения ледового режима и ожидаемые изменения будут эквивалентны переходу озер в более низкие ландшафтно-климатические зоны, соответствующие снижению высотного положения озер от их современного положения на 150-300 м. Последнее может явиться стимулирующим фактором, повышающим уровень продукционных биологических

процессов и трофический статус озерных экосистем. Возможно, что установленные некоторыми исследованиями [24, 11] количественные и качественные изменения в развитии макрофитов и зоопланктона олиготрофно-гидрокарбонатного оз. Сарычелек, расположенного на территории одноименного заповедника в Западном Тянь-Шане, произошедшие за последние 30 лет, являются именно проявлением начала упомянутых выше процессов. В литоральной зоне в составе макрофитов за 30-летний период появились и достигли заметного развития три вида рдестов (*Potamogeton natans*, *P. perfoliatus*, *P. filiformis*), уруть (*Myriophyllum spicatum*), роголистник (*Ceratophyllum demersum*), а также осока (*Carex* sp.). В зоопланктоне произошла смена доминантов и субдоминантов среди таких видов, как *Asplanchna priodonta*, *Filinia longiseta*, *Ceracium hirundinelle*, *Acanthodiaptomus denticornis*, *Cyclops vicinus*, а также отмечено появление нового вида – *Kellicotia longispina*, который вошел в доминантный комплекс. В конце 90-х годов XX века весь зоопланктон оз. Сарычелек практически был представлен эврибионтными формами с заметным развитием видов-индикаторов, которые могут указывать на начало процесса формирования в озерной экосистеме мезосапробных условий.

Равнинные озера зоны потребления стока расположены в зонах с недостаточным увлажнением и до недавнего времени были представлены дельтовыми, плесово-конечными и старичными типами. В результате изъятия стока на орошение и проведения водных мелиораций значительно сократили свои размеры или совсем перестали существовать некоторые озера дельт и пойм Амударьи и Сырдарьи, а многие из них превратились в ирригационно-сбросовые озера. Практически все старичные водоемы исчезли, а плесово-конечные перешли в категорию ирригационно-сбросовых. Таким образом, большинство равнинных озер приобрели, в связи с изменением условий их питания, новый статус [13]. По сути, в зоне формирования стока теперь существуют только две основных категории озер – дельтовые (с доминирующим вкладом в их питание амударьинской речной воды) и ирригационно-сбросовые (с доминирующим вкладом в их питание коллекторно-дренажных вод). Последние, в основном, приурочены к периферии орошаемых массивов в среднем и нижнем течении Амударьи и Сырдарьи, но встречаются также и в дельте. Такие водоемы, как, например, озерный комплекс ветланда Судочье, ранее питавшегося только речной водой, в последние десятилетия существуют исключительно за счет коллекторно-дренажных и сбросных вод.

Одни из равнинных озер являются бессточными, другие – в разной мере проточными системами, среди которых преобладают в основном слабо проточный тип озер с показателем условного водообмена значительно меньше единицы ($K_2 < 1$). Наоборот, показатель открытости для всех равнинных озер, в силу их мелководности, имеет высокие значения (> 1). Например, для озер ветланда Судочье показатель открытости изменяется в диапазоне от 4,4–7,5 – в озерах с меньшей площадью и до значений 28,3–34,8 – в более крупных озерах. Такие большие по площади озера, как Денгизкуль, Междуречье, Тузкан, Айдар, Тогиз-Торе имеют очень высокие значения показателя открытости – от 41 до 300. Таким образом, практически все равнинные озера являются «очень открытыми» экосистемами, что в сочетании с высокой испаряемостью (до 2000 мм и более) обуславливает их сильную зависимость от климатических факторов. Эта зависимость особенно выражена для бессточных озер, которые характеризуются более высоким содержанием солей и, по достижении и переходе определенного порога засоленности, характеризуются также прогрессирующим заболачиванием.

Внутридельтовые водоемы Приаралья претерпели целый комплекс негативных изменений – сокращение водного объема, увеличение минерализации воды, снижение биоразнообразия и биопродуктивности. В последнем десятилетии их суммарная площадь в зависимости от водности лет изменялась для дельты Амударьи от 26 до 120 км², а для дельты Сырдарьи – от 262,5 до 517,73 км². Самые низкие показатели для обеих дельтовых территорий наблюдались в маловодном 2000 году [22].

Ветланды Приаралья, помимо разных источников питания, имеют также индивидуальные различия по форме, размерам и возрасту, характеризуются разной относительной глубиной, степенью развития литорали и ее зарастаемости водно-болотной растительностью. Одни из них являются в разной мере проточными системами, другие являются бессточными накопителями поступающего в них стока, что делает их более уязвимыми к климатической и водохозяйственной обстановке (особенно в засушливые годы) и обуславливает в них устойчивые многолетние тренды роста минерализации воды, зарастания и заболачивания и соответственно сужение круга предоставляемых экосистемных услуг [10, 20]. В маловодные «кризисные» годы минерализация озерных вод многократно возрастает по сравнению с ее значениями в обычные или средние по водности годы (табл. 3).

В такие периоды в начальных озерах с речной водой минерализация воды возрастает – в 2,5 раза, а в замыкающих озерные цепочки водоемах – в 6–9. Для проточных озер с коллекторно-дренажной водой минерализация воды возрастает в 1,5–5,6 раза – в начальных озерах и в 1,7–4,1 – в замыкающих озерах. В бессточных озерах с коллекторно-дренажной водой минерализация возрастает в 1,5–1,7 раза.

Более интенсивный рост минерализации воды в маловодные годы отмечен также в озерах Айдар и Тузкан (среднее течение Сырдарьи), в которых в маловодные 1974–1976 годы ее ежегодный прирост составлял

1,0-1,4 г/дм³ [17]. В этих бессточных озерах наблюдается летне-осеннее повышение минерализации (в связи с интенсивным испарением с большой озерной площади до 15-20% объема воды) и зимне-весеннее ее уменьшение.

Таблица 3

Средние значения минерализации воды (г/дм³) в некоторых разнотипных озерах дельты Амударьи в различные по водности годы

Озера	Годы			
	1990-1991, 1999-2000 средний	1993 многоводный	1989 маловодный	2001 кризисный
Питание речной водой				
Междуречье (начальное звено системы)	0,97-1,03	0,68-1,20	1,62-2,03	2,4-2,6
Муйнакский залив (замыкающее звено)	1,55-3,57	0,99-3,50	-	14,6-21,0
Питание КДВ				
<i>Проточная система озер</i>				
Бегдулла-Айдин (начальное звено)	3,79-7,00	-	-	5,9-39,2
Каратерент (замыкающее звено)	4,85-12,9	-	-	8,2-54,0
<i>Бессточная система озер</i>				
Тайлы (начальное звено)	17,5-27,1	-	-	15,0-40,3
Акушпа (замыкающее звено)	21,3-47,5	-	-	35,6-83,0

Все озера дельты Амударьи также потенциально являются неустойчивыми системами, поскольку для них отсутствуют реальные планы устойчивого управления их водными ресурсами, включая отсутствие регулярного комплексного экологического мониторинга, соответствующих гидротехнических сооружений для обеспечения удовлетворительного гидрологического режима и поддерживающих мероприятий в маловодные годы. Так, в Междуреченской системе озер в маловодные годы биомасса фитопланктона может возрастать в разные сезоны в Междуречье – в 20-400 раз, а в более эвтрофированном Муйнакском заливе – в 2,3-15 раз по сравнению со средними по водности годами. Например, в маловодном 1989 году биомасса фитопланктона достигла аномально больших значений: в Междуречье – 200, а в Муйнакском заливе – 230 г/м³ [4, 5]. В этот неблагоприятный период большинство индикаторных видов фитопланктона относились к альфа-мезосапробам, происходило бурное «цветение» воды, типичное для эвтрофированных водоемов, с преобладанием в планктоне сине-зеленых водорослей, что подтверждается также увеличением значений индекса сапробности от 1,7-2,3 до 2,9, то есть качество воды в этих озерных системах и их экологическое состояние резко ухудшились.

В 2000-2002 годах зарегистрирована кризисная ситуация во всех озерных экосистемах дельты, совпавшая с экстремальным маловодьем. В условиях создавшейся нестабильности экологический регресс озерных экосистем также сопровождался катастрофической перестройкой водных биоценозов (заменой солоновато-пресноводной флоры и фауны на солоноватоводно-морскую), деградацией основных объектов рыбного и охотничьего промысла. В течение двух лет озерные системы правобережной и левобережной части дельты Амударьи практически полностью деградировали и на неопределенное время потеряли все свои экосистемные (биоразнообразие) и социально полезные функции и услуги [10, 20, 27].

Прогрессирующее потепление, при неизменной ситуации в системе управления водными ресурсами дельты, еще более усилит уязвимость озерных экосистем, приведет к снижению биоценотического разнообразия и потере биопродуктивности водных биоценозов, деградации связанных с ними объектов орнитофауны и ихтиофауны, созданию условий для массового развития саранчи, что уже имело место в районе ветланда Судочье в маловодный кризисный период 2001-2002 годов [10]. Стимулом для ее массового развития послужили огромные территории осушенных тростниковых зарослей, предоставивших благоприятные условия для кладки яиц и развития личинок, что в последствии обусловило популяционный взрыв, сопровождавшийся образованием огромных скоплений личинок и взрослых особей. Саранча практически полностью уничтожила заросли тростника в районе озер Акушпа и Каратерент и начала представлять угрозу для сельхозугодий в районе п. Раушан. Авиаотрядами МЧС массовые скопления саранчи были уничтожены, но отдельные скопления этих насекомых в районе озер сохранились, и озера по-прежнему остаются саранчево-опасными.

В среднем течении Амударьи большинство ирригационно-сбросовых озер важны для поддержания регионального биоразнообразия, а также имеют важное значение в рыбном промысле, который в последние годы приходит в упадок в связи с нерегулируемым и неустойчивым гидрологическим режимом, интенсивным зарастанием водно-болотной растительностью, отсутствием поддерживающих мер по зарыблению, интенсив-

ным ростом уровня засоленности, который, например, в оз. Денгизкуль уже достиг критического уровня [16]. В целом в условиях аридного климата в бессточных озерах, как правило, доминируют процессы накопления солей, приводящие к засолению водоемов и превращению их в солончаки. В проточных водоемах минерализация воды в определенной мере стабилизируется и доминирующими процессами становятся накопление биогенных и органических веществ в донных отложениях, что приводит к сероводородному загрязнению и заболачиванию озер. При этом сохранение или потеря их социальной и биосферной значимости во многом зависит от скорости и направления основных сукцессионных процессов, но в большей степени – от возможных технических гидромелиоративных и организационных мероприятий и решений. Последние в зависимости от их реализации или не реализации могут предопределить экологический прогресс или экологический регресс этих водных объектов и, соответственно – сохранение или потерю их социально полезных функций [16, 20], что особенно актуально в свете прогрессирующего потепления и аридизации климата.

Аральское море. Из-за драматического снижения поступления воды в Аральское море его поверхность, к настоящему времени, уменьшилась более чем в 4 раза, объем более чем в 10 раз, уровень понизился на 22,5 м – и Аральское море распалось, в конечном счете, на два водоема, Малый Арал и Большой Арал [1, 19]. В результате соленость воды в Большом Арале выросла более чем в 7 раз, достигнув свыше 80‰ – в западном бассейне и 100‰ – в восточном бассейне, то есть Большой Арал, по сути, превратился в полигалинное озеро. Усыхание моря привело к возникновению в западном бассейне термогалинной и плотностной вертикальной стратификации и формированию, начиная с глубины 22 м, зоны сероводородного загрязнения, ранее не характерного для этого водоема. Высокая плотностная стратификация, затрудняя перемешивание, приводит к уменьшению толщины деятельного слоя водоема и, следовательно, к повышению летних значений температуры поверхности моря, повышению норм испарения и увеличению темпов обмеления моря, что и наблюдалось в последние годы.

Все вышесказанное привело к радикальным изменениям в составе его водной биоты. Согласно [8, 9, 19, 26] по сравнению с 50-60-ми годами XX века общее видовое разнообразие в основных биогеоценозах Аральского моря после 2000 года катастрофически снизилось: в фитопланктоне с 300 до 75 видов, в фитобентосе – с 26-32 до 4 видов, в зоопланктоне – с 25-36 до 4 видов, в зообентосе – с 50-95 до 3 видов. Общее количество видов рыб в рассматриваемом временном периоде снизилось с 22 до 1-2 видов, и в настоящее время в западной части Большого Арала вероятнее всего рыбы отсутствуют. В зоопланктоне практически полностью доминирует рачок артемия (*Artemia parthenogenetica*) – типичный обитатель гипергалинных водоемов, а в зообентосе – личинки двукрылых *Chironomus salinarius*. В фитопланктоне доминировавшие 50-60-х годах XX века диатомея *Actinocyclus ehrenbergii* var. *crassa*, и в 70-80-х годах XX века солоноватоводные диатомеи *Gyrosigma spenceri*, *Rhopalodia gibba* и синезеленые водоросли *Microcystis pulvereae*, *Anabaena bergii* и некоторые другие эвригалинные виды стали постепенно исчезать и в настоящее время заместились мезогалибными видами диатомей, например, *Amphora coffeaeformis*, *Synedra tabulata* и их разновидностями. Приведенные данные красноречиво свидетельствуют о произошедших радикальных изменениях в составе и структуре всех водных биоценозов, характеризующих современный экологический статус Аральского моря как состояние глубокого экологического регресса. Несмотря на очевидный ущерб, нанесенный биологическим системам Аральского моря, резистентность его сообществ в гипергалинной среде оказалась, по-видимому, более высокой, чем предполагалось ранее и в настоящее время Арал пока остается «живым» водоемом со специфической экосистемой [1, 19]. Однако в условиях потепления климата и при сохранении существующей ситуации высыхание водоема и его соленость, а также термо-галинная стратификация будут расти прогрессирующими темпами, что в недалеком будущем неизбежно приведет к угнетению активной биологической жизни в Арале.

Оросительные каналы и коллекторы. Регулярный гидрохимический и гидробиологический мониторинг оросительных каналов и коллекторов, соответствующий масштабу и значимости этого типа экосистем, в Узбекистане отсутствует, в связи с чем существующая экологическая информация по ним ограничена. В бассейне Амударьи средняя минерализация оросительной воды в 1980-1990 годах (то есть в период значительно замедления темпов освоения новых орошаемых земель) в Сурхандарьинском вилояте была 380-520, в Самаркандском вилояте – 240-340, в Кашкадарьинском вилояте – 850-1130, в Бухарском вилояте – 789-1060, в Хорезмском вилояте – 860-1030, в Каракалпакстане – 804-1200 мг/дм³. Ее значения в оросительной воде в основном соответствуют порядку ее значений в питающих реках. Следовательно, пространственные и временные тренды качества оросительной воды можно считать идентичными трендам качества речных вод.

Средняя минерализация коллекторно-дренажных вод изменяется в довольно широком диапазоне: в бассейне Амударьи – от 1,0 (Пянджский ирригационный район) до 7,7 г/дм³ (Каршинский ирригационный район); в бассейне Сырдарьи – от 1,0 (верховья Нарына) до 6,2 г/дм³ (Джизакский массив) [23]. Однако в целом о качестве КДВ по химическому составу судить трудно, так как систематические наблюдения по ним ве-

дуются только выборочно и в основном по минерализации. Определение уровня загрязнения другими ингредиентами не проводится [12].

Оросительные каналы среднего и нижнего течения Амударьи и Сырдарьи, помимо своего основного ирригационного предназначения, являются своеобразными транзитными путями распространения личинок и молоди промысловых видов рыб, но из-за отсутствия рыбозаградительных устройств в ирригационных системах за вегетационный сезон огромное количество молоди погибает на орошаемых полях или в машинных водозаборах, а каналы второго и третьего порядка часто зарастают макрофитами. Все функционирующие каналы пригодны для рыболовства, которое, несмотря на наличие в целом благоприятных физико-географических и гидробиологических условий, в них не организовано [6, 17]. По аналогии с речными экосистемами, на фоне прогрессирующего потепления следует ожидать интенсификацию процессов зарастания и заиления оросительной сети, что особенно будет выражено в каналах второго и третьего порядков. В Узбекистане уже имелся положительный опыт использования растительноядных рыб в качестве биомелиораторов в Голодностепском оросительном канале, дающих при этом хорошую рыбопродуктивность. Актуальность распространения такого опыта на оросительную сеть очевидна. Аналогичные мероприятия также актуальны для обширной дренажной сети, большинство коллекторов которой можно рассматривать как экосистемы с известным промысловым потенциалом, что позволит снизить или остановить интенсивность их зарастания в условиях грядущего потепления и аридизации климата. Однако для этого требуются дополнительные исследования и обоснования.

Водохранилища. Основное число водохранилищ осуществляет сезонное регулирование стока и имеет ирригационное назначение. Крупные, а также часть средних водохранилищ по характеру использования относятся к группе комплексных, предназначенных для решения оросительных, энергетических, рыбохозяйственных задач. Однако орошение остается основным потребителем.

Уровень воды водохранилищ колеблется в широких пределах от нескольких метров на равнинных водохранилищах до десятков и сотен метров – на предгорных и горных. Амплитуда колебаний уровня воды не остается постоянной и от года к году в большой степени определяется их водностью [3, 14]. Например, амплитуда колебания уровня воды изменялась: в Чимкурганском водохранилище – от 8,80 м в многоводном 1969 году до 24,12 м в маловодном 1977 году, при среднем значении сработки 19,64 м; в Каттакурганском водохранилище – от 10,04 м в 1979 году до 21,22 м в 1970 году, при средних значениях 17,04 м (наибольшая сработка характерна для маловодных лет, какими являлись 1970-1976, 1980 и 1982 годы); в Куюмазарском водохранилище – от 7,22 м в 1969 году до 18,35 м в 1967 году, при средних значениях 15,36 м (наибольшая сработка характерна в маловодные 1967, 1970, 1977, 1983 годы); в Тюябугузском водохранилище – от 8,18 м в 1979 году до 28,72 м в 1980 году, при средних значениях 19,46 м. В крайне маловодные и засушливые годы многие водохранилища срабатываются до отметки ниже УМО, как это, например, имело место в Кайракумском водохранилище в маловодном периоде 1974-1978 годов, а в Чарвакском водохранилище в 1982 и 1983 годах.

Отмечается также обратно пропорциональная зависимость в изменении средних значений минерализации в питающих реках и водохранилищах в зависимости от водности года [3, 15], что наиболее выражено в равнинных водохранилищах. Например, в Чарвакском водохранилище средние значения минерализации составляли для многоводного 1979 года – 200, а для маловодного 1982 года – 270 мг/дм³. В Тюябугузском водохранилище средние значения минерализации составляли для многоводного года – 223, а для маловодного года – 428 мг/дм³. В Чимкурганском водохранилище средняя минерализация воды в многоводном 1964 году была 270 мг/дм³, а в маловодные 1963 и 1965 годы она повышалась до 458 мг/дм³. Исследования специалистов Узгидромета [18] также показали, что в крупных равнинных водоемах, расположенных в пустынной зоне, например, ниже Тюямуюнского водохранилища, минерализация возрастает по сравнению с исходным уровнем на 7%. Следовательно, в условиях потепления климата общий вклад крупных равнинных водохранилищ в увеличение минерализации речной и оросительной воды будет возрастать. В условиях потепления климата и увеличения засушливых маловодных лет, сопровождаемых значительной или полной сработкой объемов русловых водохранилищ, возможна также интенсификация процессов выноса в нижние бьефы загрязняющих веществ, депонированных в донных осадках.

В связи с известными внутригодовыми колебаниями уровня воды и периодическим осушением значительной площади дна, что особенно выражено в маловодные годы, водная растительность и связанные с ней фитофильные биоценозы в водохранилищах представлены очень бедно и по развитию донной фауны водохранилища республики относятся к средне- и малопродуктивным водоемам. Рыбопродуктивность водохранилищ Узбекистана, рассчитанная путем деления объема выловленной рыбы на площадь водоема, весьма различна для разных водохранилищ и в целом оценивается как сравнительно низкая. Например, для Андижанского, Чарвакского, Караултепинского, Куюмазарского, Талимарджанского, Учкизилского водохранилищ, предгорных и горных водохранилищ Кашкадарьи рыбопродуктивность находится в диапазоне 1-5, для Каттакурганского, Куюмазарского, Чимкурганского и Южносурханского водохранилищ – в диапазоне 3-22, для

Тудакульского и Шоркульского водохранилищ – в диапазоне 13-32 кг/га [6]. Увеличение повторяемости засушливых маловодных периодов, связанное с прогрессирующим потеплением климата и усиливающаяся, в связи с этим, нестабильность уровня режима водохранилищ, негативно скажутся на формировании их кормовых и рыбных ресурсов, особенно в равнинных водохранилищах.

Пруды – небольшие искусственные водоемы озерного типа, предназначенные в основном для рыбноводных целей, а именно для товарного воспроизводства избранных промысловых видов рыб. Поскольку интенсивное прудовое рыбководство – процесс, постоянно контролируемый и регулируемый, экосистемы прудов менее уязвимы к изменению климатических факторов, по сравнению с крупными водоемами (водохранилищами и ИСО).

Заключение

Климатические факторы оказывают известное влияние на функционирование водных экосистем через изменения поверхностного стока, которые в зависимости от водности лет испытывают существенные колебания. Речной сток в главных речных бассейнах Амударьи и Сырдарьи в маловодные годы (95% обеспеченности) может снижаться в 1,7 раза по сравнению с его средними многолетними значениями и сопровождаться разнонаправленными трендами показателей качества и экологического состояния рек. Это вызывает также изменение в водном балансе сопряженных с реками водных экосистемах и различные негативные последствия, выражающиеся в снижении или потере их экологических и социально-полезных функций, что особенно проявляется в «кризисные» засушливые и маловодные периоды в низовых / замыкающих системах, каковыми в регионе являются дельта Амударьи и ее озерные комплексы, а также Аральское море.

Трансграничность основных рек предопределила противоречивость основных приоритетных требований к использованию их стока в государствах бассейна Аральского моря, расположенных выше и ниже по течению. Кроме того, предыдущая концепция водodelения между государствами практически полностью исключала природоохранный транзитный сток трансграничных рек, обеспечивающий в их низовьях экологическое равновесие и сохранность озерных систем. При этом озерные и дельтовые экосистемы, также как и само Аральское море, фактически были исключены из списка водопотребителей, что привело к усыханию и деградации экосистемы Аральского моря и к экологической нестабильности в дельте.

В целом уровень знаний и информации о трансформации водных и сопряженных с ними экосистем недостаточны, в связи с чем чрезвычайно актуален региональный комплексный мониторинг экосистем, так как экологическая ситуация в бассейне Аральского моря очень динамична и нестабильна.

Таким образом, в условиях сложившегося водного дефицита и прогрессирующей аридизации климата водные экосистемы представляются как весьма уязвимые природно-ландшафтные объекты для сохранения и поддержания экологических и социально-полезных функций, которых требует определенным образом организованная стратегия их управления и меры адаптации, которые должны быть направлены на:

- *развитие политического диалога в управлении трансграничными водными ресурсами*, для обеспечения экологического равновесия и социальных нужд населения в низовьях трансграничных рек и реализации на практике в качестве обычной и обязательной нормы санитарных и экологических попусков;
- *развитие и совершенствование системы комплексного экологического мониторинга водных и сопряженных с ними прибрежных экосистем*, включая инвентаризацию различных типов водных экосистем, возрождение и развитие фонового мониторинга в ЗФС, научные исследования и распространение информации о влиянии климата на состояние водных экосистем;
- *комплексное управление водными экосистемами*, включая, в том числе, комплексные территориальные ведомственные (межведомственные) программы (схемы) управления для отдельных речных бассейнов, для конкретных особо ценных комплексов водных экосистем (дельтовые озера), пилотные проекты, совершенствование норм и правил эксплуатации водных экосистем и отражение базовых экологических положений в водном законодательстве страны, интегрированное управление бассейнами в увязке с земельными ресурсами, горными водосборами и их растительным покровом;
- *создание благоприятных гидрологических условий, обеспечивающих удовлетворительную экологию дельтовых озер и ИСО* должны основываться на следующих отправных моментах, рассматриваемых как необходимые элементы общей адаптационной стратегии: необходимо принять минимальные уровни воды, не допускающие высыхания водоемов; минимальные и максимальные уровни должны контролироваться и должны быть технически обеспечены; колебания уровня воды должны следовать в основном естественному гидрологическому режиму, для обеспечения природных биологических циклов для воспроизводства промыслового потенциала и основных компонентов биоразнообразия водных экосистем.

Список литературы

1. А л а д и н Н. В., К о т о в С. В. Естественное состояние экосистемы Аральского моря и ее изменение при антропогенном воздействии // Гидробиологические проблемы Аральского моря. Труды ЗИН АН СССР. - 1989. - Т. 199. - С. 4-25.
2. А н т о н о в В. И. Водные ресурсы Узбекистана как часть общих водных ресурсов бассейна Аральского моря и их использование в современных условиях и в перспективе // Водные ресурсы, проблемы Арала и окружающая среда. - Ташкент: НУУз, 2000. - С.19-39.
3. А ф а н а с ь е в а Л. И., С и б и р ц е в а Л. К., С а п о ж н и к о в а А. Я. Физико-химический режим водохранилищ бассейна Кашкадарьи // Биологические основы рыбного хозяйства Узбекистана. - Ташкент: ФАН, 1971. - С. 5-24.
4. Б о р о д и н В. Е., Р у з и е в И. Б. Изменение биологического режима водоемов Южного Приаралья с увеличением притока на примере сообществ планктонных водорослей // Труды конференции «Пресная вода». - 1995. - С. 108-110.
5. Б о р о д и н В. Е., Р у з и е в И. Б., Р а х м а н о в Б. А. Влияние водности Амударьи на гидрохимический режим и загрязнение водоемов Южного Приаралья // Труды конференции «Пресная вода». - 1995. - С. 111-115.
6. В о д о е м ы Узбекистана (без Каракалпакии) и их рыбохозяйственное значение / Под ред. Г. К. Камилова. - Ташкент: НУУз, 1994, Кн. 1. - 135 с., Кн. 2. - 135 с.
7. Д у х о в н ы й В. А. Передовые тенденции в управлении водными ресурсами современного мира применительно к Центральной Азии // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Материалы Центральноазиатской Международной научно-практической конференции, Алматы, 5-8 мая 2003 г. - Алматы-Ташкент, 2003. - С.8-18.
8. З е н к е в и ч Л. А. Биология морей СССР. - М.: АЕ СССР, 1963. - 739 с.
9. К а р п е в и ч А. Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 432 с.
10. К р е й ц б е р г - М у х и н а Е. А., М и р а б д у л л а е в И. М., Т а л ь с к и х В. Н. Основные результаты экологического мониторинга ветланда Судочье // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Материалы Центральноазиатской Международной научно-практической конференции, Алматы, 5-8 мая 2003 г. - Алматы-Ташкент, 2003. - С. 355-363.
11. К у с т а р е в а Л. А. Экологические проблемы озера Сары-Челек // Экология Кыргызстана: проблемы, прогнозы, рекомендации. - Бишкек: Илим, 2000. - С. 86-89.
12. Н а ц и о н а л ь н ы й доклад о состоянии окружающей природной среды и использовании природных ресурсов Республики Узбекистан (2005 г.). - Ташкент: Государственный комитет Республики Узбекистан по охране природы, 2006.
13. Н и к и т и н А. М. Озера Средней Азии. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 106 с.
14. Н и к и т и н А. М. Водохранилища Средней Азии. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 165 с.
15. Н у р б а е в Д. Д. Реакция горных озер бассейна Аральского моря на долгосрочные изменения климата // Проблемы охраны водных ресурсов и окружающей среды: Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции, Ташкент, 16-18 мая 2000 г. - Ташкент: НИЦ МКВК, 2000. - С. 107-111.
16. О ц е н к а состояния коллекторов и озер правобережья Амударьи / Горелкин Н. Е., Горшков Н. И., Нурбаев Д. Д., Тальских В. Н. // Проблемы освоения пустынь. - 2002. - № 2. - С. 49-57.
17. О ц е н к а состояния первично искусственных гидроэкосистем Узбекистана с целью разработки экологических требований и совершенствования их системы эксплуатации / Каримов Б.К., Холматов Н.М., Юлдашев М., Мусаева А., Курамбаева М.Б. // Проблемы охраны водных ресурсов и окружающей среды: Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции, Ташкент, 16-18 мая 2000 г. - Ташкент: НИЦ МКВК, 2000. - С. 38-41.
18. Р у б и н о в а Ф. Э., К у р о п а т к а Л. М. Влияние русловых водохранилищ на гидрохимический режим рек Средней Азии // Труды САНИГМИ. - 1998. - Вып. 153 (234). - С.
19. С о в р е м е н н о е гидрофизическое и гидробиологическое состояние западной части Аральского моря / Завьялов П.О., Костяной А.Г., Сапожников М.А., Щеглов В.М., Хан В.М., Ни А.А., Кудышкин Т.В., Пинхасов Б.И., Ишниязов Д., Петров М.А., Курбаниязов А.К., Абдуллаев У.Р. // Океанология. - 2003. - Т. 43. - № 2. - С. 316-319.
20. Т а л ь с к и х В. Н. Исследования перифитона и зообентоса в озерах ветланда Судочье: основные результаты и извлеченные уроки // Экологическая устойчивость и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря: Материалы Центральноазиатской Международной научно-практической конференции, Алматы, 5-8 мая 2003 г. - Алматы-Ташкент, 2003. - С. 369-375.
21. Т а л ь с к и х В. Н. Предварительные результаты комплексных экспедиционных исследований биогидроценозов озерно-речного комплекса Сары-Челекского заповедника и прилегающей территории // Труды заповедников Кыргызстана. - Бишкек, 2005. - С. 68-84.
22. Х у с а и н о в а Н. З. Биологические особенности некоторых массовых донных кормовых беспозвоночных Аральского моря. - Алма-Ата: КГУ, 1958. - 116 с.
23. Ч е м б а р и с о в Э.И., Л е с н и к Т. Ю., Р а н н е в а М. В. Дренажные воды орошаемых территорий Узбекистана и их экологическая роль в изменении природных комплексов // Проблемы охраны водных ресурсов и окружающей среды: Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции, Ташкент, 16-18 мая 2000 г. - Ташкент: НИЦ МКВК, 2000. - С. 68-71.
24. Ч у б В. Е., Т о р я н н и к о в а Р. В., Т а л ь с к и х В. Н. Оптимизация системы мониторинга качества поверхностных вод в бассейне Аральского моря // Труды САНИГМИ. - 1998. - Вып. 155(236). - С. 5-18.
25. Ч у б В. Е., Р у б и н о в а Ф. Э. Минерализация и ионный состав речных вод бассейна Аральского моря // Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. - Ташкент: НУУз, 2002. - С. 3-21.
26. S u c c e s s i o n of the ecosystems of the Aral Sea during its transition from oligohaline to polyhaline waterbody / Mirabdullaev I.M., Joldasova I.M., Mustafaeva Z.A., Kaxakhbaev S., Lyubimova S.A., Tashmukhamedov B.A. // J. Marine Syst. - 2004. - V.47. - № 1-4. - P. 101-107.
27. T h e e c o n o m i c potential of fish of Delta zone of the Amudarya Riva and problems of its sustainable development / Joldasova I., Pavlovskaya L., Lyubimova S., Urasinbetova B., Temirbekov R. - Towards Rational Water and Landuse Management in the Northern Amudarya Delta Region. Intas Project Meeting, Nukus - 2002. - P. 17-19.
28. T h e P r o m i s e for Freshwater Biodiversity Conservation in Central Asia: Focus on Aral Sea Basin / Kreuzberg E., Gorelkin N., Kreuzberg A., Talskikh V., Bykova E., Aparin V., Mirabdullaev I., Toryannikova R. - The conservation and Sustainable Use of Freshwater Resources in West Asia, Central Asia and North Africa. IUCN WESCAN, Amman, 2005. - P. 30-45.