

УДК:577.472(262.83)

**В. Д. Вильямс**

Университет г. Аделаида, Австралия

## **АРАЛЬСКОЕ МОРЕ: ЛИМНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА**

В палеолимнологическом аспекте обсуждаются проблемы колебания уровня и многолетних изменений гидрологического режима Арала, а также некоторых других соленых озер. Природным свойством соленых озер являются вековые изменения в их лимнологии. Флуктуации уровня (и связанных с ним параметров) Аральского моря аналогичны таковым, происходившим в других крупных соленых озерах, в других местах, как в геологическом, так и в недавнем прошлом. Недавнее падение уровня и подъем солености Аральского моря не является необычным явлением в плане глобальных перспектив. Рассмотрены перспективы использования ресурсов этих водоемов. Несмотря на недавние изменения, Аральское море остается ценным источником различных ресурсов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы много пишут о недавних изменениях, происходящих в Аральском море и его окрестностях (см., например, Micklin, 1991; Glantz et al., 1992). Практически без исключения все эти публикации сосредотачиваются на негативных аспектах этих изменений. За пределами научной литературы даже были высказаны суждения, что современные изменения приведут (или уже привели) к разрушению уникального озера с появлением безжизненного отравленного континентального водоема (например, Ellis, 1990). Если оставить в стороне подобные крайние суждения, то не вызывает сомнения, что существуют достаточные основания для беспокойства. Тем не менее происходящие в Аральском море изменения необходимо рассмотреть и обсудить в перспективе аналогичных лимнологических изменений в других больших постоянно существующих соленых озерах, а также в свете прошлых изменений в самом озере. Более того, необходимо установить, насколько Арал действительно изучен с научной точки зрения. Однако следует признать тот факт, что, несмотря на недавние изменения, Аральское море сохраняет значительный потенциал

ресурсов, который при соответствующем использовании может дать ценные продукты, а также мог бы быть полезным и в других отношениях. Будущие и ныне идущие исследования следовало бы направить на предотвращение, а также улучшение будущих изменений в Арале, но эта деятельность не должна, с одной стороны, исключать усилий и исследований, направленных на использование доступных на сегодняшний день ресурсов, а с другой стороны, отрицать их практическую ценность.

Настоящая статья рассматривает имеющиеся данные с целью дать конструктивные соображения в дискуссии, которая, таким образом, до сих пор: 1) сосредоточена на документировании природы современных и, вероятно, будущих изменений, 2) обращает внимание на негативное влияние этих изменений, 3) подчеркивает трудности как восстановления прежнего уровня Арала (а также условий этого), так и поддержания нынешнего уровня и 4) в значительной степени ограничена рассмотрением на региональном уровне. Значимость направлений нынешней дискуссии, безусловно, не отрицается; более того, некоторое ее расширение было бы даже полезным. Не вызывает сомнения, что мы уже опоздали с рассмотрением проблем Аральского моря в более широком лимнологическом контексте.

#### ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Соленые озера образуются всякий раз, когда поверхностный или подповерхностный сток собирается в континентальном водосборном бассейне. Таким образом, последствия даже слабых изменений какого-либо параметра водного баланса (приход, осадки, расход, испарение) усиливаются по сравнению с пресноводными озерами. Даже небольшие климатические изменения оказывают гораздо более значительное влияние на их уровень и соленость (и, таким образом, на многие другие черты), чем в пресноводных озерах. Чувствительность соленых озер к климатическим изменениям все больше признается палеолимнологами и означает, что (так как климат изменяется) природным свойством соленых озер являются вековые изменения в их лимнологии. Обсудим этот феномен на примере других озер, оставив на время в стороне Аральское море.

В Северной Америке (штат Юта) Большое Соленое озеро (площадь около 6000 км<sup>2</sup>) является остатком более обширного плейстоценового озера. Оз. Бонневиль (максимальная площадь около 52000 км<sup>2</sup>), соленые озера Волкер (площадь 154 км<sup>2</sup>) и Пирамид (площадь 446 км<sup>2</sup>) в Неваде являются остатками другого большого плейстоценового водоема — оз. Лахонтен (площадь 22000 км<sup>2</sup>). Мертвое море (площадь 940 км<sup>2</sup>) — гипергалинное озеро на Ближнем Востоке — это остаток гораздо более крупного оз. Лизан (15 000—50 000 лет назад).

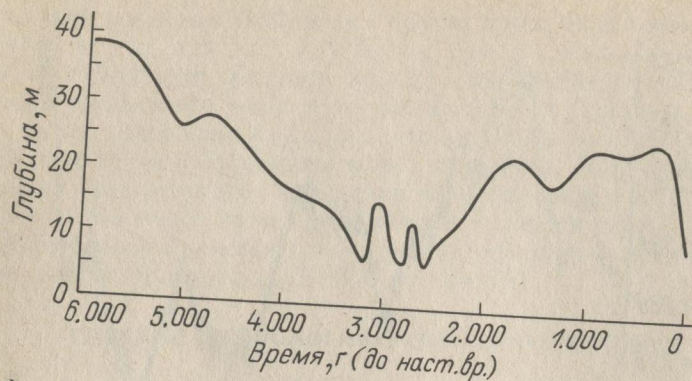


Рис. 1. Флюктуации уровня оз. Моно (Калифорния) на протяжении последних 3500 лет. По Stine (1984)

Как правило, мы не имеем точных данных о предшествующих уровнях воды в соленых озерах, но два примера, для которых мы имеем заслуживающие доверия данные, проиллюстрируют возможный размах этих изменений. Рис. 1 показывает флюктуацию уровня воды за последние 3500 лет в оз. Моно в Калифорнии (само по себе это озеро — остаток оз. Рассел, которое начало высыхать 13 000 лет назад). Рис. 2 показывает аналогичные изменения глубины в соленом оз. Кейламбет в южной Австралии на протяжении последних 6000 лет. Из этих рисунков четко видно, что в обоих озерах произошло резкое снижение уровня воды (порядка 40 м). Они сопровождались значительными изменениями их лимнологических характеристик.

Не следует думать (на основании этих примеров), что значительные изменения происходили за тысячелетия; они могли про-

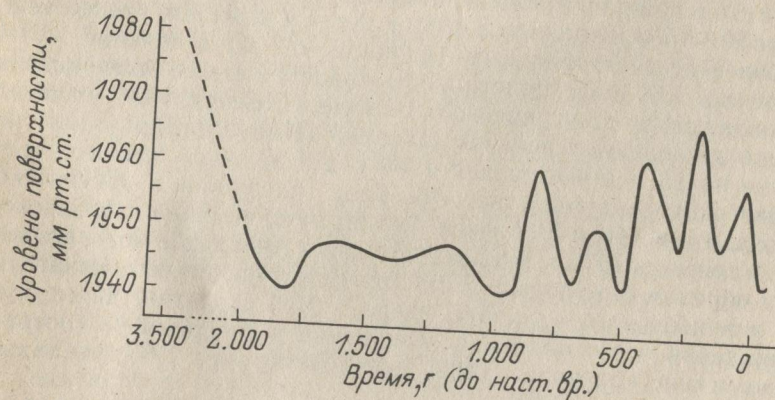


Рис. 2. Глубина оз. Кейламбет (Австралия) на протяжении последних 6000 лет. По Bowler (1981)

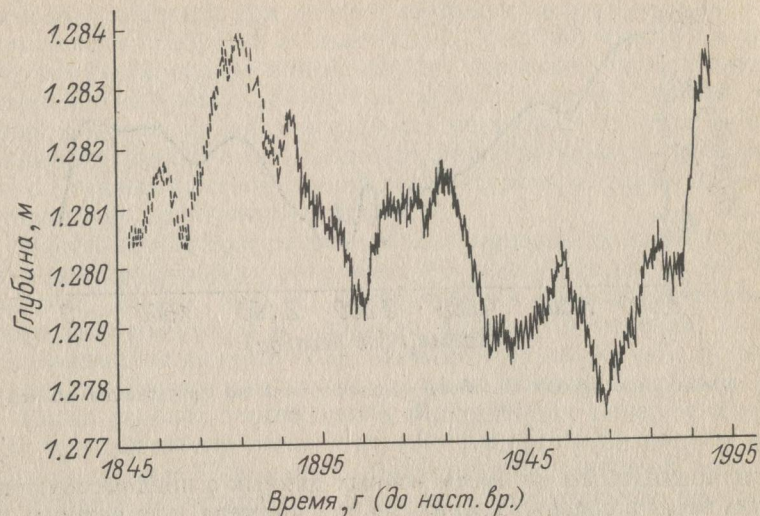


Рис. 3. Уровень воды в Большом соленом озере (Юта), 1847—1987 гг. По Stephens (1990)

исходить и за десятилетия, как видно из рис. 3. На этом рисунке показан уровень воды в Большом Соленом озере за период 1847—1987 гг. Он значительно изменялся в пределах 6.25 м на протяжении этого времени в зависимости от изменений в осадках и испарении, а не под влиянием зарегулирования речного стока человеком, хотя это также имело место.

Что происходило с Аральским морем в прошлом, известно очень хорошо. Озеро возникло 15 000—18 000 лет наза (Kvasov, 1978). Шнитников (Shnitnikov, 1969) обратил внимание на флуктуации его размера в голоцене, отметив, что иногда уровень Арала был на 10—15 м ниже, чем в 1960 г. Хотя и кажется, что уровень был более-менее стабильным (разница  $< 2$  м) в течение XVIII (вероятно), XIX и XX столетий, есть свидетельство о более низких уровнях в предшествующие века. Елисейев (Eliseyev, 1991) отметил находки затопленных пеньков саксаула (*Haloxylon aphyllum*) на отметке на 15 м ниже уровня 1960 г. Их находка подтверждает исторические свидетельства. Абу-Гази, писавший в XVII веке, отмечал, что в XIII и XVI веках Амударья не впадала в Аральское море, и только в 1575 г. эта река потекла в Аральское море, подняв таким образом его уровень. Есть другое историческое доказательство значительного усыхания озера в XVI столетии, даже если утверждения о его полном исчезновении в то время не соответствуют истине (Бартольд, 1902; Dunin-Barkovsky, 1977; см. также Kes', Klyukanova, 1990).

Важным моментом является то, что предыдущие флуктуации уровня (и связанных с ним параметров) Аральского моря анало-

гичны таковым, происходившим в других крупных соленых озерах, в других местах, как в геологическом, так и в недавнем прошлом. Если и существует разница между гидрологическими особенностями Аральского моря и таковыми других больших соленых озер, то это произошло из-за того, что в течение последних тысячелетий изменения в Аральском море, возможно, были более выраженными (как результат изменения речного стока, а не изменения климата). Не менее важным моментом является также и то, что Аральское море является относительно молодым с геологической точки зрения (возникло  $< 20\,000$  лет назад).

#### ГЛАВНЫЕ ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Современные изменения состава биоты озера и его основных физико-химических характеристик изучены Аладиным и др. (см. Плотников, Аладин, Филиппов, 1991; Williams, Aladin, 1991; Aladin, Potts, 1992; Aladin, Williams, 1993). В основном благодаря им много известно об изменениях в озере, начиная с 1960 г.; нет никакой необходимости приводить здесь что-либо из этих данных.

Значительно меньше известно о ситуации до 1960 г., в частности, до начала акклиматизационных мероприятий в 1927 г. Это достойно сожаления по ряду причин, и не в последнюю очередь потому, что исходный состав биологических сообществ, прошлый статус озера и прежняя природа многих других лимнологических характеристик остаются точно не известными. Тем не менее на основе имеющихся данных кажется, что исходно биота была не очень разнообразной и содержала только один вид (*Dikerogammarus aralensis*), явно эндемичный для озера (но даже этот один имеет сомнительный таксономический ранг). Этот недостаток эндемичности, конечно, тесно связан с относительной молодостью озера. Слово «эндемичный», используемое применительно к прежней биоте озера (Aladin, Potts, 1992, с. 67), просто относится к оригинальной биоте.

Солености до 1960 г. (около 10 г/л) были низкими. Они хорошо укладывались в рамки величин соленостей больших постоянных соленых озер мира (таблица). Другие химические характеристики представлялись сходными, и, помимо его большого размера (68 000 км<sup>2</sup>), кажется, не было никаких особых физико-химических свойств.

Таким образом, до недавних изменений Аральское море имело низкое биоразнообразие; было немного (если они вообще здесь были) эндемичных видов, и, как кажется, не было никаких главных отличительных лимнологических характеристик.

Важно добавить, что это утверждение не отрицает и недооценивает огромную важность «изначального» озера как природной экосистемы в масштабе региона. Не отрицается и значительное снижение природоохранной ценности озера, которое, вероятно, следовало за исчезновением множества островов в юго-восточной

### Солености в некоторых больших постоянных соленых озерах

Озеро	Соленость, г/л
Типичное пресноводное озеро	<1
Балхаш, Казахстан (восточный бассейн)	4
Иссык-Куль, Киргизия	6
Каспийское море, центральная Азия	10—12
Квиндау Ху	12.5
Ван, Турция	22
Дедмус, Канада	22—32
Морская вода	35
Корангамит, Австралия	50
Моно, США	90
Мертвое море, Ближний Восток	340
Насыщенный раствор NaCl	357

Примечание. Данные для типично пресных, морских и насыщенных растворов NaCl включены для сравнения, и приводятся только наиболее последние данные для перечисленных соленых озер (по разным источникам).

части озера, прежде служивших важным местом кормежки, размножения, убежища для многих видов мигрирующих и оседлых птиц и других позвоночных животных. Целью этого заявления является, единственно, показать, в какой степени современные изменения лимнологических свойств озера представляют фундаментальные потери биоразнообразия и значения уникального лимнологического объекта.

### НЕДАВНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГЛОБАЛЬНОМ КОНТЕКСТЕ

Значительное падение уровня (и соответствующее увеличение солености) многих постоянных больших соленых озер имело место во всем мире в течение нынешнего столетия. Вильямс (1993) недавно обратил внимание на этот феномен, отмечая глобальный масштаб этих изменений, не вполне оцененных лимнологами: лимнологи, интерес которых сосредоточен на изменениях в отдельных соленых озерах, не видят более широкую картину целиком.

В Северной Америке уровень воды в оз. Моно упал более чем на 10 м с 1920 г., а оз. Пирамид — примерно на 21 м с 1910 г.; на Ближнем Востоке Мертвое море — примерно на 8 м с 1980 г., что касается других мест в Азии, то колебания уровня Балхаша в прошлом веке составляли примерно 3 м, но ожидается, что начавшееся в 1960 г. снижение его уровня продолжится. Уровень Иссык-Куля с 1876 г. упал уже примерно на 10 м, а уровень крупнейшего озера в Китае (Квиндау Ху) — примерно на 10 м с 1908 г. В Австралии, на оз. Корангамит (крупнейшее постоянное соленое озеро на континенте) с 1960 г. уровень воды упал на 3 м, и уровень соседних постоянных соленых озер (Гнотук, Буллен Мерри) также

упал за это столетие. В Восточной Африке тоже накапливаются доказательства того, что падают уровни, по меньшей мере, нескольких крупных соленых озер (например оз. Элментейна в Кении — на 0.7 м с 1978 г.).

С изменением климата связаны лишь немногие из этих параметров; большей частью они связаны с забором воды из впадающих в эти озера рек, а в нескольких случаях — с изменением водосборного бассейна, что подразумевается как главная причина.

Два самых выдающихся примера соленых озер, уровень которых в настоящее время не только не упал, но даже растет, — это Каспийское море и Большое Соленое озеро. Оба примера требуют краткого обсуждения. Уровень Каспийского моря казался постоянным с 1930 до 1975 гг. при общем падении за этот период около 3 м. Большинство ученых приписывало это забору воды из впадающих в него рек. С 1978 г., тем не менее, уровень поднялся примерно на 1 м. Этот подъем стали объяснять эффектом сокращения испарения с поверхности Каспия, которое могло произойти из-за повышения общего увлажнения региона как следствия увеличения испарения с орошаемых территорий в Средней Азии (Kadukin, Klige, 1991). Подъем уровня Большого Соленого озера, как было отмечено, приписывается недавним изменениям в количестве выпадающих осадков и величине испарения. Их влияние на водный баланс оказалось большим, чем влияние изъятия речного стока.

Во всех соленых озерах уровень воды и соленость связаны, и соленость в тех озерах, где уровень воды упал, почти везде возросла. В приведенных примерах соленость возросла от 48 до 90 г/л в оз. Моно, начиная с 1941 г.; с 3.8 до 5.5 г/л в оз. Пирамид в период между 1933 и 1980 гг.; с 200 до 340 г/л в Мертвом Море, начиная с 1910 г.; с 5.6 до 12 г/л в Квиндау Ху с начала 50-х гг.; с 35 до 50 г/л в оз. Корангамит с 1960 г. Единственным известным исключением является оз. Иссык-Куль, где соленость осталась постоянной, на уровне 5.8 г/л. Эту стабильность легко объяснить большим объемом озера (1755 км<sup>3</sup>).

Из всего вышеизложенного ясно, что недавнее падение уровня и подъем солености Аральского моря не является необычным явлением с точки зрения глобальных перспектив.

Что касается абсолютных значений, то действительное падение уровня (15 м) и увеличение солености (на 20 г/л, с 10 до 30 г/л) и в Аральском море также не является необычным. Падение уровня является самым значительным за такой короткий отрезок времени, но солености изменились только на 20 г/л. Однако, надо также добавить, что степень влияния падения уровня сильно определяется морфометрией озерного бассейна, а степень роста солености — ее исходной величиной. Для Аральского моря это воздействие было большим в обоих случаях: мелководность Аральской озерной котловины привела к обнажению больших площадей бывшего дна, а соленость изменилась от толерантной

(для большинства по сути пресноводных форм) до солености, которую эти виды не выдерживают, и опять же, аналогичные явления были описаны в других соленых озерах.

### ОЗЕРО КАК ИСТОЧНИК РЕСУРСОВ

Примерно до начала 1960 г. Аральское море имело важное рыбохозяйственное значение. Уловы были небольшими (около 44 000 т в год), но, однако, значительными для местной экономики. Помимо этого, озеро имело значительное социально-культурное значение для региона, и, безусловно, было важным объектом как в природоохранном смысле (см. выше), так и в региональном природоведческом аспекте. С 1960 г. все эти важные черты значительно обесценились, в некоторых случаях до ничтожной величины. Наиболее заметным стало полное прекращение рыболовства.

Так как предсказывалась полная утрата ресурсной ценности, то в планах, которые пытались оценить современную и будущую ценность озера, обнаружился полный пессимизм. Когда перед их авторами ставятся конкретные задачи, то появляются предложения, полностью игнорирующие внутренние ресурсы самого озера. Таким примером является результат работы правительственной комиссии, которой бывший Верховный Совет поручил разработать предложения по разрешению Аральского кризиса (Kotlyakov et al., 1992). Ее предложения принимали во внимание все ресурсы, исключая сам Арал. В этом отношении, по крайней мере, комиссия следовала традиционным консервативным взглядам, которые рассматривают соленые озера как водоемы с ограниченным ресурсным значением.

В этом контексте следует повторить, что соленые озера, особенно имеющие сходные (или даже более высокие) солености, чем в современном Аральском море, имеют несомненную ценность и много вариантов использования.

В связи с этим отметим, что соленость 30 г/л лежит в нижнем пределе соленостей, зарегистрированных для соленых озер (где солености могут быть более 300 г/л) (см. табл. 1) и далека от соленостей, неблагоприятных для большинства форм жизни. Множество соленых озер по всему миру, имеющих сходную или более высокую соленость, чем в современном Аральском море, по-прежнему демонстрируют широкое биоразнообразие. Напомним, что морская среда обитания как таковая (с соленостью 35 г/л) имеет значительное биоразнообразие, и ее биологическая продукция может быть высокой. То, что морская среда имеет много важных аспектов использования, не вызывает ни у кого сомнений.

Используемость и ценность соленых озер, без сомнения, может быть сведена к экономическому использованию и культурному, эстетическому, рекреационному, научному, образовательному и экологическому значениям (Williams, 1993). Относительная важ-

ность этих аспектов будет варьировать от озера к озеру, но все они являются в той или иной степени присущими всем соленым озерам, включая Аральское море.

Экономическая ценность соленых озер включает в себя использование содержащихся в них солей (особенно NaCl), пресной воды, энергии (геоотермальные пруды) и генетического материала (передача соленостной толерантности) и как среда обитания для экстенсивного и интенсивного культивирования рыбы, артемии (важный источник корма в аквакультурах), и отдельных видов водорослей и цианобактерий (особенно *Dunaliella* как источника  $\beta$ -каротина и глицерола, и *Spirulina* как источника белка). Неэкономическое значение в данном случае нами не рассматривается, но в этой связи его не следует недооценивать. Для Аральского моря достаточно лишь признать его существование.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Целью настоящей работы не является разработка плана использования ресурсов Аральского моря. Мы ставили перед собой цель только показать лимнологическую перспективу прошлых и настоящих изменений в озере. Предыдущий раздел, однако, уделит внимание нескольким потенциальным ресурсам соленых озер, включая Аральское море, и было бы неправильно не предположить, что какие-либо ресурсы Арала могут быть разработаны ранее других.

При нынешних соленостях наиболее очевидным хозяйственным использованием является аквакультура. Известны некоторые виды рыб из внутренних вод с соленостями более 30 г/л, и следует предпринять поиск этих видов, более пригодных для интенсивного и экстенсивного разведения в водах Аральского моря, начиная с озер с близкой соленостью в центральной Азии. Необходимо развитие поддерживающей экосистемы, и это предполагает поиск подходящей биоты, снова начиная с соленых озер Центральной Азии. Значительные исследования понадобятся, чтобы подвести фундамент под эти мероприятия. Будут необходимы более интенсивные работы, а не спорадические набеги, каковыми были до сих пор биологические исследования на Аральском море.

После аквакультуры развитие туризма, возможно, будет наиболее полезной деятельностью, которую следует предпринять. Опять понадобятся соответствующие финансовые «вливания», в данном случае в базовую инфраструктуру. Отметим, что туризм является наиболее быстро растущей областью и существенным компонентом экономики большого числа стран, где все возрастающее число туристов привлекается местами, представляющими существенный рекреационный, эстетический и культурный интерес (например озера Моно, Накуру, Этоша Пан, Эйре).

В заключение следует отметить, что теперь, какой бы ресурс Аральского моря ни использовался, мы должны подходить к нему

более рационально, чем до этого. При отсутствии такого рационального использования ресурсов нынешние проблемы могут только обостриться.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бартольд В. В. Информация об Аральском море и нижнем течении Амударьи с античных времен и до XVII века // Научн. рез. Аральской экспедиции. Т. 2.— Ташкент, 1902. С. 74—170.
- Плотников И. С., Аладин Н. В., Филиппов А. А. Прошлое и настоящее фауны Аральского моря // Зоол. журн., 1991. Т. 70. Вып. 4. С. 5—15.
- Aladin N. V., Potts W. T. W. Changes in the Aral Sea ecosystem during the period 1960—1990 // *Hydrobiologia*, 1992. Vol. 237. P. 67—79.
- Aladin N. V., Williams W. D. Recent changes in the biota of the Aral Sea // *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 1993. N 25. P. 790—792.
- Bowler J. M. Australian salt lakes. A palaeohydrological approach // *Hydrobiologia*, 1981. Vol. 82. P. 431—444.
- Dunin-Barkovsky L. V. Integrated historical-archaeological and palaeogeographical studies of drainless lakes in the USSR // D. C. Greer (Ed.) *Desertic Terminal Lakes*.— Logan: Utah State University, 1977. P. 91—94.
- Eliseyev D. O. What is the matter with the Aral Sea: Is it perishing or retreating to its former bounds? // *Salinet*, 1991. N 5. P. 81—82.
- Ellis W. S. The Aral. A Soviet sea lies dying // *National Geographic*, 1990. February. P. 73—92.
- Glantz M. H., Rubinsteyn A. R., Zohn I. Tragedy in the Aral Sea Basin: Looking back to plan ahead // *Proceedings of seminar. Central Asia: its strategic importance and future prospects*.— Villanova University, Pennsylvania, 1992. P. 1—42.
- Kadukin A. I., Klige R. K. The water balance of the Caspian Sea and Aral Sea // *Hydrology of Natural and Manmade Lakes*.— IAHS Publication, N 206. 1991. P. 55—60.
- Kes' A. S., Klyukanova I. A. Causes of Aral Sea level variations in the past // *Soviet Geography*, 1990. XXXI. P. 602—612.
- Kotlyakov V. M. et al. Concept for preserving and restoring the Aral Sea and normalising the ecological, public health and socioeconomic situation in the Aral region // *Post Soviet Geography*, 1992. XXXIII. P. 283—295.
- Kvasov D. D. The late Quaternary history of the Aral Sea // *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 1978. 25(1/2). P. 223—226.
- Micklin P. Touring the Aral: Visit to an ecologic disaster zone // *Soviet geography*, 1991. XXXII. P. 90—105.
- Shnitnikov A. V. On the Holocene history of the Aral Sea // *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 1969. N 17. P. 400—413.
- Stephens D. W. Changes in lake levels, salinity and the biological community of Great Salt Lake (Utah, USA), 1847—1987 // *Hydrobiologia*, 1990. Vol. 197. P. 139—146.
- Stine S. Late Holocene lake fluctuations and island volcanism at Mono Lake, California // *Holocene Paleoclimatology and Tephrochronology East and West of Central Sierran Crest*.— Genny Smith Books, Palo Alto, California, 1984. P. 21—49.
- Williams W. D. Conservation of salt lakes // *Hydrobiologia*, 1993. Vol. 267. P. 291—306.
- Williams W. D. The worldwide occurrence and limnological significance of falling water-levels in large, permanent saline lakes // *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 1993. N 25. P. 793—799.
- Williams W. D., Aladin N. V. The Aral Sea: recent limnological changes and their conservation significance // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1991. N 1. P. 3—23.

#### Summary

W. D. Williams

#### THE ARAL SEA: A LIMNOLOGICAL PERSPECTIVE

The problem of level fluctuations and secular changes in hydrological regime of the Aral Sea and other saline lakes in palaeolimnological aspect were studied. A natural feature of salt lakes is significant secular change in limnological character. Fluctuations in the water-level of the Aral Sea (and associated features) are of a sort that have occurred in large salt lakes elsewhere both in the geological and more recent past. The recent fall in water-level and rise in salinity of the Aral Sea is not unusual phenomenon within a global perspective. Perspective of use of these water bodies are discussed. In spite of the recent significant changes the Aral Sea conserves its great resource potential.