

# Каким может быть будущее Аральского моря?

Н.В.Аладин<sup>1</sup>, З.К.Ермаханов<sup>2</sup>, Ф.Миклин<sup>3</sup>, И.С.Плотников<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Зоологический институт РАН (Санкт-Петербург, Россия)

<sup>2</sup>Аральский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (Аральск, Казахстан)

<sup>3</sup>Западно-Мичиганский университет (Каламазу, США)

В прошлом Аральское море, расположенное в пустынной зоне Средней Азии на территории Казахстана и Узбекистана, было вторым по величине континентальным бессточным соленым водоемом после Каспия. В Арал впадают только две реки — Сырдарья и Амударья, которые служат для него главным источником воды. С 1960 г. началось высыхание Аральского моря. Это произошло из-за резкого сокращения речного стока в результате возрастающего забора воды на орошение. Образовавшийся дефицит водного баланса привел к быстрому падению уровня моря, сокращению его площади и росту солености. В обозримом будущем возвращение Арала к его первоначальному состоянию крайне маловероятно. Даже если увеличить среднегодовой речной сток до прежнего, то полное восстановления озера займет примерно 100 лет. Однако возможно частичное сохранение остаточных водоемов. Предполагается продолжить восстановление Малого Арала. Существует план поднять уровень воды в одной из его частей — заливе Большой Сарычеганак. Для этого нужно построить в горле залива плотину и проложить канал для подачи воды из Сырдарьи. Альтернативой этому варианту может стать реконструкция Кокаральской плотины. Если же удастся увеличить сток Амударьи и перенаправить его в Западный Большой Арал, то и этот водоем еще может сохраниться.

**Ключевые слова:** Аральское море, Амударья, Сырдарья, соленость, водный баланс, фауна.

**П**роблемы Аральского моря получили широкую международную известность в годы перестройки. Именно тогда стало ясно, что одно из крупнейших соленых озер высыхает и осолоняется из-за того, что воды впадающих в него рек — Амударьи и Сырдарьи — разбираются на орошение и только небольшая их часть доходит до озера. В 1988 г. благодаря давлению общественности была проведена экспедиция «Арал-88», которую возглавил С.П.Залыгин. Вскоре после этого было принято постановление ЦК КПСС №1110 по сохранению Арала.

В 1992 г., уже после распада СССР, усилиями пяти центральноазиатских стран (Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана) был создан специальный орган по управлению водными ресурсами — Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия. В 1993 г. появился Международный фонд спасения Арала (МФСА), учредителями которого стали те же пять государств. Основные задачи фонда включали финансирование совместных практических действий, программ и проектов, направленных на экологическое оздоровление бассейна Аральского моря и улучшение социально-экономического положения населения. Первым президентом МФСА стал президент Казахстана Н.А.Назарбаев, который обратился к международному

сообществу и странам-донорам с просьбой оказать помощь в преодолении последствий экологической катастрофы. Данное обращение не осталось без отклика.

На протяжении многих веков Аральское море оставалось почти неизученным. Его полноценное исследование стало возможным и началось только в середине XIX в., с присоединением региона к Российской империи. В 1848–1849 г. на Арале под руководством лейтенанта А.И.Бутакова работала военно-морская экспедиция, занимавшаяся описанием всего моря. По материалам выполненных съемок и промеров впервые была составлена и в 1850 г. издана достоверная карта. Появилось первое описание моря, собраны геологические и биологические коллекции [1].

В дальнейшем вклад в изучение Аральского моря внесло немало число исследователей, многие из которых были так или иначе связаны с Зоологическим институтом РАН. Первым из таких ученых стал Л.С.Берг (1876–1950), зоолог и географ, член-корреспондент (1928) и действительный член (1946) АН СССР, президент Географического общества СССР (1940–1950). Он внес самый значительный вклад в изучение Арала. По поручению Туркестанского отдела Императорского Русского географического общества в 1900–1902 и 1906 гг. в рамках программы изучения озер Туркестана Берг выполнил комплексное исследование Аральского моря. Весь объем полученных сведе-

ний был обобщен в фундаментальном труде «Аральское море. Опыт физико-географической монографии», вышедшем в свет в 1908 г. [1]. Эта книга и в настоящее время сохраняет ценность для всех исследователей Арала. В 1904–1913 гг. Берг был заведующим отделом рыб Зоологического музея. В 1925 г. он снова работал на Арале. С 1934 г. и до конца свой жизни Лев Семенович заведовал в Зоологическом институте лабораторией ископаемых рыб.

В обработке собранных Бергом коллекций участвовали и другие ученые. В их числе был зоолог и гидробиолог С.А.Зернов (1871–1945) — академик (1931), директор Зоологического института (1931–1942). Он обработал и опубликовал материалы по зоопланктону Аральского моря [1].

Очередной этап в изучении моря был связан с именем гидробиолога и ихтиолога, профессора А.Л.Бенинга (1890–1943). Под его руководством в 1932 и 1933 гг. были выполнены широкомасштабные комплексные исследования Арала. С 1934 г. Бенинг работал в Зоологическом институте старшим зоологом.

В 1960-е годы сотрудники института Л.А.Кутикова, Ю.В.Мамкаев и Я.И.Старобогатов участвовали в специальных фаунистических исследованиях на Арале. Результаты этих работ были отражены в изданном в 1974 г. Атласе беспозвоночных Аральского моря.

В 1970–1980-х годах Н.В.Аладин, один из авторов настоящей статьи, исследовал фауну ракообразных Аральского моря, а также особенности их осморегуляции и соленостную толерантность. Под его руководством в 1989 г. в институте была организована лаборатория солоноватоводной гидробиологии. Ее первоочередной задачей стало изучение современного состояния Аральского моря и его биоты, а также поиск возможных путей спасения этого многострадального озера. Во время полевых работ сотрудники лаборатории производили сбор зообентоса и зоопланктона, включая протозоопланктон. Были получены новые данные по малоизученной фауне инфузорий. Собирали и матери-



**Николай Васильевич Аладин**, доктор биологических наук, заведующий лабораторией Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Область научных интересов — природные процессы на Аральском море и других соленых континентальных водоемах, зоология, гидробиология, палеолимнология и палеонтология.



**Зауалхан Кенжегалиевич Ермаханов**, директор Аральского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (Аральск, Казахстан). Занимается изучением ихтиологии, природных условий Аральского моря.



**Филип Миклин (Philip Micklin)**, профессор Западно-Мичиганского университета (Каламазу, США). Научные интересы связаны с географией и гидрологией.



**Игорь Светозарович Плотников**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Зоологического института РАН. Специалист в области зоологии, гидробиологии, палеолимнологии Аральского моря и других соленых водоемов суши.

ал из танатоценозов, чтобы проследить изменения в фауне ракушковых ракообразных по мере роста солености. Исследовались высшая водная растительность, фитопланктон, первичная продукция и солеустойчивость некоторых беспозвоночных. Изучалась гидрология Аральского моря, в том числе с использованием методов математического моделирования. Во время экспедиций проводились специальные палеолимнологические исследования.

В 2009 г. по инициативе и при участии лаборатории солоноватоводной гидробиологии была организована международная конференция «Арал: прошлое, настоящее и будущее. Два века исследований Аральского моря».

Зоологический институт и лаборатория солоноватоводной гидробиологии регулярно поднимают вопросы сохранения и восстановления биоразнообразия и биоресурсов Аральского моря на различных международных форумах и конференциях. Так, в 2017 г. при поддержке Секретариата Межпарламентской ассамблеи СНГ в рамках VIII Невского международного экологического конгресса был организован специальный круглый стол «Современные проблемы и возможное будущее Аральского моря».

В прошлом Аральское море было вторым по величине после Каспия континентальным бессточным соленым водоемом. По площади водного зеркала оно уступало только Каспийскому морю, Великим Американским озерам и оз.Виктория. Арал расположен в пустынной зоне Средней Азии — в Туранской низменности, у восточной кромки плато Устюрт, на территории Казахстана и Узбекистана. Северный и западный берега озера — в основном высокие и обрывистые, южный и восточный — низкие. В Арал впадают только две реки — Сырдарья на северо-востоке и Амударья на юге. Площадь водосборного бассейна озера превышает 2 млн км<sup>2</sup> [2].

В Аральском море выделяются две главные части: меньшая северная — Малое море (Малый Арал) и большая южная — Большое море (Большой

Арал). В прошлом их разделял о.Кокарал, а связывали два пролива: на западе острова — узкий и мелководный Аузы-Кокарал, а на востоке — широкий и глубокий пролив Берга. Большой и Малый Арал, в свою очередь, включают в себя по несколько меньших котловин. При такой морфологии впадины [2] снижение уровня воды привело к превращению прежде единого озера в группу остаточных водоемов, часть которых может в дальнейшем полностью высохнуть.

На протяжении нескольких веков, вплоть до 1960-х годов, состояние Аральского моря оставалось условно-стабильным. В конце 1950-х его уровень находился на отметке +53.4 м над ур.м., площадь достигала 67499 км<sup>2</sup> при объеме воды 1089 км<sup>3</sup> и средней глубине 16.1 м [2]. Площадь Малого Арала составляла 6118 км<sup>2</sup>, объем — 82 км<sup>3</sup>, средняя глубина — 13.5 м, максимальная — 29.5 м. В нем выделялись три крупных залива (Шевченко, Бутакова, Большой Сарычеганак) и несколько небольших. Площадь Большого Арала составляла 61381 км<sup>2</sup>, объем — 1007 км<sup>3</sup>, средняя глубина — 16.5 м. Тянувшаяся с юга на север подводная гряда делит Большой Арал на глубоководную желобообразную западную часть, наибольшая глубина которой достигала 69 м, и обширный восточный бассейн с максимальной глубиной 28 м. Большой Арал включал в себя несколько крупных заливов — Тше-Бас, Чернышева, Аджибай, Муйнакский и Джылтырбас.

Аральское море было солоноватоводным водоемом со средней солёностью вод 10.3‰. Его воды сильно метаморфизированы — их солевой состав существенно отличается от океанического. Доля двухвалентных ионов (гидрокарбонатов, кальция, магния и сульфатов) существенно повышена относительно одновалентных (натрия и хлора). Это обусловлено солевым составом слабоминерализованных вод впадающих в него рек, где доля двухвалентных ионов тоже повышена [2].

Объем воды в Аральском море и, соответственно, его уровень и площадь определяются водным балансом. Его приходная составляющая складывается из речного стока, атмосферных осадков, а также притока подземных вод, а расходная — из испарения с поверхности водного зеркала и фильтрации вод в берега и дно [2–5].

Главный источник воды для Аральского моря — это сток Амударьи и Сырдарьи. Он целиком формируется в горах, на Тянь-Шане и Памире. Обе реки имеют снеглоледниковое питание, и их водные ресурсы оцениваются примерно в 75 и 37 км<sup>3</sup>/год соответственно. Объем достигающего моря речного стока зависит от запасов воды и снега в горах к началу снеготаяния, потерь на равнинном участке из-за испарения и фильтрации, а также безвозвратного изъятия речной воды, главным образом на нужды орошаемого земледелия. В 1911–1960 гг. суммарный речной сток в Арал в среднем составлял 56 км<sup>3</sup>/год или, если отнести его к площади поверхности моря, — 84.7 см. Количество выпадаю-



Аральское море до 1960-х годов.

щих на поверхность Аральского моря атмосферных осадков невелико. В период 1911–1960 гг. в среднем за год оно составляло всего лишь 13,8 см. Надежных данных о подземном стоке нет, но большинство исследователей считает, что он невелик, и при расчете водного баланса его не учитывают. Испарение с поверхности Арала многократно превышает количество выпадающих атмосферных осадков. В 1911–1960 гг. оно составляло в среднем 100 см/год. Фильтрация вод моря в грунт, по существующим оценкам, невелика [2].

Уровень Аральского моря никогда не оставался стабильным. Он испытывает колебания различной периодичности. Природа многовековых, вековых и многолетних циклов изменения уровня связана с соответствующими циклами изменения стока Амударьи и Сырдарьи. Сезонные колебания уровня вызываются изменениями соотношений между составляющими водного баланса. В 1911–1960 гг. сохранялось примерное равновесие, и многолетние колебания среднегодового уровня Аральского моря около отметки +53 м не превышали 1 м при сезонных колебаниях в пределах 0,25–0,35 м [2].

Влияние на речной сток оказывали и земледельческие цивилизации, ведь уже с древности бассейны Амударьи и Сырдарьи были районами развитого орошаемого земледелия. Оно возникло на Амударье около 3 тыс. лет до н.э., а к античному времени (IV в. до н.э. — IV в. н.э.) ирригация была широко распространена уже на обеих реках [6].

Фауна свободноживущих беспозвоночных Аральского моря насчитывала не менее 200 видов, некоторые из которых были вселены людьми специально или случайно. Преобладали виды, населяющие также пресные воды. Кроме них в Арале жили морские виды, представители солоноватоводной каспийской фауны и виды, характерные для фауны осолоненных континентальных водоемов аридной зоны [7–10]. Ихтиофауна Арала была представлена 32 видами, из которых 18 — аборигенные пресноводные, а остальные 14 (как пресноводные, так и морские) — были вселены человеком в XX в. Все виды рыб, имевшие значение как объекты рыболовства, были пресноводными [11, 12].

На Арале развивалось промышленное рыболовство. Море служило важной региональной транспортной артерией. В дельтах рек были развиты земледелие и животноводство, охота и звероловный промысел, в больших объемах велась заготовка тростника [4, 13].

## Современное высыхание Аральского моря и его последствия

За свою историю Арал пережил не одну регрессию. Временами его уровень значительно снижался и оставался низким на протяжении нескольких столетий. Все прошлые регрессии, кроме современной, становились результатом частичного или даже полного поворота Амударьи от Арала на запад в Каспийское море по ее древнему руслу — Узбою. По прошествии времени река возвращалась обратно в Арал, и он восстанавливался. Первоначально Амударья меняла направление по естественным причинам. Но с появлением земледельческих цивилизаций и развитием орошаемого земледелия изменение течения этой реки могло произойти и из-за деятельности людей, создававших ирригационные системы [3, 5, 6, 14].

Последняя регрессия Арала приходится на XIII–XVI в.; тогда уровень падал не менее чем на 24 м. Об этом свидетельствуют не только исторические записи, археологические памятники и сохранившиеся на дне Аральского моря пни саксаулов, но и следы древних речных русел. Причиной высыхания моря стал поворот Амударьи в Каспий. Это было вызвано разрушением оросительных систем монголами, вторгшимися в Центральную Азию в XIII в. Но потом река повернула обратно в Арал, он восстановился, и до начала 1960-х годов колебания уровня не превышали 4–4,5 м. В основном они были следствием изменений климата, возможно, некоторое влияние оказывала и ирригация [3, 5, 14].



Остатки средневекового захоронения на обсохшем дне Большого Арала.

Фото И.С.Плотникова



Средневековая керамика на обсохшем дне Большого Арала.

Фото И.С.Плотникова

Современная регрессия Аральского моря началась в 1960 г. На этот раз она была вызвана одним только сокращением стока Амударьи и Сырдарьи в результате забора их воды на орошение. Прежде изъятие воды не приводило к масштабным регрессиям моря [2] благодаря существенному возвратному стоку с орошаемых полей и другим компенсирующим факторам (сокращению потерь на транспирацию водолюбивыми растениями в низовьях рек



Мельничный жернов на обсохшем дне Большого Арала.

Фото И.С.Плотникова

и дельтах, снижению испарения из-за уменьшения весенних паводков). Но с начала XX в. площади орошаемых земель выросли более чем в два раза, и такая компенсация стала недостаточной. Равновесие нарушилось. Это привело к резкому уменьшению стока рек в Арал [3, 15], образованию дефицита водного баланса, быстрому падению уровня, сокращению площади моря и росту его солёности.

В 1990-х годах рост количества осадков в горах и некоторое сокращение изъятия воды увеличили объем речного стока и снизили дефицит водного баланса моря, замедлив тем самым его высыхание. В 2000–2001 гг. случилась сильная засуха, и тогда сток рек в среднем составил около 2 км<sup>3</sup>/год. В 2002–2010 гг. сток снова увеличился, и дефицит водного баланса значительно сократился [15].

Высыхание Аральского моря привело к серьезным негативным последствиям для всей его фауны. В результате повышения солёности в ней произошли значительные изменения [9, 10]. Первыми исчезли разнообразнейшие виды пресноводных беспозвоночных, а затем и солоноватоводные каспийские виды. К концу 1980-х годов в аральской воде могли жить только морские и другие солевыносливые виды.

Промышленное рыболовство на Аральском море прекратилось в начале 1980-х годов: исчезли пресноводные (аборигенные и вселенные человеком) рыбы, составлявшие основу промысла. В составе ихтиофауны остались только не имеющие промыслового значения аборигенные рыбы — ерш и девятиглая колюшка, а также морские вселенцы — салака, атерина и шесть видов бычков. В период с 1979 по 1987 г. в Арал вселили способную жить и размножаться при возросшей солёности черноморскую камбалу-гlossу [11], и она на долгое время стала единственным объектом рыбного промысла.

Во второй половине 1980-х годов сток Амударьи почти не доходил до Аральского моря, и фактически его питали только воды Сырдарьи. Так как поступ-



Остатки средневекового саксаулового леса на обсохшем дне Большого Арала.

Фото Н.В.Аладина

ление речной воды и атмосферных осадков в Малое море превышало испарение с его поверхности, вода из Малого Арала, пока Арал был единым, поступала через пролив Берга в Большой Арал. К 1987 г. уровень моря снизился до отметки +40 м, пролив пересох, и море разделилось на два терминальных остаточных водоема, различающихся своим гидрологическим режимом. Общая площадь Аральского моря к тому времени сократилась до 60% от исходной, воды оставалось только 33%, средняя соленость возросла до 30‰ [16].

С разделением Арала падение уровня Малого моря прекратилось, а высыхание Большого Арала продолжалось, и его уровень стал еще ниже. В 1990 г. при весеннем увеличении стока Сырдарьи уровень Малого Арала поднялся, и начался перелив воды в Большое море поверх естественной преграды в пересохшем проливе Берга. Эта вода вымыла отложения, заполнявшие бывший судоходный канал в проливе, и на этом месте сформировалось русло. Грунты на дне пролива неустойчивы к размыву, поэтому возникла вероятность дальнейшего углубления русла и разрушения естественной преграды. Это создавало опасность возобновления падения уровня Малого моря [15–17].

В 1991 г. сотрудники лаборатории солоноватоводной гидробиологии сообщили об этой опасности местной администрации и предложили перекрыть сток воды из Малого Арала плотиной, что позволило бы повысить уровень и снизить соленость этого остаточного водоема. Правительство Казахстана поддержало это предложение, и в 1992 г. в самой мелкой части пролива Берга была построена земляная дамба [18]. Уро-

вень Малого Арала вырос более чем на метр, остановился рост солености, и через некоторое время началось ее постепенное снижение. Вновь заполнилась водой южная часть высохшего залива Большой Сарычеганак, была предотвращена опасность отчленения залива Бутакова [17].

К сожалению, плотина оказалась недостаточно прочной, к тому же она не имела водосбросного устройства для пропуска излишков воды при экстремальных повышениях уровня Малого Арала. Дамбу не раз прорывало, и приходилось ее восстанавливать. Так продолжалось до апреля 1999 г., когда уровень воды превысил отметку +43 м (т.е. поднялся выше гребня дамбы). Во время шторма плотина была прорвана и очень сильно разрушена. На этот раз отремонтировать ее не стали [17, 19].

Вскоре по решению правительства Казахстана в рамках программы «Конкретные действия по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря» началась реализация проекта «Регулирование русла реки Сырдарья и северной части Аральского моря». Тогда в проливе Берга на месте первой дамбы возвели новую капитальную плотину, названную Кокаральской. Первоначально намечалось поднять уровень Малого Арала до отметки +47 м, что позволило бы построить в проливе Аузы-Кокарал дополнительное водорегулирующее сооружение для подачи воды в западную часть Большого моря. Однако ограничились одной более низкой плотиной в проливе Берга, позволяющей повысить уровень зарегулированного Малого моря только до отметки +42–43 м. Плотина состоит из дамбы протяженностью 13 км с бетонным водосбросным сооружением. Работы



Кокаральская плотина.

[www.google.com/earth](http://www.google.com/earth)

завершились в августе 2005 г., и уже к марту следующего года уровень Малого Арала поднялся до проектной отметки +42 м [19].

После создания Кокаральской плотины уровень Малого Арала стабилизировался, соленость продолжила снижаться, и постепенно он снова стал солоноватоводным. Сегодня его средняя соленость уже опустилась ниже уровня 1960-х годов [9]. Значительное снижение солености и образование сильно опресненной зоны около дель-

ты Сырдарьи сделало возможным обратное естественное вселение в Малое море многих видов пресноводных и солоноватоводных беспозвоночных [9, 20], а также рыб, выпавших из его фауны из-за осолонения. Это виды, обитающие в Сырдарье, ее низовьях и связанных с ней озерах, или же виды беспозвоночных, которые имеют покоящиеся яйца, способные долго сохранять жизнеспособность. Стало возможным возвращение в Малый Арал и процветание ценных аборигенных промысловых пресноводных видов рыб [11], таких как судак, сазан, лещ, вобла, а также ряда других, что позволило возродить рыбный промысел. С другой стороны, сильное снижение солености становится неблагоприятным для прежде многочисленных представителей морской фауны и солелюбивых видов.

Ситуация на Большом Арале совсем иная. После отделения от Малого моря высыхание и рост солености здесь не только продолжились, но и ускорились. Осенью 2009 г. Большой Арал разделился на три остаточных водоема — Западный и Восточный бассейны и бывший залив Тше-Бас. Уровень более глубокого Западного бассейна упал к тому времени на 26 м, а соленость его воды превысила 100%. Восточный же превратился в мелководный водоем. Его осолонение шло более высокими темпами, и соленость могла превышать 200% [21]. Ожидалось, что за лето 2010 г. Восточный Большой Арал полностью высохнет, но оказавшийся тогда значительным сток Амударьи вновь наполнил его водой, и с того времени он или уменьшался, или увеличивался в сезонном ритме, связанном с годовой динамикой речного стока [3, 19].

Между Восточным Большим Аралом и Западным Большим Аралом на севере образовался пролив, через который может идти водообмен. В первом десятилетии XXI в. происходил заток более плотных и соленых вод из восточного бассей-



Водосбросное устройство Кокаральской плотины летом. Сток воды из Малого Арала отсутствует.

Фото И.С.Плотникова

на в западный, где они опускались в придонный слой. Это вело к вертикальной соленостной стратификации вод. Кроме того, очень существенно изменился газовый режим Западного Большого Арала. Кислородосодержащий слой ограничен глубинами до 15 м. Ниже содержание растворенного кислорода быстро снижается, глубже 20 м он уже отсутствует — там формируется зона аноксии, вода насыщается сероводородом, чего ранее не наблюдалось. В ходе высыхания Большого Арала рост минерализации его воды вел к изменению ее ионно-солевого состава. Последовательно происходило осаждение карбоната кальция, карбоната магния, гипса, мирабилита и галита. В результате доля двухвалентных ионов снизилась [21].

Превращение в конце 1990-х годов Большого моря в гипергалинный водоем привело к новым изменениям в его фауне. Ее и так уже низкое видовое разнообразие сократилось еще сильнее [10, 16]. Исчезло большинство представителей морской фауны, сохранились только наиболее устойчивые к высокой солености виды беспозвоночных. Исчезли оставшиеся рыбы — бычки, салака, атерина и камбала. При этом естественным путем вселились беспозвоночные, характерные для фауны таких водоемов, в частности рачок артемия [10, 16, 22].

За счет воды, стекающей из Малого Арала через Кокаральскую плотину на юг по направлению к остаточным водоемам Большого Аральского моря, возник еще один водоем — Центральный Арал [23]. Это мелководное озеро, восточная часть которого представляет собой водно-болотное угодье. Существующие там обширные тростниковые заросли испаряют большой объем воды.

Центральный Арал очень нестабилен. На протяжении года его площадь меняется. Зимой и весной, когда сток Сырдарьи максимален и происходит сброс воды из Малого моря, Центральный Арал значительно увеличивается в размерах, и соленость в нем снижается. В отдельные годы этот водоем даже достигает Восточного бассейна Большого Арала и пополняет его водой, оттуда вода по соединительному каналу поступает в Западный Большой Арал. Центральный Арал может подходить и к бывшему заливу Тше-Бас, пополняя водой и его.

Вместе с водой из Малого моря в Центральный Арал выносятся большое количество ценной промысловой рыбы. Но соленость на западе озера слишком высока (~70‰) для выживания там ихтиофауны.



Водосбросное устройство Кокаральской плотины зимой. Идет сток воды из Малого Арала.

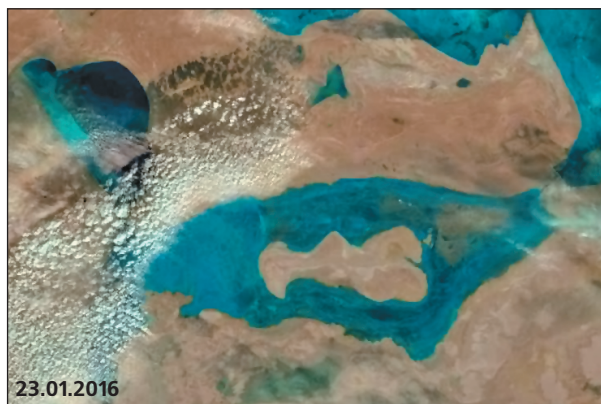
Фото Н.В.Аладина



Остаточные водоемы Аральского моря: 1 — Малый Арал (уровень ~42 м, площадь 3300 км<sup>2</sup>, соленость 6–7 г/л), 2 — Западный бассейн Большого Арала (уровень ~25 м, площадь 3120 км<sup>2</sup>, соленость >150 г/л), 3 — Залив Тше-Бас (уровень ~28 м, площадь 385 км<sup>2</sup>, соленость 85 г/л), 4 — Центральный Арал (уровень ~27–28 м, площадь 405 км<sup>2</sup>, соленость непостоянна), 5 — Восточный бассейн Большого Арала (уровень ~26–27 м, площадь 974 км<sup>2</sup>, соленость >150 г/л).

www.google.com/earth





Центральный Арал в 2015 г. (показан контуром) и в 2016 г.

### Будущее Аральского моря. Возможные сценарии

Что ожидает Арал в будущем? Утверждение, что в XXI в. он высохнет полностью, очень далеко от истины. Даже если сток Амударьи и Сырдарьи сократится до нуля, что маловероятно, все равно останутся грунтовые, талые и дождевые воды, а также поступающие с орошаемых земель дренажные. Этой воды будет достаточно для сохранения хотя бы части Малого Арала и остатка западного бассейна Большого Арала, которые станут гипергалинными водоемами [3, 23].

Для поддержания Малого Арала в его современном состоянии (уровень у отметки +42 м, площадь 3200 км<sup>2</sup>) достаточно в среднем около 2.6 км<sup>3</sup>/год стока Сырдарьи. Дополнительно 0.6–0.7 км<sup>3</sup>/год речной воды требуется для поддержания стока через Кокаральскую плотину, чтобы обеспечить необходимую для регулирования солености проточность. Следовательно, среднегодовой сток Сырдарьи должен составлять как минимум 3.2–3.3 км<sup>3</sup>. Для периода 1992–2011 гг. он оценивается в 5.9 км<sup>3</sup>, и этого более чем достаточно для стабильности Малого Арала [23].

В обозримом будущем возвращение Арала к его состоянию в 1960 г. крайне маловероятно. Даже если увеличить среднегодовой речной сток до прежних 56 км<sup>3</sup>, то для полного восстановления озера потребуется примерно 100 лет. Первое время, пока сток значительно превышает чистое испарение (т.е. испарение минус атмосферные осадки), процесс будет идти быстро. Площадь озера может увеличиться до 90% от его площади в 1960 г. примерно за 40 лет. Но по мере ее роста и, следовательно, повышения чистого испарения и приближения его к объему речного стока наполнение начнет замедляться и прекратится с установлением равновесия водного баланса [23].

В период 2001–2010 гг. среднегодовой сток Амударьи и Сырдарьи составлял только 11 км<sup>3</sup>, т.е. только 20% от объема, необходимого согласно этому сценарию. Единственный реальный способ

существенно увеличить сток в Арал — кардинальное сокращение потребления воды на орошение, достигающее сегодня 92% от совокупного безвозвратного изъятия речной воды [24]. Существенно повысить эффективность орошения возможно, но для этого потребуется не только время, но и большие финансовые затраты. Конечно, можно сократить площадь орошаемых земель, но тем самым будет нанесен большой ущерб экономике региона. Снижение потребления воды на орошение, безусловно, полезно, и к этому необходимо стремиться. Но это лишь частичное решение проблемы дефицита воды [3, 23].

Конечно, технически возможно подавать воду в Арал из-за пределов Центральной Азии. В 1960–1970-х годах разрабатывался проект переброски в аральский бассейн до 60 км<sup>3</sup> воды из Иртыша и Оби. В 1986 г., когда начальный этап проекта (27 км<sup>3</sup>) уже был близок к реализации, его осуществление остановили, главным образом из-за чрезмерно высокой стоимости работ [23, 25]. Обсуждение этого плана продолжается, его поддерживает ряд водохозяйственных и правительственных организаций не только стран Центральной Азии, но и России. Тем не менее в обозримом будущем у этого проекта мало шансов на осуществление. Даже если он и будет реализован, то Арал получит намного меньше, чем забранное из сибирских рек 27 км<sup>3</sup> (и, вероятно, даже меньше 15 км<sup>3</sup>) из-за существенных потерь воды на испарение и фильтрацию в системе каналов, ее полупного отбора и расширения ирригации [23].

Существуют и проекты перекачки в Аральское море воды из Каспия по гигантскому трубопроводу. При этом для компенсации предлагается подавать ее в Каспий из Черного моря по специальному каналу [26, 27]. Эти планы не могут считаться реалистичными из-за огромных материальных и финансовых затрат и технических сложностей. Чтобы избежать увеличения солености Аральского моря в результате подачи в него соленой каспийской воды, необходимо ее опреснять, что потребует строительства мощных установок. Для их

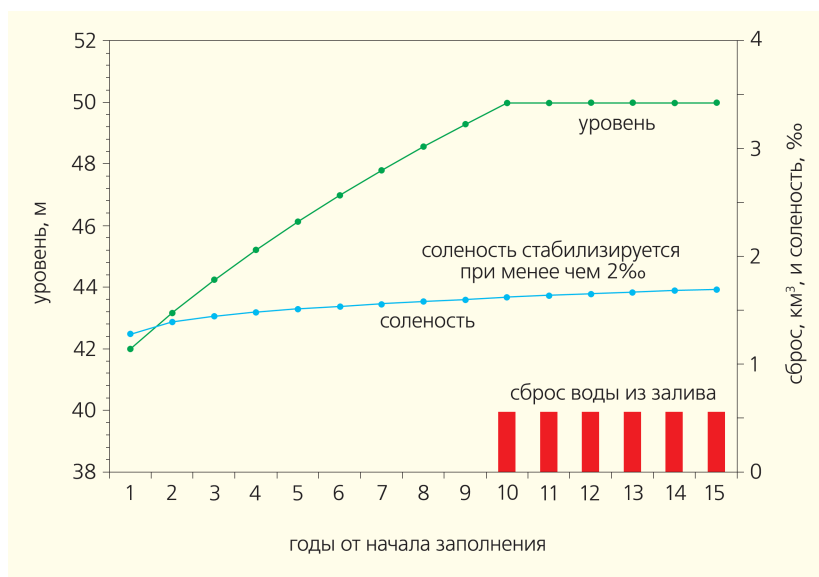
функционирования, а также для работы насосных станций, способных перекачивать ежегодно несколько десятков кубических километров воды на высоту в несколько десятков метров, необходимы огромные энергозатраты. Да и что делать с остающимся рассолом? Кроме того, непросто будет и обслуживание трубопровода, проходящего в основном по пустынной ненаселенной территории. К тому же, попадание воды из Черного моря в Каспийское неизбежно увеличит соленость и изменит ионный состав вод последнего, что, несомненно, повлияет на биоту уникального континентального водоема.

Вместе с тем весьма перспективными могут считаться различные сценарии частичного спасения Аральского моря. Правительство Казахстана предполагает продолжить восстановление Малого Арала. Планируется, что уровень не всего Малого моря, а только одной его части — залива Большой Сарычеганак — будет поднят до отметки +50 м. Залив превратится в водохранилище. Для этого в горле залива нужно построить плотину с водопропускным устройством и судоходным шлюзом. Для подачи в водохранилище воды из Сырдарьи необходимо проложить специальный протяженный канал. Воды залива вновь подойдут к г.Аральску, и это позволит судам заходить по короткому каналу в порт [23].

Если ежегодно подавать в водохранилище 1 км<sup>3</sup> воды, для его заполнения может потребоваться примерно 10 лет, а если 1.5 км<sup>3</sup> — шесть. Потери воды в канале составят как минимум 15% от ее исходного объема, поэтому для их компенсации дополнительно потребуется ежегодно забирать из Сырдарьи еще около 0.2 км<sup>3</sup>. После заполнения водохранилища в основную часть Малого Арала в первом случае может сбрасываться в среднем 0.5–0.6 км<sup>3</sup>/год, во втором — примерно 1 км<sup>3</sup>/год. Предполагается, что водохранилище Сарычеганак будет почти пресноводным с соленостью менее 2‰ [23].

Для поддержания уровня основной части Малого Арала и ее проточности, достаточной для сохранения в ней благоприятной для аборигенных пресноводных рыб солености 6–8‰, будет хватать около 3.2 км<sup>3</sup>/год стока Сырдарьи. А так как он (по данным за 1992–2011 гг.) по-прежнему превышает 5 км<sup>3</sup>/год, останется вода и для поддержания Центрального Арала [23].

Если проект будет реализован, то в водохранилище Сарычеганак сформируется фауна пресноводного типа — за счет выноса в него пресновод-



Изменение уровня и солености планируемого водохранилища Сарычеганак.

ных гидробионтов со стоком Сырдарьи, их самостоятельной миграции, а также заноса покоящихся стадий водоплавающими птицами или ветром с пресных или солоноватых водоемов. При этом обитающие сегодня в водоеме солоноватоводные, морские и происходящие из осолоненных континентальных водоемов виды беспозвоночных должны будут исчезнуть из-за низкой для них солености [10]. С другой стороны, такие условия окажутся благоприятными для пресноводных рыб, и многие из них смогут нереститься на месте, а не мигрировать для этого в Сырдарью.

Альтернативой рассмотренному варианту может стать основательная реконструкция существующей Кокаральской плотины. Ее следует сделать более высокой, чтобы поднять уровень всего Малого Арала с отметки +42 м до +48 м и таким путем увеличить его объем и площадь. Но в этом случае необходим больший минимальный среднегодовой сток Сырдарьи — не менее 4 км<sup>3</sup>. Тем не менее наполнение Малого моря до нового уровня продлится долго — даже при среднегодовом речном стоке 5 км<sup>3</sup> для этого потребуется не менее 17 лет. Повышение уровня сначала пойдет быстро, но затем постепенно замедлится. После того как проектный уровень будет достигнут, он останется относительно стабильным при среднегодовом сбросе воды через плотину ~1 км<sup>3</sup>. Средняя соленость Малого Арала по мере его наполнения станет меняться. Если предположить начальную соленость 6‰, то за 17 лет она снизится примерно до 4.5‰. Когда начнется сброс воды через Кокаральскую плотину, соленость станет расти (этот рост будет постепенно замедляться), так как в водоем фиксированного объема солей будет поступать больше, чем выводиться. Примерно на 25-й год соленость достигнет 5‰, и в дальнейшем она стабилизируется на 6‰.

При среднегодовом стоке Сырдарьи  $5.5 \text{ км}^3$  время наполнения сократится до 12–13 лет, что тоже долго. После этого среднегодовой сброс воды через плотину в объеме  $\sim 1.5 \text{ км}^3$  позволит поддерживать уровень на отметке +48 м. Малый Арал может наполниться и за меньшее время — с учетом того что в 1992–2011 гг. сток Сырдарьи составлял  $5.9 \text{ км}^3$ . Однако рассмотренный сценарий основан на средних значениях стока. В действительности он меняется из года в год, иногда даже значительно. Но эту его нестабильность можно корректировать, управляя сбросом воды из Малого Арала через Кокаральскую плотину. Для связи г.Аральска с заливом Большой Сарычеганак потребуется более длинный судоходный канал, чем в первом варианте [23], так как уровень достигнет только отметки +48 м, а не +50 м.

Если реализовать этот альтернативный проект, то солоноватоводным станет почти весь Малый Арал, а сильно опресненной будет, как и сейчас, только акватория рядом с дельтой Сырдарьи. Установившаяся соленость 5–6‰ благоприятна для пресноводных видов беспозвоночных и рыб, но она может негативно отразиться на морских беспозвоночных и выходах из осолоненных континентальных водоемов аридной зоны [10].

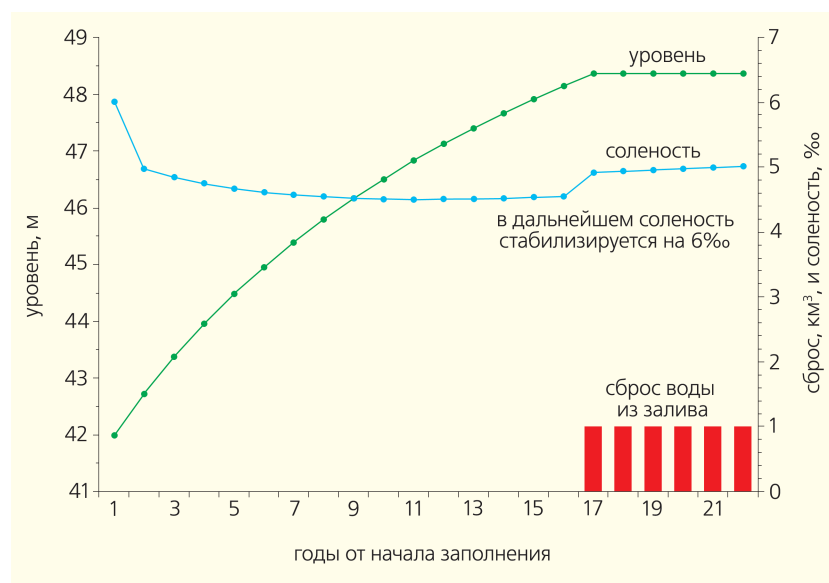
Принятие решения, какой из альтернативных вариантов будет реализован, пока что отложено на неопределенный срок, и в настоящее время проводятся только гидромелиоративные работы на Сырдарье [23].

Тем не менее не все столь радужно [23]. Из-за глобального потепления сокращаются ледники и снежники в горах Тянь-Шаня — главный источник воды для Сырдарьи (это верно и для Амударьи, истоки которой находятся на Памире). Со време-

нем их ускорившееся таяние увеличит речной сток. Но в итоге масса льда и снега так сократится, что сток начнет снижаться [28]. Таким образом, предположения, основанные на данных по стоку Сырдарьи за 1992–2011 гг., могут оказаться излишне оптимистичными.

Прогноз возможного будущего остаточных водоемов Большого Аральского моря не оптимистичен. Восточный Большой Арал зависит от сброса воды из Малого Арала через Кокаральскую плотину и далее через Центральный Арал, а также от стока Амударьи, который крайне нестабилен и в настоящее время не каждый год достигает моря. Состояние этого остаточного водоема может меняться от сухого солончака — источника пыльно-солевых бурь — до обширного мелководного гипергалинного озера. К концу 2009 г. он почти полностью исчез, но в начале лета и осенью неожиданно многоводного 2010 г. в него поступили большие объемы воды из Амударьи, а также из Малого Арала. Водоем вновь наполнился водой, но в последующие годы опять высох. Сегодня нет оснований ожидать, что ситуация 2010 г. будет повторяться регулярно и Восточный Большой Арал останется обводненным.

Западный бассейн зависит от притока грунтовых вод, от дождевых и талых вод и стока из восточного бассейна и из Центрального Арала. Уровень бассейна в августе 2015 г. находился между отметками +24 и +25 м, а площадь была около  $3000 \text{ км}^2$ . При сохранении существующих тенденций уровень продолжит падать, а площадь — сокращаться, и стабилизация может наступить на отметке около +21 м при площади  $2560 \text{ км}^2$ . Но вероятно и продолжение этого процесса и превращение Западного бассейна в водоем, подобный Большому



Время заполнения и изменение солености Малого Аральского моря по сценарию с уровнем 48 м и средним притоком пресной воды  $5 \text{ км}^3$ .

шуму Соленому озеру в США, Мертвому морю на Ближнем Востоке или озеру Урмия в Иране (соленость  $>300\text{‰}$ ) [19, 23]. Тогда биоразнообразие фауны снизится — может остаться только артемия, но и она исчезнет при приближении солености к  $350\text{‰}$ . Фауна же Восточного Большого Арала, представленная до его высыхания, вероятнее всего, только артемией, сможет восстановиться и после ее гибели из цист, оставшихся на обсохшем дне, или занесенных ветром с других водоемов, если сюда в очередной раз придет вода из Амударьи [10].

Для развития Западного бассейна Большого Арала возможны и более оптимистичные сценарии [23]. Один из них предложили М.И.Львович и И.Д.Цигельная [29]. Согласно их плану,

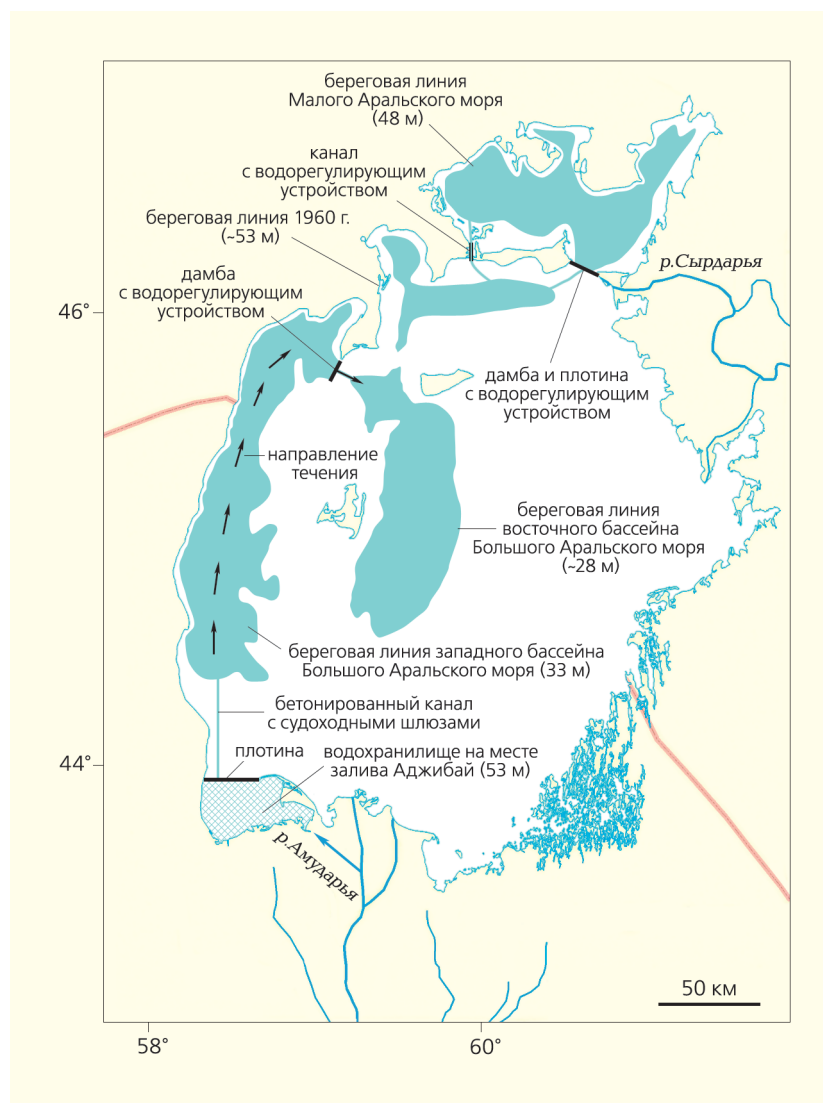
среднегодовой сток Амударьи должен увеличиться более чем вдвое и достичь  $\sim 12.5 \text{ км}^3$ . Это может быть достигнуто реально осуществимым повышением эффективности орошения в бассейне Амударьи. Весь оставшийся сток реки направляется не в Восточный Большой Арал, а в водохранилище, создаваемое на месте залива Аджибай. Оттуда по бетонированному каналу вода подается в Западный Большой Арал. Это позволит сохранить этот остаточный водоем и предотвратить его дальнейшее осолонение. Восточный Большой Арал будет получать воду из Западного, а не из Амударьи. Протока между Западным и Восточным бассейнами перекрывается плотиной с водорегулирующим устройством. Наибольшие препятствия к осуществлению этого плана — политические и экономические, и связаны они с тем, что на обсохшем дне южной части Западного бассейна уже ведутся разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений [23].

\* \* \*

Современная регрессия Арала еще раз показала, как легко и быстро человек может разрушить природную среду, а ее восстановление, если оно вообще возможно, — длительный и трудный процесс. Следовательно, нужно быть очень осторожным при масштабных вмешательствах в сложные природные системы. Очень важно тщательно оценивать потенциальные последствия, прежде чем, надеясь на лучшее, поступать так, как Советский Союз поступил с Аральским морем.

Даже если человеческая деятельность и не привела в прошлом к серьезным проблемам, это не может служить гарантией того, что она не создаст проблем в будущем. Широкое распространение орошения в бассейне Аральского моря серьезно не влияло на море до 1960-х годов, потому что это возмещалось компенсирующими факторами. Но они перестали действовать.

Нужно остерегаться привлекательных, но легких решений сложных проблем. Предлагаемые быстрые выходы вполне могут создать новые более серьезные проблемы. Устойчивые решения требуют в долгосрочной перспективе не только крупных инвестиций и технических инноваций, но так-



Оптимистический сценарий будущего Аральского моря (после 2030 г.).

же фундаментальных политических, социальных и экономических изменений, на что нужно время.

Природная среда удивительно устойчива, и не надо терять надежду и оставлять усилия по ее сохранению, даже когда задача кажется неразрешимой. Сейчас уже однозначно показано, что некоторые части Арала можно сохранить и восстановить. И не исключено, что в очень отдаленной перспективе людям все-таки удастся значительно сократить потребление вод Амударьи и Сырдарьи и Арал возродится таким, каким он был.

О том, что надежда умирает последней, говорит и резолюция VIII Невского международного экологического конгресса. В ней сообщается о необходимости «разработать специализированные образовательные и просветительские программы для начальных, средних и высших учебных заведений, находящихся под юрисдикцией государств, участвующих в деятельности Между-

народного фонда спасения Арала; провести в городе Санкт-Петербурге вторую Международную конференцию по проблемам Аральского моря; провести оценку современных экологических проблем Аральского моря и Приаралья; разработать с учетом наилучших доступных технологий комплекс мер, направленных на сохранение и реабилитацию остаточных водоемов Арала, под эгидой Международного фонда спасения Арала».

В заключение мы хотим добавить, что спасение Арала — сложная и труднодоступная цель, для реализации которой исследователи могут пользоваться самым современным научным оборудованием и новейшими компьютерными программами. Но этого недостаточно: нужно еще и доброе сердце. Только сам человек может попытаться восстановить то, что разрушил. К сожалению, роботы на это никогда не будут способны. ■

## Литература / Reference

1. *Berg L.S.* Аральское море. Опыт физико-химической монографии. Известия Туркестанского отдела Императорского Русского географического общества. 1908; 5(9). [*Berg L.S.* Aralskoye more. Opyt fiziko-khimicheskoy monografii. Izvestiya Turkestanskogo otdela Imperatorskogo Russkogo geograficheskogo obshchestva. 1908; 5(9). (In Russ.)]
2. Аральское море. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Ред. В.И.Бортник, С.П.Чистяева. Л., 1990; 7. [*Aralskoye more. Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morey SSSR. V.I.Bortnik, S.P.Chistyayeva* (eds.). Leningrad, 1990; 7. (In Russ.)]
3. *Micklin P.* The past, present, and future Aral Sea. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. 2010; 15: 193–213.
4. *Micklin P.* Chapter 1. Introduction. *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 1–11.
5. *Micklin P.* Chapter 2. Introduction to the Aral Sea and Its Region. *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 15–40.
6. *Аладин Н.В., Плотников И.С.* Изменения уровня Аральского моря: палеолимнологические и археологические доказательства. Труды Зоологического института РАН. 1995; 262(1): 17–46. [*Aladin N.V., Plotnikov I.S.* Changes in the Aral Sea level: paleolimnological and archeological evidences. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*. 1995; 262(1): 17–46. (In Russ.)]
7. Атлас беспозвоночных Аральского моря. Ред. Ф.Д.Мордухай-Болтовской. М., 1974. [*Atlas bespozvonochnykh Aralskogo morya. F.D.Mordukhay-Boltovskoy* (ed.). Moscow, 1974. (In Russ.)]
8. *Карпевич А.Ф.* Теория и практика акклиматизации водных организмов. М., 1975. [*Karpevich A.F.* Teoriya i praktika akklimatizatsii vodnykh organizmov. Moscow, 1975. (In Russ.)]
9. *Plotnikov I.S., Aladin N.V., Ermakbanov Z.K., Zbakova L.V.* Chapter 6. The New Aquatic Biology of the Aral Sea. *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 137–171.
10. *Плотников И.С.* Многолетние изменения фауны свободноживущих водных беспозвоночных Аральского моря. СПб, 2016. [*Plotnikov I.S.* Mnogoletniye izmeneniya fauny svobodnozhivushchikh vodnykh bespozvonochnykh Aralskogo morya. Saint-Petersburg, 2016. (In Russ.)]
11. *Ermakbanov Z.K., Plotnikov I.S., Aladin N.V., Micklin P.* Changes in the Aral Sea ichthyofauna and fishery during the period of ecological crisis. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. 2012; 17: 3–9.
12. *Plotnikov I.S., Aladin N.V., Ermakbanov Z.K., Zbakova L.V.* Chapter 3. Biological Dynamics of the Aral Sea before Its Modern Decline (1900–1960). *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 41–47.
13. *Reimov P., Fayzieva D.* Chapter 7. The Present State of the South Aral Sea Area. *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 171–204.
14. *Krивonogov S.* Chapter 4. Changes of the Aral Sea level. *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 77–111.
15. *Micklin P.* Chapter 5. Aral Sea Basin Water Resources and the Changing Aral Water Balance. *Micklin P., Aladin N., Plotnikov I.* (Eds). *The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake*. Heidelberg, 2014; 111–137.
16. *Аладин Н.В., Плотников И.С.* Современная фауна остаточных водоемов, образовавшихся на месте бывшего Аральского моря. Труды Зоологического института РАН. 2008; 312(1/2): 145–154. [*Aladin N.V., Plotnikov I.S.* Modern fauna of residual water bodies formed on the place of the former Aral Sea. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*. 2008; 312(1/2): 145–154. (In Russ., abstr. in Engl.)]
17. *Аладин Н.В., Плотников И.С.* К вопросу о возможной консервации и реабилитации Малого Аральского моря. Труды Зоологического института РАН. 1995; 262(1): 3–16. [*Aladin N.V., Plotnikov I.S.* On the problem of possible conservation and rehabilitation of the Small Aral Sea. *Proceedings of the Zoological Institute RAS*. 1995; 262(1): 3–16. (In Russ.)]
18. *Аладин Н.В.* Плотина жизни или плотина длиною в жизнь. Часть первая. «Пролог» или Первая Пятилетка (1988–1992 гг.). Астраханский вестник экологического образования. 2012; 3(21): 206–216.

- [Aladin N.V. The dam or weir lives long into the life part one. Prologue or first five years (1988-1992). Astrakhan Bulletin for Environmental Education. 2012; 3(21): 206–216. (In Russ., abstr. in Engl.)]
19. Micklin P. Chapter 15. Efforts to Revive the Aral Sea. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. Heidelberg, 2014; 361–405.
  20. Toman M.J., Plotnikov I., Aladin N. et al. Biodiversity, the present ecological state of the Aral Sea and its impact on future development. Acta Biologica Slovenica. 2015; 58(1): 45–59.
  21. Завьялов П.О., Арашкевич А.Г., Бастида И. и др. Большое Аральское море в начале XXI века: физика, биология, химия. М., 2012. [Zavyalov P.O., Arashkevich E.G., Bastida I. et al. The Large Aral Sea in the beginning of century 21: Physics, Biology, Chemistry. Moscow, 2012. (In Russ.)]
  22. Мусаев А.К., Жолдасова И.М., Мирабдуллаев И.М., Темибеков Р.О. Развитие ресурсов артемии Аральского моря. Материалы Международной научной конференции «Животный мир Казахстана и сопредельных территорий», посвященной 80-летию Института зоологии Республики Казахстан (22–23 ноября 2012 г.). Алматы, 2012; 144–146. [Musayev A.K., Zholdasova I.M., Mirabdullayev I.M., Temibekov R.O. Razvitiye resursov artemii Aralskogo morya. Materials of the International Conference «Wildlife of Kazakhstan and adjacent areas» devoted to the 80th anniversary of the Institute of Zoology (22–23 November 2012). Almaty, 2012; 144–146. (In Russ.)]
  23. Micklin P. The Future Aral Sea: hope and despair. Environmental Earth Science. 2016; 75(9): 1–15.
  24. Micklin P. Chapter 8. Irrigation in the Aral Sea Basin. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. Heidelberg, 2014; 207–233.
  25. Micklin P. Chapter 16. The Siberian Water Transfer Schemes. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. Heidelberg, 2014; 381–404.
  26. Badescu V., Schuiling R.D. Aral Sea; Irretrievable loss of Irtysh imports? Water Resources Manage. 2010; 24: 597–616.
  27. Танклевский М.М. Как помочь Аральскому морю? Природа. 2015; 5: 61–64. [Tanklevsky M.M. How to help Aral Sea? Priroda. 2015; 5: 61–64. (In Russ.)]
  28. Lioubimtseva E. Chapter 17. Impact of Climate Change on the Aral Sea and Its Basin. Micklin P., Aladin N., Plotnikov I. (Eds). The Aral Sea: The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great lake. Heidelberg, 2014; 405–427.
  29. Львович М.И., Цигельная И.Д. Управление водным балансом Аральского моря. Известия АН СССР. Серия географическая. 1978; 1: 42–54. [L'vovich M.I., Tsigel'naya I.D. Upravleniye vodnym balansom Aralskogo morya. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya. 1978; 1: 42–54. (In Russ.)]

## What could be the future of the Aral Sea?

N.V.Aladin<sup>1</sup>, Z.K.Ermakhanov<sup>2</sup>, F.Miklin<sup>3</sup>, I.S.Plotnikov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zoological Institute RAS (Saint-Petersburg, Russia)

<sup>2</sup>Aral branch of LLP «Kazakh Research Institute of Fishery» (Aralsk, Kazakhstan)

<sup>3</sup>Western Michigan University (Kalamazoo, USA)

In the past, the Aral Sea was the second largest after the Caspian Sea closed continental saline water body. It is located in the desert zone of Central Asia on the territory of Kazakhstan and Uzbekistan. It falls into only two rivers — the Syr Darya and the Amu Darya, which are the main source of water. The Aral was a brackish water body. In 1960, the desiccation of the Aral Sea began. It was caused by a sharp reduction in the flow of the Amu Darya and the Syr Darya as a result of the increasing withdrawal of their waters for irrigation. The resulting deficit of water balance led to rapid decrease in the Aral Sea level, reduction in its area and increase in salinity. In the foreseeable future, the return of the Aral to its state in 1960 is extremely unlikely. Even if you increase the average annual river runoff to the previous one, the complete restoration of the lake will take approximately 100 years. However, partial restoration of its residual water bodies is possible. It is expected to continue the restoration of the Small Aral Sea. There is a plan to raise the level of one of its parts — the Gulf of Bolshoy Sarycheganak. To do this, it is necessary to build a dam in the throat of the gulf and lay a channel for supplying water from the Syr Darya. An alternative to this plan may be the reconstruction of the Kokaral dam. It can be done higher, raising the level of the entire Small Aral, increasing its volume and area. The forecast of the possible future of residual water bodies of the Large Aral Sea is not optimistic. At the existing trends desiccation of the Western Large Aral will continue. But there are possible more optimistic scenarios. If the Amu Darya runoff is substantially increased and redirected to this residual water body, this will save it and prevent its further salinization.

**Key words:** Aral Sea, Amu Dar'ya, Syr Dar'ya, salinity, water balance, fauna.