

ПОЧЕМУ ОБМЕЛЕЛО АРАЛЬСКОЕ МОРЕ

В. Н. МИХАЙЛОВ

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова

ВВЕДЕНИЕ

Аральское море - второй по величине после Каспия бессточный водоем на Земле. Арал не связан с океаном и поэтому является не морем, а озером. Морем его называют благодаря огромным размерам и режиму, сходному с морским.

Совсем недавно Аральское море славилось рыбными запасами. Дельты рек Амударьи и Сырдарьи были своеобразными зелеными оазисами среди пустыни. Природные богатства дельт составляли густые заросли тростника, тугайные леса, озера, богатые рыбой, водоплавающей птицей и ондатрой, сенокосные угодья, пастбища и орошаемые земли.

В первой половине XX века режим Аральского моря был довольно устойчив. Водоем получал регулярное питание водой впадающих в него Амударьи и Сырдарьи. Уровень моря был почти стабилен. Мы не случайно говорим о природных богатствах Аральского моря в прошедшем времени. За последние десятилетия в природе Арала и условиях жизни населения на его берегах произошли катастрофические изменения. С 1961 года уровень Арала начал быстро падать и водоем стал усыхать (рис. 1). При жизни практически одного поколения произошла крупнейшая на Земле экологическая катастрофа.

Режим Арала до середины 80-х годов находился под пристальным наблюдением специалистов и был довольно хорошо изучен [1-5]. В последнее время данных об изменениях природных условий Арала стало поступать значительно меньше.

ЧТО ПРОИЗОШЛО С АРАЛОМ

В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Начиная с 1961 года уровень Аральского моря стал понижаться (рис. 2), причем падение уровня шло с ускорением. За 1961-1970 годы уровень моря понизился на 2,0 м, средняя интенсивность этого понижения была 20 см/год. В 1971-1980 и 1981-1990 годах уровень упал соответственно на 5,7 и 7,2 м, средняя интенсивность его падения увеличилась до 57 и 72 см в год. В отдельные годы уровень снижался более чем на 1 м.

С 1961 по 1990 год уровень Аральского моря снизился на 14,8 м. Одновременно значительно сократились объем воды в Арале (с 1093 до 330 км³, то есть на 763 км³, или более чем в три раза) и площадь водоема (с 68

500 до 36 500 км², то есть на 32 000 км², или почти вдвое) (табл. 1). Средняя глубина уменьшилась с 16,0 до 9,0 м. К 1995 году уровень водоема упал еще приблизительно на 2 м. Таким образом, за 35 лет уровень Арала снизился почти на 17 м.

По мере снижения уровня Аральское море быстро изменяло свои привычные очертания (см. рис. 1). Береговая линия выдвинулась в водоем и выровнялась, некоторые острова причленились к берегу, многие заливы высохли.

В 1988-1989 годах Аральское море разделилось на две части: меньшую северную - Малое море (или Малый Арал), куда поступал небольшой сток Сырдарьи, и большую южную - Большое море (или Большой Арал), питающееся водой Амударьи.

Как видно на космических снимках за 1989 и 1996 годы (см. рис. 1), в последнее время площадь Малого моря изменилась незначительно. Это говорит о том, что его уровень стабилизировался. Площадь Большого моря продолжала уменьшаться. Пролив Берга, соединявший ранее Малое и Большое моря, превратился в небольшой, но достаточно длинный проток, по которому излишки воды из Малого сбрасывались в Большое море.

О НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ПРИЧИНЕ

ПАДЕНИЯ УРОВНЯ АРАЛА

Непосредственная физическая причина снижения уровня Аральского моря - это нарушение водного баланса водоема: превышение расхода воды над приходом.

Запишем уравнение водного баланса Арала для некоторого интервала времени Dt в виде

$$Y + X - Z = Y - Z_{в.и} = DV,$$

где Y , X и Z - соответственно средние годовые значения стока рек (Амударьи и Сырдарьи), атмосферных осадков на поверхность моря, испарения с его поверхности; $Z_{в.и}$ - так называемое видимое испарение (разница между испарением и осадками, которая в условиях засушливого климата Приаралья всегда положительна); DV - изменение объема вод в море за тот же интервал времени. Размерность составляющих уравнения - км³ в год.

Из уравнения (1) следует, что если сток вместе с осадками меньше испарения ($Y + X < Z$) или (что то же самое) сток меньше видимого испарения ($Y < Z_{в.и}$), то объем воды в водоеме должен уменьшаться ($DV < 0$). При соотношении $Y + X > Z$ (или $Y > Z_{в.и}$) объем воды должен увеличиваться ($DV > 0$).

Поскольку объем воды V , площадь поверхности водоема F и высота стояния уровня H жестко связаны друг с другом, то по рассчитанному изменению

объема воды DV можно легко определить соответствующие изменения площади водоема и его уровня.

Данные о водном балансе Аральского моря в период, когда оно еще окончательно не разделилось на две самостоятельные части, приведены в табл. 2. Пересчет изменений объема воды в море DV (в км³) в приращение уровня DH (в см) в табл. 2 вели по формуле $DH = kDV / F$, где F - площадь моря (в км²) при данном диапазоне изменения уровня, k - коэффициент, равный 105. По аналогичным формулам рассчитаны и отнесены к площади моря слои стока, осадков, испарения, выраженные в см/год.

До 1961 года водный баланс Аральского моря был близок к установившемуся, то есть в среднем приход и расход воды были одинаковыми. После 1961 года потери воды на испарение с поверхности моря стали превышать приход воды - сумму речного стока и осадков. Это привело к уменьшению объема воды в водоеме и падению его уровня. Превышение расхода воды над приходом нарастало, что вызывало ускоренное сокращение объема моря и понижение его уровня, особенно в 70-80-е годы (рис. 2).

Начиная с 1989 года Аральское море разделилось на Малое и Большое. Между этими водоемами установился односторонний переток вод через пролив Берга из Малого в Большой Арал. Поэтому для последнего десятилетия уравнение водного баланса (1) для всего Аральского моря должно быть заменено на два уравнения:

для Малого моря

$$Y_{CD} + X_M - Z_M - Y_{пер} = DVM ;$$

для Большого моря

$$Y_{AD} + X_B - Z_B + Y_{пер} = DVБ ,$$

где Y_{CD} и Y_{AD} - годовой сток Сырдарьи и Амударьи, X и Z - осадки и испарение, $Y_{пер}$ - переток из Малого моря в Большое, DV - изменение объема водоема. Индексы M и B относятся соответственно к Малому и Большому Аралу. В уравнениях (2) и (3) $Z_M - X_M$ и $Z_B - X_B$ могут быть аналогично (1) заменены на соответствующие величины видимого испарения и Единицы измерения в уравнении - км³ в год.

Данные о водном балансе отдельно Малого и Большого моря приведены в табл. 3. Эти сведения приближенные, поскольку данных для оценки реальных изменений состояния моря в последние годы недостаточно. Тем не менее данные табл. 3 показывают, что в период с 1988 по 1994 год водный баланс и, следовательно, уровень Малого моря в целом стабилизировались. В Большом море продолжались уменьшение объема воды и снижение уровня. Анализ данных о водном балансе Арала (табл. 2 и 3) позволяет сделать важный вывод: главная причина изменения водного баланса Арала (а также его

объема, площади поверхности и уровня) заключается в уменьшении речного стока.

ПОЧЕМУ СОКРАТИЛСЯ РЕЧНОЙ СТОК В АРАЛ

Естественные водные ресурсы бассейнов Амударьи и Сырдарьи в зоне формирования стока, то есть в высокогорных районах Памира и Тянь-Шаня, оцениваются примерно в 75 и 37 км³/год соответственно (всего около 112 км³/год). К устьям рек объемы стока вследствие потерь на испарение и инфильтрацию уменьшались в естественных условиях приблизительно наполовину, и в Аральское море в среднем поступало 50-60 км³/год [1, 2, 5, 7]. За 1911-1960 годы суммарный сток Амударьи и Сырдарьи в Арал составлял в среднем 56 км³/год (см. табл. 2). На долю Амударьи приходилось в среднем 46, а Сырдарьи - 10 км³/год. Этот объем речного стока был достаточным, чтобы поддерживать уровень Арала в первой половине XX века в относительно стабильном положении на отметках около 53 м абс.

С начала 60-х годов текущего столетия положение радикально изменилось: поступление речного стока к Аральскому морю стало быстро сокращаться. Большинство исследователей полагают [1-3, 7], что уменьшение притока вод к Аралу объясняется на 20% естественным маловодьем, а на 80% антропогенным фактором - безвозвратным изъятием стока на орошение. В последнее время появилась еще одна гипотеза сокращения речного стока в Арал: увеличение инфильтрационных потерь в руслах Амударьи и Сырдарьи, вызванных землетрясениями, особенно сильными в 1981-1988 годах [4].

Основным потребителем водных ресурсов Амударьи и Сырдарьи явилось орошаемое земледелие. Площадь орошаемых земель возросла во второй половине XX века почти в два раза и составила около 6 млн га. Но на рост безвозвратных потерь стока рек повлияло не только расширение площадей орошения, но и увеличение интенсивности самого орошения. Большую роль в этом сыграло сооружение крупных оросительных каналов, например Каракумского, Большого Ферганского. Забор воды резко возрос в 60-70-е годы. Важную роль сыграли дополнительные потери воды на испарение с поверхности многочисленных водохранилищ, построенных в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. На сокращении стока Амударьи и Сырдарьи сказались также нерациональное и неэкономное использование воды, нарушение норм полива.

Величины безвозвратного изъятия стока в бассейне Аральского моря неуклонно возрастали. К 1980 году естественные водные ресурсы Амударьи и Сырдарьи в устьях были использованы соответственно на 65 и 82%. Начиная с 1990 года по прогнозам эти цифры должны были возрасти соответственно до 87 и 90%.

Как показано на рис. 2, водный сток рек в Аральское море на протяжении последних 25-30 лет неуклонно снижался. Исключение составил лишь очень

многоводный 1969 год. В 70-80-е годы сокращению стока в Арал способствовало естественное маловодье этих лет. Сток в море несколько возрос в относительно многоводные 90-е годы.

Начиная с 1982 года сброс воды Амударьи в Аральское море по основному руслу был прекращен: у кишлака Кызылджар была построена глухая насыпная плотина. Весь поступающий в дельту остаточный речной сток стал направляться на орошение территорий левобережья и обводнение осохших водоемов дельты. Незначительная часть воды по небольшим протокам и через систему озер поступала в море. Приток к морю в 1982, 1983, 1985 и 1986 годах полностью отсутствовал. В последующие относительно многоводные годы (например, в 1987-1988, 1990-1994) часть амударьинского стока все же попадала в Арал (см. рис. 2).

С 1974 года вследствие практически полного хозяйственного использования вод Сырдарьи и перекрытия основного русла реки в пределах дельты несколькими глухими насыпными плотинами сток воды в море почти прекратился. Незначительное количество воды, сбрасываемое в дельту Казалинским гидроузлом, использовалось на обводнение водоемов дельты. В 1982-1987 годах сток Сырдарьи в Арал полностью отсутствовал. В море вода попадала в небольших объемах лишь в относительно многоводные годы, например в 1988-1994.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

УСЫХАНИЯ АРАЛА

Изменение берегов и дна водоема. Большая часть осохшего бывшего дна Аральского моря превратилась в солончаки, которые постепенно осваиваются растительностью, характерной для солончаковых пустынь. Вблизи прежних берегов моря возникли эоловые формы рельефа. Дельты Амударьи и Сырдарьи практически полностью высохли, утратив уникальные природные особенности.

Изменение свойств самого водоема. В последние десятилетия в водной толще Арала произошли следующие изменения.

1. Существенно возросла соленость воды. Если до 1961 года средняя соленость вод Арала S составляла около 10 г/кг (10д), то к 1990 году она возросла до 30д (см. рис. 2), а к 1995 году, по-видимому, до 33-35д. Водоем изменил свой гидрохимический класс, превратившись за короткое время из солоноватого ($S < 24,7д$) в соленый ($S > 24,7д$).

2. Изменился солевой состав вод. По мере увеличения солености воды и частичного осаждения карбонатов кальция уменьшилось относительное содержание кальция, магния, сульфатов и заметно возросло относительное содержание ионов хлора, натрия и калия.

3. Изменился термический режим водоема. В связи с увеличением солености снизилась температура замерзания (вплоть до $-1,5$ - $-2,0^{\circ}\text{C}$) и соответственно температура воды зимой. Одновременно с уменьшением глубин и объема воды возросла температура воды весной (на $1-1,5^{\circ}\text{C}$) и летом (на $0,5^{\circ}\text{C}$).

4. Ледовый режим стал более суровым. Водоем теперь замерзает быстрее и на несколько дней раньше, таяние льда начинается позже и проходит за более длительный период.

5. Нарушилась экосистема водоема. Необратимые изменения экосистемы Арала проявились в сокращении численности микроорганизмов, изменении их видового состава, уменьшении в 5-6 раз биомассы фито- и зоопланктона, резком ухудшении кормовой базы, условий нереста, обитания и воспроизводства рыбного стада, резком сокращении рыбных запасов.

Изменение природной среды Приаралья. К основным последствиям усыхания Арала относят:

- 1) ухудшение режима влажности воздуха и уменьшение влагосодержания в нижнем слое атмосферы;
- 2) возрастание повторяемости ранних заморозков;
- 3) увеличение повторяемости пыльных бурь, усиление выноса песка и солей с высохшей части моря;
- 4) прогрессирующее опустынивание Приаралья.

ВОЗМОЖНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

РЕЖИМА АРАЛА В БУДУЩЕМ

Изменение режима обеих частей Арала - Малого и Большого морей - в будущем будет зависеть от величины поступающего в них речного стока, а также от возможных местных гидротехнических мероприятий по регулированию их режима.

По различным прогнозам [1-3, 5, 6], уровень Малого моря может изменяться в пределах 35-40 м абс. при колебаниях стока Сырдарьи в диапазоне $0,5-2$ км³/год. Возможна (как естественная, так и искусственная) полная изоляция Малого моря от Большого. При недостатке речного стока этот водоем ждет прогрессирующее усыхание и осолонение.

Уровень равновесия (когда приход воды сравнивается с расходом) в Большом море при стоке Амударьи $19,5$ км³/год будет равен 33,2 м абс. [1, 2], при меньшем стоке уровень равновесия еще ниже. Поскольку сток Амударьи в море вряд ли удастся поддерживать в достаточных объемах, уровень Большого моря будет продолжать снижаться. При уровне около 30 м абс. Большое море разделится на две части: меньшую по площади и более

глубокую западную и большую, но мелководную восточную. При малом стоке Амударьи уровень в западной части может понизиться до отметки 20 м абс. и ниже. Снижение уровня и уменьшение объема Большого моря и его частей будут сопровождаться быстрым осолонением воды, сначала до 40-50д, а потом и до больших значений. При малом речном стоке восточная часть Большого моря высохнет, а западная превратится в небольшой высокосоленый водоем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За 40 лет в результате расточительного использования водных ресурсов в бассейнах рек уникальный, ценнейший в экологическом и экономическом отношении Арал обмелел и практически утратил свое рыбохозяйственное, транспортное и рекреационное значение. Усыхающий водоем оказывает отрицательное влияние на природные, социально-экономические, санитарно-эпидемиологические условия окружающих территорий. Возникли серьезные проблемы с трудоустройством и переселением значительной части населения прибрежных районов. Негативные процессы в самом Арале и Приаралье продолжают развиваться и усиливаться. Прогнозы в этом отношении весьма неблагоприятны.

Восстановить Аральское море в прежнем виде невозможно. В настоящее время возможна лишь стабилизация режима Арала при уровнях, близких к современным. Для этого надо либо существенно сократить потери воды в бассейнах рек, что потребует крупномасштабной реконструкции оросительных и дренажных систем, либо осуществить местные гидротехнические меры по регулированию режима самого водоема. Среди наиболее реальных мер рассматриваются следующие: сохранение Малого моря с подачей сырдарьинской воды в объеме 3-5 км³/год и регулируемым сбросом вод в Большое море; сохранение водоема в западной части Большого моря на отметках 31-32 м абс. с подачей амударьинской воды в объеме 8-10 км³/год; обвалование и восстановление водоемов в некоторых бывших заливах на юге моря и в дельте Амударьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортник В.Н., Кукса В.И., Цыцарин А.Г. Современное состояние и возможное будущее Аральского моря // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1991. № 4. С. 62-68.
2. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1990. Т. 7: Аральское море. 195 с.
3. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н. Чичасова. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 277 с.
4. Кривошей М.И. Арал и Каспий: (Причины катастрофы). СПб., 1997. 130 с.

5. Кукса В.И. Южные моря (Аральское, Каспийское, Азовское и Черное) в условиях антропогенного стресса. СПб.: Гидрометеоздат, 1994. 319 с.
6. Шиварева С.П., Смердов Б.А. О моделировании уровней Аральского моря и его частей на перспективу // Гидрометеорология и экология. 1996. № 3. С. 96-115.
7. Шикломанов И.А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 334 с.
8. Космические методы геоэкологии / Под ред. В.И. Кравцовой. М., 1998. 108 л.

* * *

Вадим Николаевич Михайлов, доктор географических наук, профессор кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ, заслуженный деятель науки Российской Федерации, действительный член Академии водохозяйственных наук. Область научных интересов - гидрология и водные ресурсы, взаимодействие рек и морей, дельты и эстуарии, гидроэкология. Автор и соавтор более 240 научных работ, в том числе десяти монографий, двух учебников, четырех научно-методических руководств.