

## Глава 8. ОЗЕРА, КОТОРЫЕ МЫ ПОТЕРЯЛИ

На протяжении XX века широкомасштабный разбор воды на хозяйственные нужды, и, прежде всего, на нужды сельского хозяйства, привел к значительным сокращениям озерного фонда, который согласно приблизительным оценкам, уменьшился на 100 тыс. км<sup>2</sup> (Измайлова, 2010). Основными составляющими этой величины являются потерянные водные площади таких когда-то крупнейших озер как Аральское море (до 1960-х гг. четвертое по площади озеро мира) и оз. Чад (до 1960-х гг. четвертое по площади озеро Африканского континента), их площади водного зеркала сократилась на 50 и 25 тыс. км<sup>2</sup>, соответственно. Когда-то огромное Аральское море распалось к сегодняшнему дню на несколько остаточных водоемов, среди которых наиболее приемлемое экологическое состояние сохраняет лишь Малый Арал (3.3 тыс. км<sup>2</sup>). Большой Арал, отделившийся в 1988-89 гг. от некогда единого водоема, быстро мелел и осолонялся; сначала он распался на Восточный и Западный Арал, а затем, в 2006 г. от Восточного Большого Арала отделился залив Тшебас. На сегодняшний день суммарная площадь всех водоемов, оставшихся на месте Большого Арала составляет около 14 тыс. км<sup>2</sup>. Усыхание Аральского моря является одной из крупнейших экологических катастроф XX века. По мнению ряда специалистов, без принятия соответствующих мер существует большая вероятность полного исчезновения Большого Арала уже к 2020 году.

В обширное болото превратилось за последние пол столетия и оз. Чад. На сегодняшний день его площадь в сухой сезон не превышает 1 тыс. км<sup>2</sup>, только в сезон дождей озеро еще существует как мелководный водоем с площадью зеркала до 5 тыс км<sup>2</sup> и глубинами около 1.5 м; области открытой воды сохранились лишь в его южной части, близ устья р. Шари. Поскольку современные водные требования в бассейне оз. Чад очень высоки, восстановление озера в прежнем объеме без дополнительных масштабных перебросок стока становится практически невозможным даже при благоприятных климатических условиях. В этой связи для спасения оз. Чад и обеспечения водопользования в его бассейне был предложен план переброски в него вод р. Убанга (бассейн р. Конго) по р. Шари. Реализация проекта

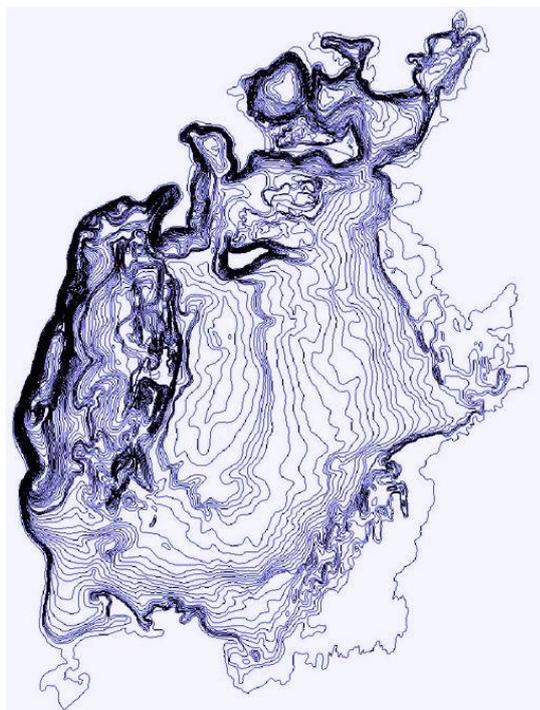
может обеспечить годовой сток по р. Шари объемом от 40 до 100 км<sup>3</sup>, что позволит не только восстановить озеро в прежних границах, но и обеспечит требования всех водопользователей, в том числе и сельское хозяйство региона.

### 8.1. АРАЛ ИЛИ АРАЛЬСКОЕ МОРЕ

Арал или Аральское море - огромное бессточное соленое озеро, расположенное в аридной зоне, в северо-западной части Средней Азии на границе Казахстана и Узбекистана. Еще в середине XX в. оно являлось четвертым по площади водной поверхности континентальным водоемом Земли. Морем его называли благодаря огромным размерам и режиму, сходному с морским. До середины XX в. Аральское море располагалось между 43°17' и 46°43'с.ш. и 58°15' и 61°51'в.д. При уровне воды 53.4 м его площадь составляла 67499 км<sup>2</sup>, объем заключенной воды - 1089 км<sup>3</sup>, средняя глубина была 16.1 м, а максимальная - 69 м (Аладин и др., 2006). Площадь Большого моря составляла 61381 км<sup>2</sup> при объеме 1007 км<sup>3</sup>, на долю Малого моря приходилось 6118 км<sup>2</sup> и 82 км<sup>3</sup> соответственно. С начала 1960-х гг. из-за чрезмерного водозабора на орошение, происходящего из основных питающих его рек - Амударьи и Сырдарьи, Аральское море стало ускоряющимися темпами мелеть, в результате чего за 50 лет его площадь сократилась более чем на 55 тыс. км<sup>2</sup>. К началу XXI в. от единого озера осталась лишь серия остаточных водоемов (рис. 8.1). Усыхание Аральского моря является одной из крупнейших экологических и самой крупной лимнологической катастрофой XX века. Происходивший на глазах одного поколения процесс опустынивания по своим масштабам и интенсивности не имеет аналогов в мировой практике и последствия его еще плохо изучены.

Геологически Аральское море сравнительно молодо, его возраст оценивается около 140 тыс. лет (Аширбеков, Зонн, 2003). Занимаемая морем котловина обязана своим существованием мощным тектоническим процессам, происходившим в Центральной Азии еще в неогеновый период. Кроме того, на ее формировании сказались также дефляционные и водно-эрозионные процессы (Рощенко, 2010). Котловина состоит из нескольких меньших котловин следующего порядка разной площади и глубины: наиболее глубокой Западной и более мелкой

Восточной части Большого моря и трех менее глубоких впадин Малого моря. По мере падения уровня эти части и стали котловинами тех водоемов, на которые распалось Аральское море. При отметке 39 м море разделилось на Большой и Малый Арал, а при отметке 29 м Большой Арал, в свою очередь, распался на Восточную и Западную части.

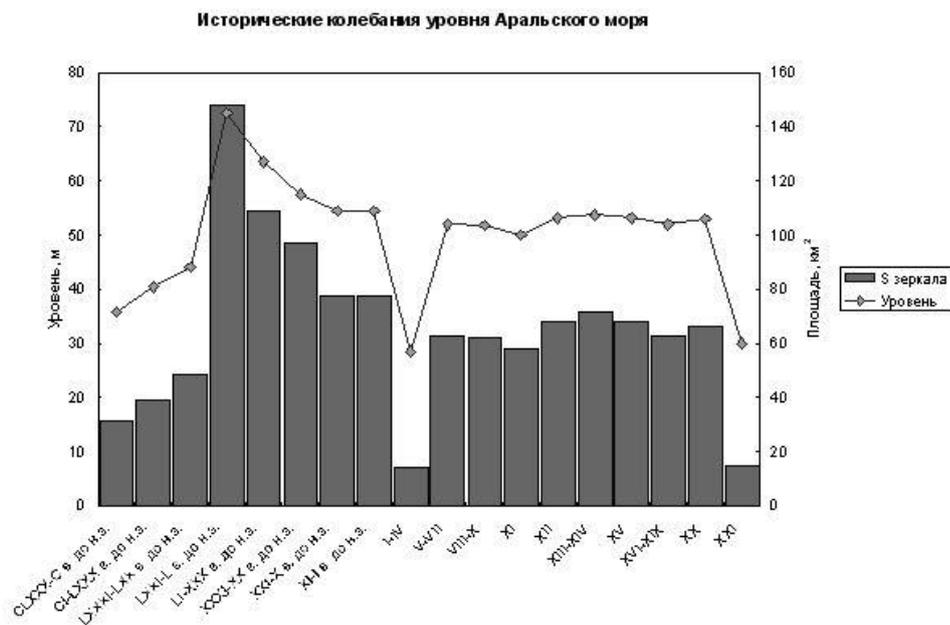


**Рис. 8.1.** Аральское море, (а) - батиметрическая карта моря до усыхания, источник: Проект ИНТАС-0511 REBASOWS; (б) - спутниковая съемка, август 2010 г. Фото NASA.

### *Исторический очерк*

В четвертичное время гидрографическая сеть Центральной Азии претерпевала значительные изменения, связанные с миграцией русел основных рек, протекающих по данному региону. Так, р. Амударья оканчивала свое течение попеременно то в Сарыкамышской, то в Аральской котловине. В ряд периодов сток обеих основных рек, и Амударьи, и Сырдарьи, не достигал Аральского моря, в результате чего оно начинало быстро мелеть и на его территории образовывалась пустынная местность. Во время усыхания моря минерализация воды резко поднималась, способствуя выпадению солей (Кесь, 1983). Около 4 тыс. лет назад р. Амударья вновь изменила свое течение, повернув от Сарыкамышской впадины на север в сторону Аральского моря, питаемого к этому времени стоком р. Сырдарья. В результате этого поворота произошло последнее обводнение Арала. Уже в историческую эпоху наблюдались существенные колебания уровня Аральского моря, на его отступившем дне были обнаружены остатки саксаулов и древних строений, в том числе средневекового мавзолея (Кедери), а также останки небольшого кладбища.

Вопросам истории изменения уровня Арала посвящено множество работ (Абрамова, 1979, Андрианов, 1980, 1991, Вейнбергс и др., 1979, История озер ..., 1991, Квасов, 1980, Кесь 1983, 1991, Маев и др., 1983, Мамедов, Трофимов, 1986, Рубанов, 1980, 1987 Трофимов, 2006, Федоров, 1983, Хрусталева, Резников, 1976, Шнитников, 1983 и др.). Авторы этих работ на основе геологических и исторических изысканий восстанавливают различные этапы расширения и обмеления Арала. Шнитников (1983) утверждает, что Арал на протяжении своей истории претерпел пять или семь крупных трансгрессий, наиболее мощным из которых принадлежат наиболее высокие террасы, относящиеся к раннему плиоцену или к акчагылу. Согласно выводам Кесь (1991), первый этап обводнения Арала происходил в позднем плиоцене, когда западные равнины Средней Азии были затоплены водами обширного акчагыльского, а затем апшеронского моря. Современный этап, по ее мнению, начался приблизительно за 2 тысячи лет до н. э., с поворота р. Амударьи от Сарыкамышской впадины на север. Подробную схему ретроспективной истории колебаний уровня Аральского моря за последние 100 тыс. лет воспроизвел



**Рис. 8.2.** Исторические колебания уровня Аральского моря, по данным Трофимов, 2006.

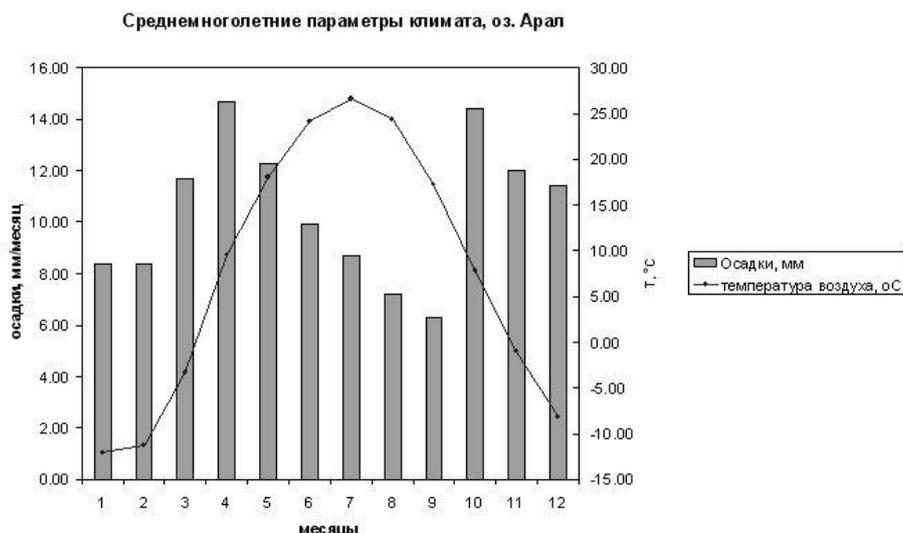
Трофимов (2006), обобщив полученные ранее данные ряда авторов. Эта схема приведена на рис. 8.2.

Несмотря на различные мнения, расхождения в датировках и причинности происходивших процессов, практически все авторы, занимавшиеся историей Аральского региона, приходят к общему выводу о том, что в доисторические времена изменения уровня воды и солёности Арала фактически полностью определялись изменениями естественного климата. В течение влажной климатической фазы реки Сырдарья и Амударья были многоводны, и озеро достигало максимального уровня 72-73 м., в фазы засушливого климата обе реки становились маловодными, уровень Арала падал, и росла степень засоления Приаралья. В историческое время, с момента образования древнего Хорезмского государства, на изменения режима питающих озеро рек наряду с естественными причинами начинает оказывать воздействие деятельность человека - создание защитных дамб в периоды расцвета местных цивилизаций и их разрушение в периоды захвата региона. Кроме того, в периоды расцвета цивилизаций происходило увеличение площадей орошения, вызывающее рост водозабора. В неблагоприятные для региона периоды (войны, захват территории т. д.) орошаемые земли сокращались, а реки, питающие Арал, опять наполнялись водой

(Духовный, Шуттер, 2003). Амплитуда колебаний уровня Аральского моря в исторический период (за последние 4-6 тысяч лет) согласно геологическим, геоморфологическим и археологическим данным составила более 20 м (Рубанов, 1987).

### **Климат**

Аральское море расположено на севере зоны континентального аридного субтропического климата в сфере деятельности зимнего Сибирского антициклона и летней Южно-Азиатской барической депрессии, определяющих основную барическую обстановку в этом районе. Температура воздуха увеличивается с севера на юг, вслед за солнечной радиацией. Для региона типична большая амплитуда суточных и сезонных температур, средние годовые амплитуды составляют 33-36°C, наибольшие – до 85°C. Зимой в регион легко проникают холодные воздушные массы из Сибири, так что средняя температура января составляет на севере – (-12°C), на юге – (-6°C), минимальные зимние температуры – (-38°C) (рис. 8.3). Весной отрог Сибирского антициклона разрушается, и окружающие Арал пространства оказываются под воздействием Южно-Азиатского минимума. Лето продолжительное, жаркое и сухое, средние температуры июля - 26°C и 30°C, максимальные - 45-50°C (Гидрометеорология ..., 1990).



**Рис. 8.3.** Среднемесячные климатические параметры Аральского моря, ст. Аральск.

Закрытое расположение Центральной Азии в Евро-Азиатском континенте определяет малое количество осадков и их неравномерное распределение в течение года. Общая сумма годовых осадков составляет в низинной части бассейна 80-200 мм в год с максимумом, приходящимся на зимне-весенний период и вторым подъемом осенью (октябрь-ноябрь). В предгорьях выпадает 300-400 мм осадков, а на южной и юго-западной стороне горных цепей - 600-800 мм.

#### **Характеристики водного баланса**

Бассейн Аральского моря представляет собой замкнутый бессточный регион, который питается стоком рек Амударья и Сырдарья, причем бас. р. Амударья превышает бас. р. Сырдарья почти в два раза. Весь бассейн может быть разделен на две основные зоны: горную, в которой формируется весь сток, и равнинную транзитную зону, протекая по которой сток частично рассеивается (теряется на испарение, фильтрацию и изымается на орошение и др. хозяйственные нужды). Расположенная на востоке и юго-востоке горная часть бассейна охватывает высокогорные хребты Тянь-Шаня и Памира. Зона транзита стока включает на западе и северо-западе Туранскую равнину, покрытую пустынями Кара-Кум и Кызыл-Кум, а также аллювиальные и межгорные долины, сухую и полусухую степи.

Среднемесячные водные ресурсы бассейна р. Амударья оцениваются в 75 км куб., а р. Сырдарья - в 37 км куб. или в сумме - 112 км

куб (Михайлов, 1999). Колебания их годовых величин довольно существенны ( $C_v = 0.15$  и  $0.21$ , соответственно) и характеризуются значительной синхронностью ( $R = 0.83$ ). Источниками питания и Амударья, и Сырдарья являются преимущественно талые воды сезонных снегов и ледников, расположенных в высокогорной части бассейна. В своем среднем течении р. Амударья получает сток рек Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад и Кундуз, тогда как Сырдарья, выйдя за пределы высокогорья, добывает еще около 25% от общей величины своего стока. Спустившись на равнину, Амударья и Сырдарья даже в естественном состоянии теряли около половины своего стока, так что Аральского моря до середины XX в. достигала лишь 50-60 км<sup>3</sup> воды, или в среднем 56 км<sup>3</sup>. Причем на долю Амударья приходилось 46, а на долю Сырдарья 10 км<sup>3</sup>. В результате хозяйственной деятельности эта величина катастрофически сократилась, прежде всего, за счет разбора стока на орошение, и уже в конце XX в. до озера дотекало в общей сумме лишь около 5 км<sup>3</sup> воды.

Приходная часть водного баланса Аральского моря складывается из речного притока (Амударья и Сырдарья), осадков, выпадающих на поверхность моря, и составлявших до начала усыхания около 8.6 км<sup>3</sup> в год (Шнитников, 1957), а также притока подземных вод, объем которого оценивался в 1.3-3.4 км<sup>3</sup>/год (Гидрометеорология ..., 1990). Расходная часть состоит практически только из испарения с водной поверхности, составлявшего до начала усыхания



**Рис. 8.4.** Водный баланс Аральского моря до его разделения, данные из опубликованных материалов проекта ИНТАС-0511 REBASOWS.

ния  $64.5 \text{ км}^3$  (Шнитников, 1957). В естественных условиях доля притока в приходной части баланса (чуть менее 90%) была существенно выше, чем доля осадков на его поверхность (рис. 8.4).

В естественных условиях для речного притока были характерны значительные внутригодовые колебания, его максимум приходился на весну и начало лета.

#### *Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне*

Бассейн Аральского моря имеет площадь около  $1.55 \text{ млн. км}^2$  и охватывает всю территорию Таджикистана, Узбекистана, большую часть Туркменистана, три области Кыргызской Республики (Ош, Джалалабад, Нарын), две области на юге Казахстана (Кзыл-Орда и Южный Казахстан) и северную часть Афганистана и Ирана. Около  $0.59 \text{ млн. км}^2$  земель пригодны для сельскохозяйственного использования, около  $0.1 \text{ млн. км}^2$  обрабатываются и около  $0.08 \text{ млн. км}^2$  орошаются. Половина фактически обрабатываемых земель находится в оазисах (они естественно дренируются и имеют плодородные почвы), другая половина требует для использования проведения комплекса сложных и дорогостоящих мелиорационных мероприятий, включающих

не только дренаж и выравнивание, но также улучшения структуры почв.

В силу крайней аридности климата сельское хозяйство региона исторически существует преимущественно за счет орошения. Начало активного орошаемого земледелия прослеживается с VI-VII вв. до н.э. и совпадает с наивысшим расцветом древнейших цивилизаций, где орошение являлось основным решающим фактором исторического и социально-экономического развития. К началу XX в. общая площадь орошаемых земель бассейна Аральского моря составляла  $3246 \text{ тыс. га}$  (1913 г.). В 1930-е гг. началось масштабное строительство оросительных каналов, которое особенно интенсифицировалось в начале 1960-х. До 1960 г отбор воды на все нужды региона постепенно возрастал, но не превышал  $63 \text{ км}^3$ , в том числе  $29-42 \text{ км}^3$  воды изымалось безвозвратно, доля водозабора на орошение составляла около 90 %. К 1965 г. площади орошаемых земель увеличились до  $5129 \text{ тыс. га}$ , а к 1985 – до  $6895 \text{ тыс. га}$ . Население региона с 1960 по 1995 гг. выросло с 14 до 36 млн. человек, как результат требования на воду в народном хозяйстве возросли в 2 раза. К середине 1980-х гг суммарный водозабор составил порядка  $95.0 \text{ км}^3$ , а к 1990 г. – около  $120 \text{ км}^3$ . Огромные темпы роста водозабора были вызваны не только ростом орошаемых площадей и численности населения, но и

увеличением интенсивности самого орошения, а также недостаточными мерами по борьбе с потерями воды. В зоне Каракумского канала на уровень 1970 г. на 1 га орошаемой земли расходовалось 25000, а в среднем и нижнем течении Амударьи – 27 000 м<sup>3</sup>/воды в год. На фильтрацию и испарение Каракумского канала ежегодно терялось 2.8 км<sup>3</sup> воды, и в Сарыкамышскую котловину ежегодно сбрасывалось около 3 км<sup>3</sup> (Аламанов и др., 2006).

В начале 1990-х гг. в связи с кризисом, явившимся результатом распада бывшего СССР наблюдалась тенденция к снижению водозабора, примерно на 10%, всеми республиками бассейна Аральского моря кроме Республики Узбекистан. Несмотря на это уровень Аральского моря продолжал снижаться.

### *Аральское море до начала усыхания*

С начала систематических наблюдений в XIX веке и до середины XX в. уровень Арала менялся в небольших пределах. В первой половине XIX в. он стоял достаточно низко, в 1845 г. и после 1860-х гг. были отмечены некоторое его повышения. Затем, к началу 1880-х гг. уровень опять сильно снизился, так что некоторые исследователи даже пришли к выводу о прогрессивном уменьшении воды в Средней Азии. С 1880-х гг. вплоть до 1906 г. происходило повышение уровня Арала, сначала — довольно медленное, а затем более быстрое. С 1907 по 1917 год наблюдалась череда лет различной водности, сменившаяся сначала понижением, а затем, после 1924 г. новым повышением стока. В целом, с конца XIX по середину XX в. уровень Аральского моря колебался около отметки 53 м, с амплитудой, составлявшей около 3 м (Духовный, Шуттер, 2003). Площадь его водной поверхности составляла от 65 до 67 тыс. км<sup>2</sup>, объем заключенной воды – 1040-1090 км<sup>3</sup>. На озере было свыше 1000 островов, среди которых наиболее крупные – Барсакельмес, Кокарал, Лазарева и Возрождения. На юге располагался Акпеткинский архипелаг, представляющий собой подтопленные морскими водами песчаные дюны пустыни Кызылкум.

Берега Аральского моря существенно различались между собой: вдоль западного берега тянулось плато Устюрт, круто спускающееся к озеру обрывами до 250 м высоты, северный берег также был достаточно высоким, тогда как восточный и южный – низменными. Большую

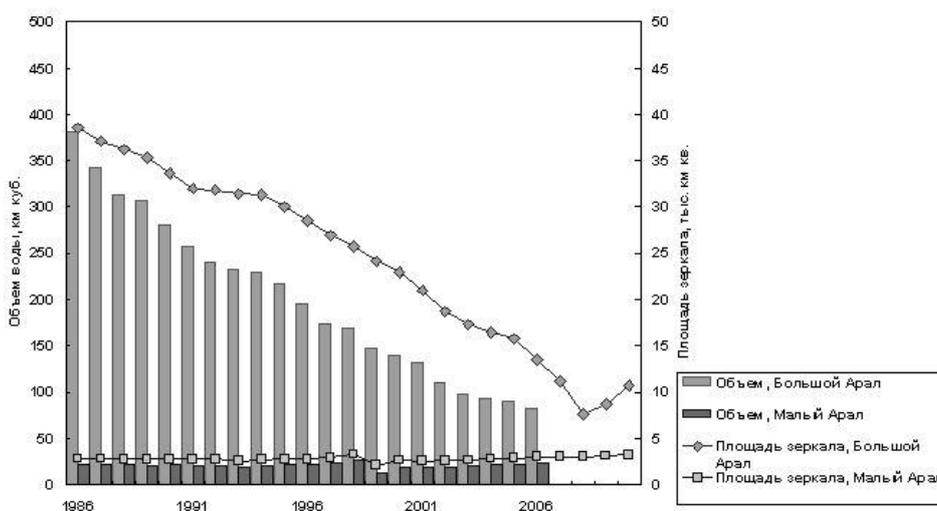
часть южного берега занимала обширная дельта р. Амударьи. Островом Кокарал Аральское море разделялось на 2 неравновеликие акватории: меньшую северную – Малый Арал и большую южную – Большой Арал, соединявшиеся двумя проливами. На западе – узким и мелководным (до 2 м) проливом Аузы-Кокарал, а на востоке – широким и глубоким (до 13 м) проливом Берга. В Малом Арале свои котловины занимала основная акватория и несколько заливов. Большой Арал подразделялся на глубоководную западную часть, обширный восточный бассейн и залив Тщebas в северо-западном углу (Аладин и др., 2005).

### *История усыхания*

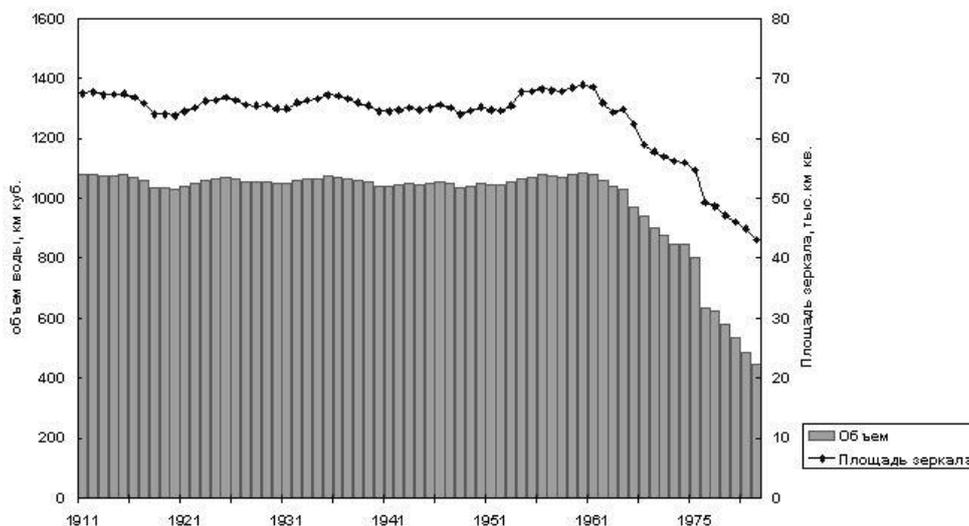
После активного расширения орошаемых площадей, начавшегося в 1960-е гг., водный баланс Арала был практически полностью изменен в связи с многократным увеличением объемов водозабора. Уже в 1960-е гг. сток питающих озера рек снижается до 43 км<sup>3</sup> в год (исключая аномально многоводный 1969 г.), и водный баланс озера становится отрицательным. Начинается вначале медленное, а затем катастрофически ускоряющееся падение его уровня, сопровождаемое ростом солености. В 1960-е гг. падение составляло в среднем 0.2 м в год., и к концу десятилетия уровень опустился до отметки 51.5 м. В 1970-е гг., когда совместный приток воды в озеро сократился до 16.7 км<sup>3</sup>, падение уровня составило уже 0.5-0.6 м. В результате к концу 1970 гг. уровень воды упал до отметки 47 м, площадь озера сократилась до 52 тыс. км<sup>2</sup>, а объем до 644 км<sup>3</sup> (Аширбеков, Зонн, 2003) (рис. 8.5). В 1977—1978 гг. соленость воды в озере поднялась до значений, при которых быстро и почти одновременно исчезла вся рыба, кроме акклиматизированной камбалы.

1980-е гг. оказались крайне засушливыми, так что в результате аномального маловодья и наложившегося на него увеличения водозабора, реки Амударьи и Сырдарьи в 1982, 1983 и 1985 гг. перестали дотекать до озера (Бортник и Чистяева 1990). Среднее снижение уровня воды Арала составило в 1980-е гг. уже 0.8 м в год. В результате к 1987 г. он упал до отметки +40.3 м абс., площадь озера сократилась на 40% до 41.1 тыс. км<sup>2</sup>, а его объем уменьшился на 2/3 до 401 км<sup>3</sup> (Аладин, Плотников, 2008). Соединявший северный и южный Арал пролив Берга пересох, и за 1988-1989 гг. Аральское море распалось на два новых водоема с разным гидрологическим режимом: северный Малый Арал, питаемый

**Изменение площади зеркала и объема воды Большого и Малого Арала**



**Изменение площади зеркала и объема воды в Аральском море**



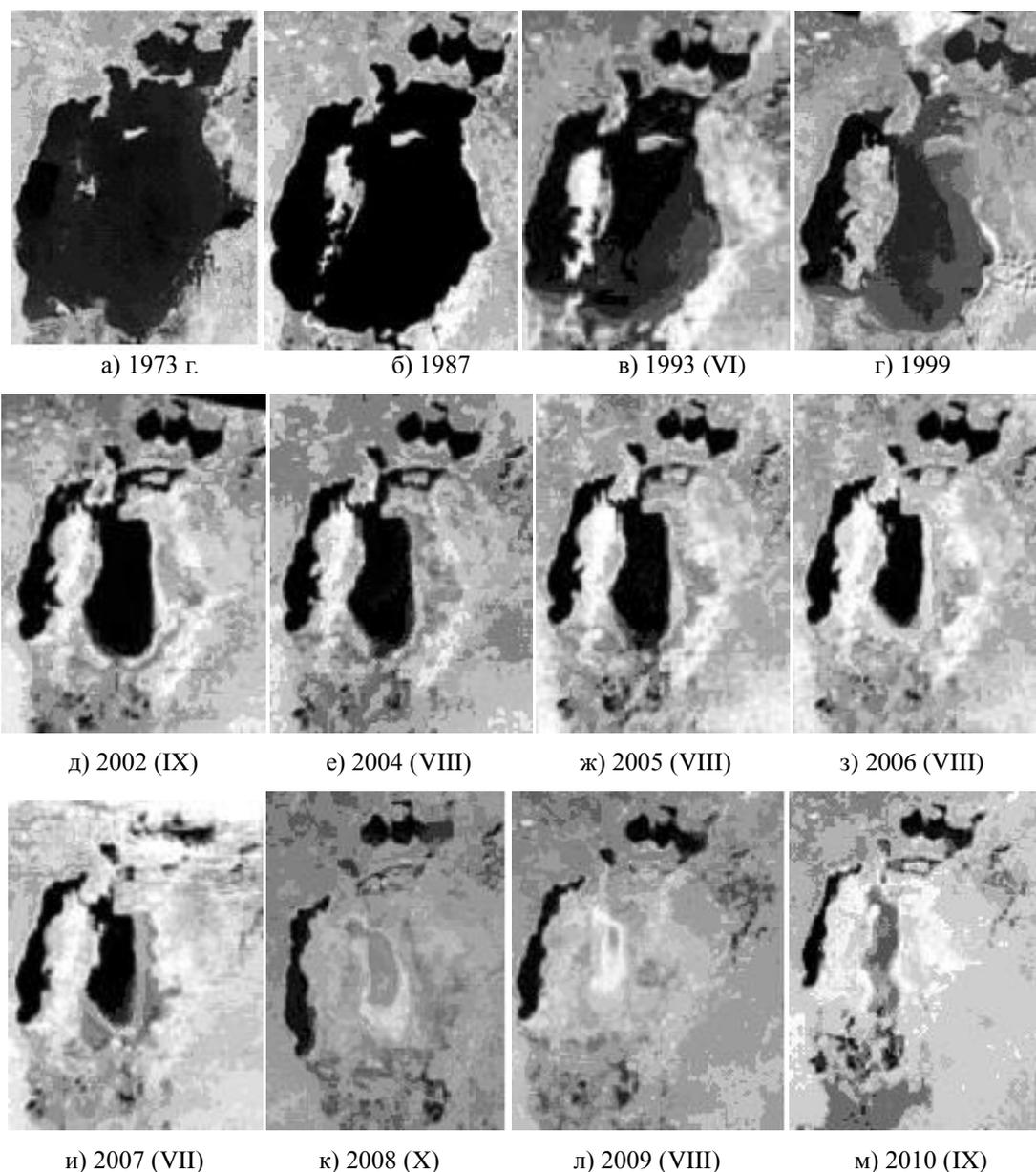
**Рис. 8.5.** Изменение площади и объема Аральского моря по мере обмеления, данные из опубликованных материалов проекта ИНТАС-0511 REBASOWS, и ИЦ ОМЗ

водами Сырдарьи и южный Большой Арал. Площадь Большого Арала при его отделении в конце 1980-х гг. составила 33,5 тыс. кв. км, а Малого – около 3 тыс. км<sup>2</sup>.

В 1990 г. Верховный Совет СССР признал Приаралье зоной экологической катастрофы. В это же время Казахстан предпринял первую реальную попытку хотя бы частичного восстановления Малого Арала. Идея спасения состояла в прекращении стока его вод в Большой Арал за счет строительства в бывшем проливе Берга земляной дамбы, продлевающей Кокаральский полуостров, разделявший озеро на две части. В 1994 году дамба из местных

материалов, а точнее, из песка была построена, но уже в апреле 1999 г., когда уровень Малого Арала почти достиг высоты дамбы, во время весеннего шторма перемычку размывло, и накопленная вода вылилась в Большой Арал. В результате всего за две недели уровень Малого Арала снизился на 6 м. Однако, несмотря на разрушение дамбы, предпринятая попытка показала принципиальную возможность поднять уровень воды и уменьшить ее соленость (Миклин, Аладин, 2008).

После катастрофического размыва дамбы в 1999 г. Казахстан и Всемирный банк выделили на строительство новой дамбы около 86 млн.



**Рис. 8.6.** Динамика трансформации Аральского моря (спутниковые снимки): а-1973 г., б-1987 г., в – 1993 г. (июнь), г – 1999 г., д – 2002 г. (сентябрь), е – 2004 г. (август), ж – 2005 г. (август), з – 2006 г. (август), и- 2007 г. (июль), к- 2008 г. (октябрь), л – 2009 г. (август), м – 2010 г. (сентябрь). Фото NASA.

долларов в соотношении один к трем, и в рамках проекта «Регулирование русла реки Сырдарья и Северного Аральского моря» (РРССАМ) за 2003-2005 г. была возведена Коккаральская дамба. Главным элементом нового сооружения стала более мощная земляная дамба длиной 17 км, высотой 6 м, и шириной 300 м. Дамба включает бетонную плотину с гидротехническим затвором для регулирования пропуска воды. Большой объем стока реки Сырдарья следующей зимой положил начало восстановлению северного Малого Арала. В

результате за восемь месяцев уровень воды поднялся здесь с 40 до 42 м и площадь водной поверхности увеличилась на 18%. Соленость воды стала снижаться с 20 г/л на уровень 2005 до 11-13 г/л на уровень 2008 г. (Aladin et al, 2008). Снижение солености позволило начать восстановление рыбного хозяйства водоема. Если в конце 1990-х гг. уловы в Малом Арале составляли от 470 до 800 тонн, то к 2007 г. они поднялись до 1910 тонн. Предполагается, что к 2012 году улов рыбы в Малом Арале может увеличиться до 10 тыс. тонн.

Водный баланс Большого Арала с начала 1990-х гг. остается отрицательным (рис. 8.6). Его приходная часть складывается из атмосферных осадков, периодического стока из Малого Арала, притока подземных вод, а также небольшого остаточного стока из р. Амударьи и дренажных каналов оросительных систем. В результате отрицательного водного баланса высыхание и осолонение Большого Арала в течение последних десятилетий постепенно ускорилось. С падением уровня Большого Арала до +34 м абс. о-в Возрождения соединился на юге с материком, и оно разделилось на Западный и Восточный Арал. В 2001–2002 гг. между ними сформировалась узкая протяженная протока (Завьялов и др., 2006) по которой наблюдалось перетекание вод из одного водоема в другой. Первоначально преобладало течение из подпитываемой амударьинские воды восточной котловины в западную, однако, когда к концу лета уровень восточного бассейна становился ниже уровня западного, течение могло меняться на противоположное (Аладин, Плотников, 2008).

В 2006 г. от Восточного Большого Арала отделился залив Тщebas. К этому времени суммарная площадь всех водоемов, оставшихся на месте Большого Арала, составила 14325 км<sup>2</sup> при объеме заключенной воды – около 81 км<sup>3</sup> (Аладин и др., 2006). Во время весеннего сброса большого объема воды из Малого Арала пересохла северная оконечность восточного бассейна затоплялась, и связь с этим заливом на время восстанавливалась. К 2008 г. поступление амударьинских вод практически прекратилось, в результате чего сток по соединявшей Западный и Восточный Арал протоке стал происходить исключительно в восточном направлении.

По мнению большинства исследователей, уменьшение притока в Аральское море объясняется на 20% естественным маловодьем, определяемым климатическими условиями, а на 80% антропогенным фактором – безвозвратным изъятием воды на орошение (Бортник и др., 1991, Аламанов и др., 2006).

### ***Современное состояние***

Если после завершения строительства Кокаральской дамбы у Малого Арала появился шанс сохраниться, то Большой Арал, к сожалению, уже обречен. В настоящее время подъем уровня Большого Арала в годовом разрезе практически не прослеживается, в лучшем случае он не

меняется зимой, а в летнюю половину года происходит его резкое падение. Последние космические снимки свидетельствуют о катастрофическом высыхании Большого Арала (рис. XX). Снимки за 2008 и 2009 гг. показывают, что в летнее время от Большого Арала оставалось лишь Западное озеро, тогда как на месте Восточного была заметна только большая мелководная лужа. Снимок за более влажный 2010 г. представляет менее пугающую картину, очертания обоих озер (Западного и Восточного Арала) видны на нем достаточно четко. Согласно данным НЦ ОМЗ суммарная площадь озер, оставшихся от Арала в период с 2009 по 2010 г. выросла на 3.3 тыс км<sup>2</sup>.

По мнению специалистов Европейского космического агентства (ESA) существует вероятность полного исчезновения Большого Арала уже к 2020 году, на месте западной и восточной частей Большого Арала еще некоторое время будут оставаться два небольших водоема, хотя их судьба не долговечна, и, прежде всего, – судьба восточного водоема. Несколько более благоприятные прогнозы высказывают Миклин и Аладин (2008), они предполагают что у Большого Арала есть шанс сохраниться при площади 4300 км<sup>2</sup>, средней глубине около 2.5 м, и солености от 100 до 200 г/л. В любом случае, поскольку интенсивность деградации восточной и западной частей Большого моря прежде всего зависит от величины поступающего туда стока р. Амударьи, иная, более оптимистичная, судьба Большого Арала требует политической воли стран, расположенных в его бассейне. На сегодняшний же день на месте бывшего моря происходит завершение формирования новой пустыни, прозванной Аралкум, которая станет продолжением пустынь Каракумы и Кызылкумы.

Судьба Малого Арала значительно более оптимистична. Благодаря завершенной в 2005 г. Кокаральской дамбе, отделяющей Малый Арал от Большого, его площадь начала увеличиваться, а соленость воды — снижаться. Для сохранения Малого Арала необходимо обеспечение постоянного объема годового притока р. Сырдарьи в озеро на уровне не менее в 2.5 км<sup>3</sup>/год. Пока такой сток поддерживается, Малый Арал, наполняется и за счет периодического стока в солончак Большого Арала, постепенно опресняется. С конца 2000-х гг. в Малом Арале происходит восстановление рыбных популяций и заболоченных территорий. Согласно ожиданиям (Миклин, Аладин,

2008) соленость воды в Малом Арале со временем установится в пределах 3–14 промилле, в зависимости от места. При таких показателях озерная экосистема может почти полностью восстановиться и озеро, в границах Малого Арала, вновь обретет статус важнейшего рыбохозяйственного водоема региона.

На 2010-2015 г. запланирована реализация второй фазы проекта «Регулирование русла реки Сырдарья и Северного Аральского моря» РРССАМ-2, ведётся интенсивная работа по его подготовке. В июне 2010 г. состоялось заседание Рабочей группы экспертов-гидротехников, представителей областных административных органов и специалистов Исполкома МФСА в Кызылорде. Изначально в рамках второй фазы проекта планировалось построить плотину с гидроузлом в северной части Малого Арала, отделить зал. Сарышыганак и заполнить его водой по специально прорытому каналу из устья р. Сырдарья, доведя уровень воды в нём до 46 м. От залива предполагалось протянуть судоходный канал к порту г. Аральска. Кроме того, для обеспечения транспортной связи между г. Аральском и комплексом сооружений в зал. Сарышыганак проект предусматривал строительство автодороги протяжённостью около 50 км параллельно бывшей береговой линии Аральского моря (Проект РРССАМ). Однако в дальнейшем было предложено внести ряд изменений в проект. Проведение технико-экономических изысканий, мониторинга и оценки результатов первой фазы РРССАМ-1 доказало необходимость наращивания высоты Кокаральской плотины с современной отметки 42 до 48-50 м и осуществления сброса воды в Большой Арал через пролив в западной части Малого Арала. С этой целью необходимо перемещение нынешнего водосброса из пролива Берга через зал. Шевченко, что потребует нового гидротехнического строительства в заливе. По расчетам, в результате реализации данного проекта объём воды в Северном Арале увеличится с 27 км<sup>3</sup> до 59 км<sup>3</sup>. При достижении уровня воды 46 м и выше, море значительно приблизится к г. Аральску, отодвинувшемуся на сегодняшний день от берега на расстояние 40 км. Согласно предложенной версии проекта необходимость строить плотину для отделения залива Сарышыганак отпадает. Данный способ решает сразу несколько задач: снижается солёность воды в Малом Арале с нынешних 13-16 до 2.5-

3 г/л, сокращается испарения воды, улучшается водно-химический баланс по всему морю.

### ***Изменения, происходившие в экосистеме Арала по мере его усыхания***

*Изменения термического режима* Термический режим Аральского моря характеризовался значительной амплитудой летних и зимних температур и их существенными различиями по площади озера. Летние температуры воды в открытой части озера достигали в поверхностных слоях 26-27°C, с глубиной они быстро снижались, так что в глубинных частях водоема температура в придонных слоях составляла от 3-4 до 10°C. В водоеме формировался хорошо выраженный термоклин, верхняя граница которого в его западной глубоководной части располагалась на глубине 10-15 м, а нижняя 25-30 м.

В прибрежной зоне температуры воды могли быть намного выше, чем в центральной части озера или, местами, ниже, в зависимости от характера береговой линии, преобладающих ветров и наличия компенсационных течений из глубоких, более холодных слоев. Отмечалось, что более высокие температуры воды у побережья, в сравнении с центральной частью, наблюдаются обычно летом, а более низкие - осенью. Осенне-зимняя конвенция происходила в два этапа, с началом осеннего выхолаживания начиналась ее первая стадия, продолжавшаяся до достижения перемешанным слоем воды температуры наибольшей плотности. Затем, при дальнейшем охлаждении поверхностного слоя воды до температуры замерзания, плотность воды несколько уменьшалась, создавалась устойчивая стратификация, при этом, несмотря на продолжавшуюся теплоотдачу, глубина конвенции не увеличивалась. При достижении температуры замерзания вод начиналась вторая стадия зимнего конвективного перемешивания, связанная с повышением плотности поверхностных вод в результате осолонения при льдообразовании (Косарев, 1975). Минимальная годовая температура воды приходилась на январь-февраль. Ледовые явления наблюдались преимущественно в северной, северо-западной и восточной прибрежной части озера, центральная часть благодаря ветрам обычно оставалась свободной от ледяного покрова. Лишь в наиболее суровые зимы лед мог сковывать все озеро полностью.

Падение уровня моря и осолонение его вод привели к росту амплитуды размаха годовых

колебаний температуры во всей толще вод и некоторому сдвигу фаз температурного режима. В связи с переходом озера от солоновато-водного водоема к соленому, происходило понижение температуры замерзания воды сначала до (-1.5 - -2.0)°С, а в дальнейшем, при переходе в стадию рассола – до (-5)°С. Температура наибольшей плотности после достижения солености в 24.7 ‰ стала равна температуре замерзания, что привело к значительным изменениям характера протекания процесса осенне-зимнего конвективного перемешивания. Конвекция стала протекать непрерывно в один этап до замерзания воды и появления льда, при этом вся масса вод выхолаживалась до значительных отрицательных температур (Гидрометеорология ..., 1990). В результате поверхностный слой стал иметь зимой очень низкую температуру, что обусловило сильное выхолаживание всей водной массы. Складов (2009) указывает на отмечающийся в Аральском море в весенний период значительный апвеллинг. Наблюдения середины 2000-е гг. свидетельствуют о его возникновении у восточного берега Западного Большого Арала и последующем распространении в направлении противоположного берега.

В связи с высокой соленостью и смещением северных берегов на юг с 1980-х гг. ледяной покров на Большом Арале в конце XX века не образовывался (Гидрометеорология ..., 1990). Однако, по мнению Духовного и Шуттера (2003) дальнейшее падение уровня и обмеление водоема угрожает замерзанию значительной части водной массы даже в не очень суровые зимы. Увеличение массы льда, приходящейся на единицу площади, приведет к более растянутому периоду ледотаяния.

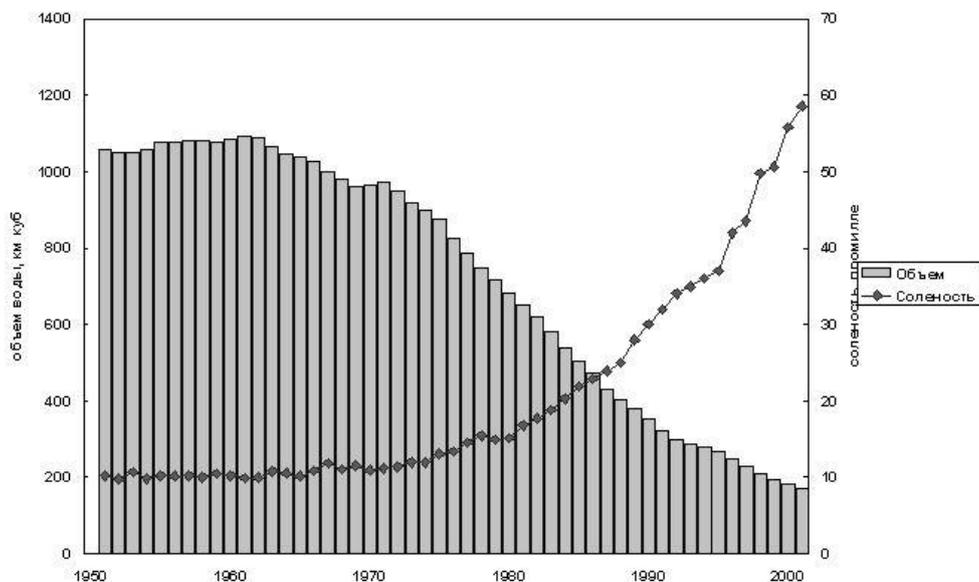
*Изменения качества воды* Вода Аральского моря отличалась высокой прозрачностью, особенно в его центральной и западной части, в юго-западной и северо-восточной части, куда впадали реки Амударья и Сырдарья, характеризующиеся повышенной мутностью своих вод, прозрачность была значительно ниже. Цвет воды в центре озера был синим, а у берегов – зеленоватым. Озерная вода характеризовалась щелочной реакцией, водородный показатель рН составлял 8.2-8.4. До начала 1960-х гг. Аральское море отличалось стационарностью своего солевого баланса. Ежегодно в море поступало 25.5 млн. т солей, основная масса которых подвергалась седиментации при смешении морских и речных вод и осаждалась

на мелководьях, в заливах, бухтах и фильтрационных озерах северного, восточного и южного побережий моря (Духовный, Шуттер, 2003). Средняя соленость воды Арала составляла - 10-12 промилле, в мелководных заливах она была несколько выше - до 14 промилле (Гидрометеорология, 1990). В пространственном распределении солености значительную роль играл приток речных вод, Амударьи для южной и юго-западной части моря и Сырдарьи - для северной. Наименьшая соленость наблюдалась в приустьевых участках, наибольшая – на восточном мелководье (Блинов, 1956). Таким образом, в квазистационарный период своей истории Аральское море по степени минерализации относилось к числу солоноватых водоемов. В химическом составе воды преобладали сульфат и карбонат ионы, при относительно небольшом количестве ионов хлора.

Содержание кислорода в озерной воде было высоким на всех глубинах, при этом особенностью Арала являлось пересыщение кислородом (иногда до 150-200%) придонных слоев, за исключением района глубоководной впадины, где на глубинах более 40 м относительное содержание кислорода было чуть меньше 100 %.

Вода Аральского моря характеризовалась невысоким содержанием основных биогенных элементов, и по уровню трофности озеро характеризовалось как мезотрофный водоем. Концентрации фосфатов в воде изменялись от 0 до 23 мкг/л, при среднем значении 1-4 мкг/л, средние концентрации нитратов не превышали 5 мкг/л, содержание нитритов было близко к нулю, а аммонийного азота достигало в поверхностном слое 80 мкг/л. Несколько повышенное содержание фосфатов отмечалось в северных районах и при впадении Амударьи и Сырдарьи (Блинов, 1956). Среднее содержание кремниевой кислоты составляло 250 мкг/л, варьируя в пределах 120-800 мкг/л.

С начала 1960-х гг., по мере сокращения пресного притока и обмеления водоема, происходил постепенный рост солености. Уже к середине 1960-х соленость повысилась до 12-14 промилле, причем на мелководье она возрастала наиболее быстро. К середине 1970-х годов средняя соленость моря поднялась до 14 промилле, а к началу 1980 гг. превысила 18 промилле. К концу 1987 г., к моменту разделения Арала на два самостоятельных водоема, соленость воды составляла более 25



**Рис. 8.7.** Изменение солености Аральского моря по мере обмеления, данные из опубликованных материалов проекта ИНТАС-0511 REBASOWS

промилле. К 1992-93 гг. она достигла уровня вод Мирового океана (Гуров и др, 2006), причем, из-за того, что на мелководье процессы испарения проходили более интенсивно, на таких участках, у восточного и северного побережья, появились четко выраженные зоны максимальной солености, 40.0–40.5 ‰ и 41-41.2 ‰, соответственно (Андреева, Андреев, 2003). В последующие годы из-за практически полного отсутствия пресного притока соленость продолжала подниматься (рис. 8.7). После строительства земляной дамбы, позволившей отделить Малый Арал от Большого озера и начать, таким образом, его опреснение, соленость Большого Арала стала расти еще быстрее. В начале 2000-х гг. она составляла в среднем по морю 40-50 г/л, но уже к середине 2000-х повысилась до 70-100 г/л (Аладин и др. 2006). Согласно данным Склярова (2009) соленость поверхностных вод Большого Арала летом 2006 г. достигала 109 г/л. При этом рост солености быстрее происходил в мелководном восточном бассейне. В 2010 г. на значительной части акватории Большого Арала соленость превышала 100 г/л. Согласно материалам, доложенным сотрудниками института океанологии РАН на пресс-конференции «Аральское море - живое или мертвое?» по результатам 10-ой экспедиции на Арал, проведенной в 2009 г. местами она поднимается до 150 и даже 200 мг/л.

С ростом солености происходили изменения солевого состава вод. По мере ее увеличения и

частичного выпадения в осадок карбонатов кальция, доломита и магнезиального кальцита, в воде уменьшилось относительное содержание кальция, магния и сульфатов и заметно возросло относительное содержание ионов хлора, натрия и калия (Бортник, 1983, Михайлов, 1999). Увеличение солености привело солеую систему моря в состояние насыщения по отношению к некоторым солям, так что она потеряла свою устойчивость, и теперь достаточно даже небольших изменений солености, температуры или pH воды, чтобы вызвать осаждение или растворение некоторого количества солей, при одновременных значительных изменениях в химическом составе воды (Цыцарин, Бортник, 1991).

В связи с активным применением удобрений и возросшим биогенным загрязнением рек Амударьи и Сырдарьи, концентрация биогенных веществ в воде Аральского моря в начале периода усыхания неуклонно повышалась. Причем рост наблюдался даже в условиях резкого сокращения водного притока. Содержание фосфатов увеличилось к середине 1970-х гг. до 5-18, против 1-4 мкг/л на начало 1960-х. Зоны максимальных и повышенных концентраций (10–18 мкг/л) находились в приустьевых участках и в восточной части Большого моря. В последующие годы, особенно в 1981–1985 гг., произошло резкое увеличение средних концентраций фосфатов по всей акватории моря до 15–45 мкг/л. Наряду с фосфатами

возросла концентрация нитратов и аммонийного азота. В конце 1980-х гг. максимум концентраций аммонийного азота был отмечен в районе мыса Изендыарал (160 мкг/л), повышенные значения наблюдались в западной глубоководной котловине (124 мкг/л), в зоне распреснения на юго-востоке Большого моря (60–75 мкг/л) и у устьевого взморья Сырдарьи (140 мкг/л). В центральной и западной частях Малого моря содержание аммонийного азота было от 60 до 80 мкг/л (Свиридова, 1990). Резкий и устойчивый рост средних концентраций всех биогенных веществ в озере, наблюдаемый в 1981–1985 гг., проходил на фоне ослабления и даже, в отдельные годы, прекращения биогенного стока рек. Первостепенное значение в режиме биогенных веществ в этот период стало принадлежать процессам внутреннего круговорота биогенных веществ и обмена на границе вода – дно. С конца 1980-х гг. в Арале наблюдалось снижение прозрачности воды, которая в августе 1992 г. в районе западной глубоководной котловины не превышала 9–10 м, в центральной части Большого моря – 5–7 м, а в Малом море – 4 м. Из-за снижения прозрачности воды первичное органическое вещество продуцировалось в основном в пелагиали. По типу его формирования экосистема Аральского моря с начала 1980-х годов стала приближаться к экосистемам южных морей России (Андреев, Андреева, 2001).

Изменения биоты Высшая водная растительность До начала высыхания и осолонения Арала значительную часть его прибрежной зоны занимали обширные заросли тростника (Карпевич, 1975), а также рдесты и роголистник, на илистых грунтах в изобилии росли такие погруженные макрофиты, как взморник (*Zostera*) и руппия (*Ruppia*). Общее количество видов составляло 37 (Доброхотова, 1971). Во многих донных сообществах доминировали харовые водоросли. С ростом солености высшая водная растительность Арала начала отступать, вместе с ней исчезли и харовые водоросли. Уже в 1960-е гг. наблюдалось сокращение площадей, занятых тростником (Аширбеков, Зонн, 2003). Активный процесс исчезновения макрофитов начался в 1970-е и к концу 1980-х гг. завершился вымиранием большинства аральских видов. В 1989 г. было отмечено отсутствие харовых водорослей и резкое сокращение площадей занятых взморником и руппией, произраставших ранее на песчаных грунтах, обнажив-

шихся из-за снижения уровня моря (Андреев, Андреева, 2001). На сегодняшний день макрофиты остались лишь на прибрежных мелководьях Малого Арала и представлены небольшими по площади зарослями взморника и руппии, также сохранились зеленые водоросли: *Chaetomorpha linum*, *Cladophora glomerata*, *Cl. fracta* (Orlova et al., 1998).

Фитопланктон Основу фитопланктона Аральского моря составляли диатомовые, зеленые и синезеленые водоросли (Русакова, 1995). Согласно данным Пичкилы (1981) в озере было зафиксировано 306 видов, среди зеленых водорослей были широко распространены *Cladophora*, среди красных – *Polysiphonia*. Развитие фитопланктона всегда сдерживалось недостатком биогенных веществ в водной толще и прессом со стороны зоопланктона (Андреева, Андреев, 2003). К 1995 г. видовой состав фитопланктона сократился до 243 видов. Его первичная продукция не превышала 0.25 мгС/л (Orlova et al., 1998, Aladin et al., 2000). К 2009 г., согласно экспедиционным данным Института Океанологии РАН, в Большом Арале оставалось лишь около 50 видов фитопланктона, однако его биомасса сохранялась на прежнем уровне (Аральское ... 2009).

Водная фауна Изначально фауна Арала отличалась относительной бедностью видового состава, определяемой его молодостью и особенностями геологической истории. Здесь отсутствовали многие группы животных, обычные в Каспии: мизиды, корофииды, кумовые, полихеты т.д. По своему зоогеографическому составу фауна имела гетерогенное происхождение и состояла из пресноводных по происхождению видов, широко распространенных в пресных и солоноватых каспийских и средиземноморско-атлантических водоемах (Аладин, 1984). Эвригалинные и галофильные виды были представлены в очень небольшом количестве. Наблюдавшийся с начала 1960-х гг. рост солености моря вызвал значительные изменения как в видовом составе озерной биоты, так и соответствующее уменьшение ее биомассы. Обеднение видового состава зоопланктона и зообентоса происходило в несколько основных этапах, при переходе через мезогалинный барьер при солености 12–14 ‰, через эугалинный барьер – 25–28 ‰ и через гипергалинный барьер – 40–45 ‰. В результате к сегодняшнему дню водная фауна Арала утратила практически все генеративно-пресноводные и солоноватоводные виды беспозвоночных и рыб. Их место

занято немногочисленными интродуцированными эвригалинными морскими видами, либо малочисленными ранее аборигенными эвригалинными и галофильными видами (Андреева, Андреев, 2003).

**Зоопланктон** До 1960-х гг. основу зоопланктона Арала составляли веслоногие ракообразные *Arctodiaptomus salinus* (70–98% биомассы зоопланктона), понто-каспийские ветвистоусые рачки *Cercopagis pengoi aralensis*, *Evadne anonych*, *Podonevadne camptonux*, *P. angusta* и коловратки рода *Synchaeta* (Луконина, 1960). В летний период в большом количестве присутствовали личинки двустворчатых моллюсков. Начиная с 1960-х гг., в результате прогрессирующего роста солености, состав зоопланктона Арала стал сокращаться, вначале в нем исчезли пресноводные, а затем и солоноватоводные каспийские планктонные ракообразные. В 1970-80-х гг. в озере сохранялись лишь несколько видов аборигенных эвригалинных коловраток, *Halicyclops rotundipes aralensis* и несколько видов гарпактицид, новым доминантом стал вселенец морского происхождения – веслоногий ракообразный *Calanipeda aquaedulcis*. К 1990 г. состав зоопланктона Арала включал: коловраток – *Synchaeta vorax*, *S. cecilia*, *S. gyrina*; ветвистоусых рачков – *Podonevadne camptonux*, *Evadne anonych*, а также в более соленом Большом Арале – *Moina mongolica*; веслоногих ракообразных – *Calanipeda aquaedulcis*, *Halicyclops rotundipes aralensis*, *Schizopera aralensis*, *Nitocra lacustris*; личинки двустворчатых моллюсков – *Abra ovata*, *Cerastoderma isthmicum*. Основу численности и биомассы зоопланктонного сообщества формировали акклиматизанты: *C. aquaedulcis* и личинки *Syndosmya* (Андреева, Андреев, 2003, Аладин и др., 2006).

После разделения Арала на два моря, Большое и Малое, их режимы начали развиваться по различным сценариям. В связи с тем, что приток по р. Сырдарья поддерживался более высоким, чем по р. Амударья, уровень Малого моря стал повышаться, а минерализация воды снижаться. В конце 1990-х гг., фауна Малого моря начала постепенно восстанавливаться, тогда как в Большом море она продолжала претерпевать дальнейшую деградацию. В планктоне Малого моря вновь появились исчезнувшие в 1980-е гг. рачки *Podonevadne camptonux*. В то же время, в гипергалинный Большой Арал естественным путем вселился ряд отсутствовавших прежде видов, ранее

обитающих в соленых водоемах Приаралья, среди которых – *Artemia parthenogenetica*. С дальнейшим повышением солености в Большом море исчезли широко распространенная в 1980-е гг. копепода *C. aquaedulcis*, а также коловратки рода *Synchaeta*. К середине 2000-х гг. произошло разделение Большого Арала на западный и восточный, сопровождающееся дальнейшими изменениями озерной фауны. В середине 2000-х гг. зоопланктон западного Арала состоял из появляющейся в летние месяцы галофильной инфузории – *Fabrea salina*; двух редких прежде, но широко распространенных аборигенных видов коловраток – *Brachionus plicatilis*, *Hexarthra fennica*; ветвистоусых рачков – *Moina mongolica*; веслоногих ракообразных – *Halicyclops rotundipes aralensis*; жаброногих – *Artemia salina*. В 2004 г. появились веслоногие *Apocyclops dengizicus*. В восточном Арале, где соленость выше, обитала только *Artemia parthenogenetica* (Аладин и др., 2006, Завьялов и др., 2006).

**Бентос** До начала усыхания в Арале обитало более 150 видов свободноживущих беспозвоночных (Атлас беспозвоночных ..., 1974), число которых в 1960-е гг. было увеличено еще на 8 видов-вселенцев. Основу донной фауны составляли 7 видов кольчатых червей, 5 – высших ракообразных, 17 – насекомых и 12 видов и подвидов моллюсков. Среди двустворчатые моллюсков были широко представительны рода *Dreissena* и *Hypanis* а также *Cerastoderma rhomboides rhomboides*. Начиная с 1960-х гг. донная фауна Арала претерпела значительные изменения, и к концу 1980-х гг. здесь остались преимущественно широко эвригалинные виды. При этом биомасса бентоса существенно возросла, так в 1981 г. она составляла 147.4 г/м<sup>2</sup>, что примерно в 15 раз превосходил значения 1960 гг и в 5 раз 1950 гг (период до изменения бентосной фауны, связанной с подселением новых видов рыб). К 1990 гг. зообентос Арала включал: двустворчатых моллюсков – *Abra ovata*, *Cerastoderma isthmicum*; брюхоногих – *Caspihydrobia* spp.; многощетинковых червей – *Nereis diversicolor*; ракушковых – *Cyprideis torosa*; десятиногих ракообразных – *Palaemon elegans*, *Rhithropanopeus harrisi tridentatus*. Из аборигенных видов сохранялись только двустворчатый моллюск *C. isthmicum* и брюхоногие моллюски рода *Caspihydrobia*, существенно возрасла доля вселенцев морского происхождения: двустворчатого моллюска *Syndosmya segmentum*, полихеты *Hediste diversi-*

color, краба *R. harrisii tridentata*. К концу 1990-х гг. в озере исчезли уже последние малочисленные гарпактициды, копепода *Halicyclops rotundipes aralensis*, креветка *Palaemon elegans* и краб (Андреева, Андреев, 2003, Аладин и др. 2006).

После разделения Арала донная фауна опресняющегося Малого моря начала потихоньку восстанавливаться, в ней вновь появились турбеллярия *Mecynostomum agile* и крупная инфузория *Frontonia marina* (Mirabdullayev et al., 2007). Согласно Завьялову и др. (2006) в середине 2000-х гг. бентос Малого Арала состоял из: двустворчатых моллюсков – *Abra ovata*, *Cerastoderma isthmicum*; брюхоногих – *Caspihydrobia* spp.; многощетинковых червей – *Nereis diversicolor*; ракушковых – *Cyprideis torosa*, *Eucypris inflata*; десятиногих ракообразных – *Palaemon elegans*; и личинок хирономид. В то же время в Большом море с 2001 г при солености 67‰ исчезла полихета *Hediste diversicolor* и двустворчатый моллюск *Cerastoderma isthmicum*, к 2002 г. перестала встречаться и *Syndosmya segmentum*. После разделения в начале 2000-х гг. Большого Арала на западное и восточное моря в западном Арале некоторое время оставались: инфузории – *Frontonia* sp.; турбеллярии – *Mecynostomum agile*; брюхоногие – *Caspihydrobia* spp.; двустворчатые – *Abra ovata*; многощетинковые черви – *Nereis diversicolor*; и ракушковые – *Cyprideis torosa*, *Eucypris inflata*, тогда как в восточном Арале бентос отсутствовал.

К 2009 г., согласно экспедиционным данным Института Океанологии РАН, в море из бентосных организмов сохранились лишь личинки двукрылых насекомых из группы хирономид (*Chironomidae*), а из зоопланктеров - древняя артемия (*Artemia salina*) (Аральское ... 2009)

Рыбная фауна Изначально, в Аральском море обитало около 20 видов рыб, в том числе: шип (*Acipenser glaber*), сом (*Silurus glanis*), сазан (*Cyprinus carpio*), усач (*Barbus brachycephalus*), плотва (*Leuciscus rutilus*), язь (*Idus oxianus*), лещ (*Abramis brama*), белоглазка (*Abramis sapa*), жерех (*Aspius erythrostomus*), шемая (*Alburnus chalcoides*), чехонь (*Pelecus cultratus*), лосось (*Saimo oxianus*), щука (*Esox lucius*), колючка (*Jrasierosteus platygaster*), окунь (*Perca fluviatilis*), судак (*Lucioperca lucioperca*) (Берг, 1908). Рыбный промысел базировался в основном на трех видах: леще, сазане и аральской плотве (вобле), кроме того,

вылавливали аральского усача, белоглазку, шемаю, судака и жереха. Добыча рыбы была приурочена к прибрежным районам и устьям рек, ежегодные уловы к середине XX в. составляли 30-50 тыс. тонн. В 1950-60 е гг. в море были вселены еще 13 видов рыб (Карпевич 1975). С вселением в озеро каспийской кефали, а также бычков и каспийской астерины озерная фауна претерпела крайне негативные изменения. Кормовая база местных видов рыб была значительно подорвана, биомасса бентоса с 1956 по 1966 г. сократилась более чем в 3 раза, с 29.9 до 9.3 г/м<sup>2</sup> (Андреева, Андреев, 2003). Это негативно сказалось на таких промысловых видах, как сазан, плотва и лещ. Однако, несмотря на неудачные работы по вселению новых видов, Арал продолжал до 1960-х гг. сохранять третье место по рыбному производству среди континентальных водоемов бывшего СССР.

Первые признаки отрицательного воздействия осолонения на ихтиофауну Аральского моря появились уже в середине 1960-х гг. при солености 12-14 промилле. На мелководных нерестилищах соленость возрастала более быстрыми темпами, чем в открытых районах моря, и к 1967 г. превысила 15 промилле, что губительно сказалось на развитии икры. Начиная с 1971 г., средняя соленость воды даже в открытой части моря достигла 12 промилле, появились первые признаки отрицательного воздействия солености на взрослых рыб: у представителей многих видов замедлился темп роста, резко сократилась численность. К середине 1970-х гг., когда средняя соленость моря превысила 14%, стало очевидным нарушение естественного воспроизводства, уже во второй половине 1970-х гг. в популяциях многих видов рыб отсутствовало пополнение. С начала 1980-х гг. наблюдалось резкое изменение видового состава рыб Аральского моря, а уловы сократились до 14 тыс. тонн. К концу 1980-х гг. ихтиофауна уже почти полностью была представлена вселенцами морского происхождения, а промысел был прекращен (Аширбеков, Зонн, 2003). К началу 1990-гг. Аральское море практически полностью потеряло свое рыбохозяйственное значение. В составе ихтиофауны из аборигенных видов остались колюшки (*Pungitius platygaster*), из акклиматизантов - бычки (*Pomatoschistus caucasicus*, *Neogobius fluviatilis*, *N. melanostomus*, *N. syrman*, *N. kessleri*, *Proterorichinus marmoratus*), салака (*Clupea harengus membras*), атерина (*Atherina boyeri*

*caspia*), камбала (*Platichthys flesus*) (Андреева, Андреев, 2003). Уловы многократно снизились, основным промысловым видом стала акклиматизированная в 1980-е гг. черноморская камбала-глосса *Platichthys flesus luscus*, отличающаяся большой экологической пластичностью и размножающаяся при солености от 17 до 60 промилле. Ее уловы в Малом Арале в 1990 гг. составляли более 30% от общего количества рыбы. Некоторое локальное улучшение ситуации произошло после отделения Малого от Большого Арала дамбой. В результате, в 1999 г. сюда, благодаря снизившейся солености, начали возвращаться из Сырдарьи пресноводные рыбы. К середине 2000-х гг. ихтиофауна Малого Арала была представлена салакой (*Clupea harengus membras*), камбалой (*P. flesus*), атериной (*A. boyeri caspia*), бычками (*K. caucasicus*, *N. fluviatilis*, *N. melanostomus*, *N. syrman*, *N. kessleri*, *P. marmoratus*), колюшкой (*P. platygaster*) в 2004 г. в озере вновь появился белый амур (*Stenopharyngodon idella*) и судак (*Sander lucioperca*). В тоже время в еще более осолоноившемся Большом Арале рыба к середине 2000-х гг. исчезла полностью. В западном Арале в конце 1990-х – начале 2000-х гг. при солености до 80-90 г/л еще некоторое время сохранялись салака, камбала, атерина и 2 вида бычков (*N. melanostomus*, *K. caucasicus*) (Аладин, Плотников, 2008). Однако уже к 2003-2004 гг. ежегодно проводящиеся экспедиции Института Океанологии РАН зафиксировали полное исчезновение рыбного населения Большого Арала (Завьялов и др., 2006).

### **Основные проблемы усыхания Арала**

Высыхание Аральского моря имело тяжелейшие последствия. Из-за резкого уменьшения стока рек прекратились весенние паводки, снабжавшие дельтовые озера и тростниковые плавни низовий рек Амударьи и Сырдарьи пресной водой и плодородными отложениями. Уже к началу XXI в. площади тростников сократились в 20 раз, с 600 до 30 тыс. га, а тугайные леса - с 1300 до 50 тыс.га (Духовный, Шуттер, 2003). В прибрежной зоне (выше 53 м) полностью разрушилась формировавшаяся на протяжении многих веков экосистема дельты и прибрежной полосы, высохли озера. Только в дельте Амударьи площадь озер сократилась с 400 до 26 тыс. га (Рощенко, 2010). С понижением уровня воды в обеих частях Арала упал уровень грунтовых вод с изначальных 3 м до 5-8 м, в зависимости от удаленности от берега. Это изменило режим

питания растений и процессы почвообразования, еще более ускорив процесс опустынивания. В результате, растительный и животный мир Приаралья потерял около половины своего генофонда (Аширбеков, Зонн, 2003).

Повышение уровня солености Арала привело к резкому сокращению численности рыбы и ее видового состав. Если в 1960 г. вылов рыбы достигал 40 тыс. т, то к середине 1980-х гг. местное промысловое рыболовство попросту перестало существовать, и было потеряно более 60 тыс. связанных с этим рабочих мест. Единственным объектом промысла стала черноморская камбала, приспособленная к жизни в соленой морской воде и завезенная сюда еще в 1970-е гг. Однако к 2003 г. в Большом Арале исчезла и она, не выдержав солености воды более 70 г/л (Миклин, Аладин, 2008). Рыболовство сохранилось лишь в Малом Арале. В целом по морю произошло снижение рыбопродуктивности в 20 раз в сравнении с 1960 г. (Рощенко, 2010).

Так как вода отступила на многие километры от главных местных портов - г. Аральска на севере и г. Муйнак на юге, судоходство на Арале прекратилось. Поддерживать в судоходном состоянии все более длинные каналы к портам оказалось чересчур затратным делом (Миклин, Аладин, 2008).

Отступившее море оставило после себя более 55 тыс. км<sup>2</sup> сухого морского дна на месте которого с разрушением водных экосистем появились обширные солончаки и сильно засоленные земли. Обсохшая часть дна моря, особенно Восточная и Северная, стали основными источниками зарождения крупных пыльных бурь и очагами ветрового соле- и пыле- выноса, в результате море из регулятора (поглотителя) геохимических потоков превратилось в источник засоления окружающих земель. Минерализация атмосферных осадков в равнинной части бассейна Аральского моря возросла с 0.025 до 0.065 г/л (Глазовский, 1990). Площадь солончаков увеличилась в регионе с 85 до 273 тыс. га, а площадь гидроморфных почв в Южном Приаралье сократилась с 630 до 80 тыс. га (Рощенко, 2010).

С высохшей акватории моря ежегодно разносятся свыше 100 тысяч тонн соли и тонкодисперсной пыли с примесями различных химикатов и ядов, пагубно влияя на все живое. Перенос солей происходит на расстояния до 500 км с интенсивностью от 0.1 до 2.0 т/га.

Бикарбонат, хлорид и сульфат натрия перемещаются по воздуху и уничтожают или замедляют развитие естественной растительности и сельскохозяйственных культур. Ветры преобладающих в регионе в холодную часть года северных румбов оказывают неблагоприятное воздействие на расположенную южнее плотно населенную и экономически развитую дельту р. Амударья. Засоленная пыль направляется, главным образом, в Хорезмский оазис (Рощенко, 2010). Эффект загрязнения усиливается и тем, что Арал расположен на пути мощного струйного течения воздуха с запада на восток, способствующего выносу аэрозолей в высокие слои атмосферы.

Исчезновение Арала привело к существенным изменениям климатических условий региона в полосе 150-200 км от моря, еще более усилив континентальность климата. Лето в Приаралье стало более сухим и коротким, а зима более холодной и длинной. Летние температуры воздуха повысились на 2-3°C, а зимние уменьшились. Сумма активных температур снизилась на 400-500°C, что ухудшило условия сельскохозяйственного производства (Панкова, Айдаров, 2005). На 10% понизился уровень влажности воздуха и, соответственно, сократилось количество атмосферных осадков. Вегетативный сезон сократился до 170 дней, чаще стали наблюдаться засухи.

Экономические потери, связанные с изменением климата, гидрохимических характеристик водных объектов, сокращением рыбного промысла в Аральском море, деградацией более 4 млн. га земель и утратой биоразнообразия в регионе, составляют, согласно различным оценкам от несколько сот миллионов (Рощенко, 2010) до несколько миллиардов долларов США в год (Миклин, Аладин, 2008). Последствия повлияли на уровень жизни и состояние здоровья населения, которое страдает от широкой распространенности респираторных заболеваний, анемии, рака горла и пищевода, а также расстройств пищеварения. Участились заболевания печени и почек, глазные болезни. Первыми жертвами экологического кризиса стали самые уязвимые слои населения – дети, женщины, малоимущие жители Приаралья.

В 2001 г. в результате ухода воды остров Возрождения соединился с материком. На этом острове Советский Союз испытывал бактериологическое оружие: возбудителей сибирской,

туляремии, бруцеллёза, чумы, тифа, оспы, а также токсин ботулизма проверялись здесь на животных. После распада СССР и закрытия этого исследовательского центра на острове были проведены финансируемые США (6 млн. долларов) работы по обеззараживанию. Несмотря на это, сохраняются опасения, что опасные микроорганизмы сохранили жизнеспособность, и заражённые грызуны могут стать их распространителями в другие регионы.

### ***Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера***

Восстановление Аральское море в прежнем виде уже нереально. Согласно расчётам, если увеличить годовой приток вод Амударьи и Сырдарьи до 55 км<sup>3</sup>, то прежний уровень озера может восстановиться примерно за 35 лет, однако это потребует практически полного отказа от водозабора (Миклин, Аладин, 2008). Более реальным является улучшение ситуации путем сокращения расхода воды на орошения богарного земледелия, перехода на менее влаголюбивые культуры и полной модернизации всей системы орошения. В настоящее время, богарные земли не играют существенной роли в валовом сельхозпроизводстве бассейна Аральского моря, за исключением экстенсивной системы животноводства (рогатый скот и овцы). Тем не менее, повышение продуктивности неорошаемых (богарных) земель является важной задачей. Некоторые культуры, как например, зерно, в настоящий момент усиленно выращиваются на орошаемых площадях, однако они могут быть переведены на неорошаемые площади, что позволит значительно сократить объем оросительной воды, забираемой из бассейна. Важнейшим способом сокращения водозабора является модернизация существующей системы орошения. Модернизация включает ряд мероприятий, в том числе введение методов капельного, дождевального, дисперсионного орошения в зонах с крутыми склонами и в предгорьях, где эти методы сократят потребление оросительной воды в 2-3 раза, предотвращая нежелательное воздействие на окружающую воду (заболачивание, эрозия, вымывание со склонов и т.д.). Согласно расчетам сокращение расхода воды на орошение за счет различных мероприятий может ежегодно сберегать порядка 12 км<sup>3</sup> воды, но будет стоить около 16 млрд. долларов США. К сожалению, пока у стран бассейна Аральского моря на это нет ни денег, ни

политической воли (Миклин, Аладин, 2008).

С целью преодоления экологического кризиса и улучшения социально-экономического положения в бассейне Аральского моря, признанного мировым сообществом регионом одной из крупнейших катастроф XX в., главы государств Центральной Азии в 1993 году создали Международный Фонд спасения Арала (МФСА), работающий в сотрудничестве с ведущими мировыми финансовыми организациями. Среди основных задач, которые предполагается решать:

- защита населения от воздействия опустынивания;
- восстановление максимально возможного биологического разнообразия флоры и фауны;
- создание рабочих мест для местного населения путем восстановления рыбоводства, озерного водоводства, пастбищного скотоводства, перерабатывающих отраслей и т. д.;
- создание местному населению соответствующих социально-экономических условий, необходимых для повышения уровня жизни путем внедрения новых требований к управлению водными и земельными ресурсами;
- предотвращение дальнейшего ухудшения качества окружающей среды и восстановление экологического равновесия в Приаралье (Духовный, де Шуттер, 2003).

К сожалению, большинство мер, предпринятых для спасения Арала, направлены, большей частью, не на борьбу с первопричинами катастрофы, а на ликвидацию ее последствий. Основные силы и средства, выделяемые государствами и международными гуманитарными организациями, уходят на поддержание жизненного уровня населения и инфраструктуры региона. Кроме того, между странами – членами МФСА часто отсутствует согласие, в результате чего работа фонда оказывается неэффективной.

В связи с наметившимся и прогнозируемым в перспективе изменением климата острота проблемы бассейна Аральского моря становится еще более явной. Все апробированные Госкомгидрометом климатические сценарии, отражающие «потепление климата», предполагают снижение стока рек Амударья и Сыр-

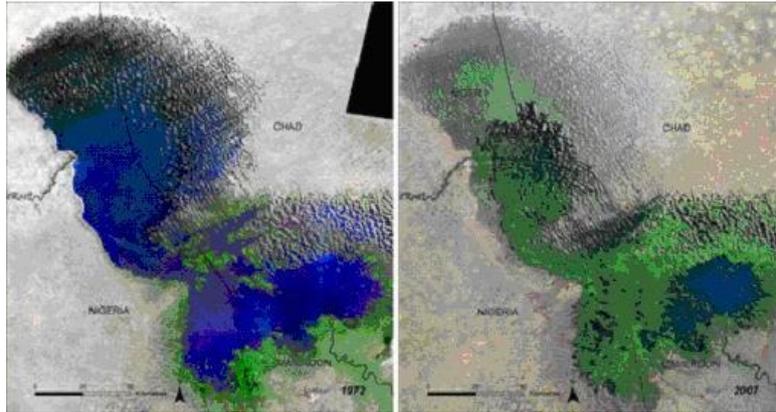
дарья, особенно четко выраженное в период вегетации. По самым пессимистичным прогнозам в связи с общим потеплением климата и уменьшением запасов снега и льда в горах сток реки Сырдарья может сократиться на 15–20% и сток реки Амударья - на 20–30% (Аламанов и др., 2006).

## 8.2. ОЗЕРО ЧАД

Озеро Чад - огромное мелководное пресное озеро, расположенное в центральной Африке, у южных границ Сахары, там, где она смыкается с северными районами Судана (рис. 8.8). Его координаты: 12°00'-14°30'с.ш.; 13°00'-15°30'в.д., урез воды находится на высоте около 280 м над уровнем моря (High level..., 2008). Страны: Чад, Нигер, Нигерия, Камерун расположены по берегам озера и контролируют 42, 28, 21 и 9% его поверхности, соответственно. «Чад» - означает «большое пространство воды». Его уровень подвержен значительным колебаниям, как сезонным, так и многолетним, и определяется величиной выпадающих осадков. Из-за мелководности озерной чаши площадь озера изменяется в широких пределах, за период измерений она составляла от 1000 до 50000 км<sup>2</sup>, объем заключенной воды - 31.3 - 105 км<sup>3</sup>, время водообмена – от 1 до 2 лет.

Оз. Чад является наследником более крупного древнего водоема Мега-Чада, сформировавшегося в период влажной стадии неолита (Опукеева, 2008). Это было сточное озеро, разгружающееся в Атлантический океан в районе Гвинейского залива. За прошедшие 12 тыс. лет площадь озера много раз сокращалась и трижды очень сильно увеличивалась. Последнее увеличение происходило 5400 лет назад, когда его акватория покрывала 340 тыс. км<sup>2</sup>, а максимальная глубина составляла 154 метра. Объем озерной воды в этот период оценивается в 13500 км<sup>3</sup> (Leblanc et al., 2006). Озерные отложения указывают также на периоды, когда озеро практически полностью пересыхало - около 10500, 7500, 4000 и 2100 лет назад.

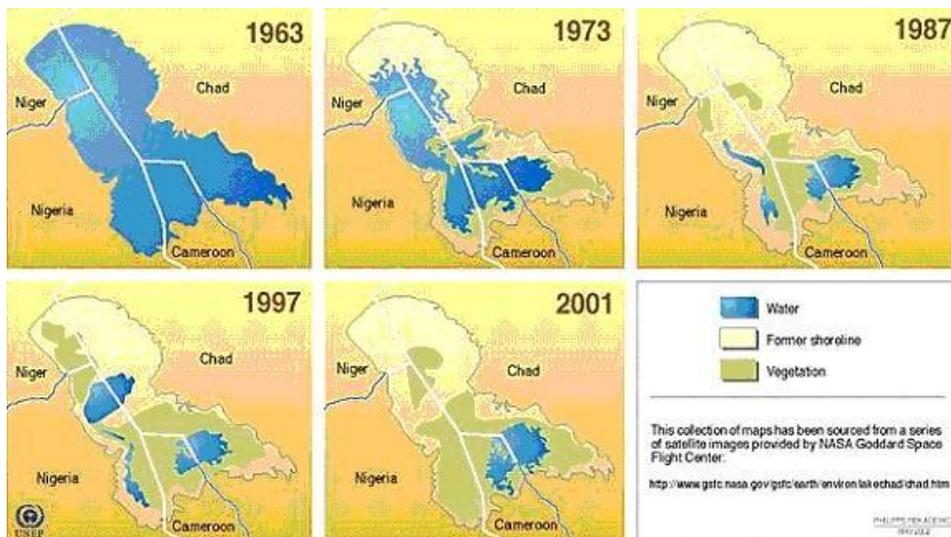
Большую часть бассейна озера слагают породы мелового, третичного и четвертичного возраста, имеющие значительную мощность ( ). Четвертичные пески различного происхождения имеют наибольшее распространение. На юге бассейна наблюдаются выходы кристаллического основания. Очертания берегов озера постоянно меняются, одна-



**Рис. 8.8.** Спутниковые снимки оз. Чад за 1972 и 2007 гг. Изображения сделаны, когда озеро находилось в сезонном пике своего размера. Фото NASA.

ко присущими им общими чертами являются: относительная прямолинейность западного и южного и сильная изрезанность северного и восточного берегов. Берега большей частью болотисты и заросли папирусом; к северо-востоку местность имеет характер степи, и лишь на юге отличается богатой тропической растительностью. Вдоль северного и восточного берегов расположены многочисленные острова общей площадью около 5000 км<sup>2</sup> – группы Кури, Карка и Будума, представляющие собой полузатопленные песчаные дюны. Острова поднимаются над уровнем озера на 12-15 м и изрезаны сухими или наполненными водой протоками. Озеро очень мелкое, даже в годы средней водности основные глубины составляют около 1.5-2 м и лишь на небольшой акватории превышают 7 м. Наибольшей глубиной отличается западная часть у Нгорну и Мадуари, в сезон дождей максимальная

глубина составляет 11 м. В 1960-е гг. площадь водного зеркала оз. Чад составляла 26000 км<sup>2</sup> и оно являлось четвертым по величине озером африканского континента. В период дождей озеро могло разливаться до площади в 50000 км<sup>2</sup>. Засуха 1970-х годов практически высушила Северный бассейн озера и способствовала зарастанию Южного, который представлял в конце XX в. череду участков открытой воды с участками болот. Лишь при значительном осеннем подъеме уровня, происходящем за счет притока р. Шари, вода могла переливаться в северный бассейн через разделяющий их Большой Барьер (Lemoalle et al., 2008). Среди болотной растительности доминировали тростники, папирусы и рогоз, образовавшие густые заросли даже в центре озера. В конце XX в. усыхание оз. Чад продолжилось (рис. 8.9), и в начале XXI в.



**Рис. 8.9.** Изменения площади водного зеркала оз. Чад за последние 50 лет. Источник: сайт UNEP.

озеро лишь в сезон дождей существует как мелководный водоем с глубинами около 1.5-2 м, тогда как в сухой сезон оно фактически превращается в обширное болото. Даже в сезон дождей максимальная глубина оз. не превосходит 7 м, а площадь составляет 5000-7000 км<sup>2</sup>. В засушливую часть года северный бассейн может полностью пересыхать. В 2006 г. площадь областей открытой воды в сухой сезон сократилась до 1000 км<sup>2</sup> (High level..., 2008). Оз. Чад продолжает высыхать, что подтверждает мониторинг Земли, осуществляемый международной системой «Disaster Monitoring Constellation». На сегодняшний день заросли макрофитов покрывают около 40% площади озера. Области открытой воды (чуть менее 40% площади) сохранились лишь в южной части водоема, близ устья р. Шари. Около 23% приходится на острова (Odada et al., 2006).

Озеро Чад и его притоки обладают обширной заболоченной поймой и представляют собой крупнейшие водно-болотных угодья области Сахель общей площадью около 10 млн. га. Наиболее значительные поймы, как по своему размеру, так и по экологическому значению, это поймы р. Шари, Логон и Комадугу-Йобе. Также как пойменные земли может рассматриваться прибрежная полоса вокруг озера, ежегодно заливаемая в период подъема уровня. Полоса мелководья отличается богатым растительным покровом и является местообитанием огромного количества птиц.

Согласно научным исследованиям, оз. Чад высыхает уже в седьмой раз за последнее тысячелетие. Однако все предыдущие случаи были связаны лишь с климатическими изменениями и происходили за более длительный промежуток времени. В современном катастрофически быстром усыхании озера значительная вина антропогенного фактора.

### ***История заселения озера и его роль в жизни окружающих народов***

В 6 тысячелетии до н.э., когда в регионе оз. Чад преобладал гумидный климат и по большей его части вместо сегодняшней пустыни была распространена саванна, по берегам оз. Чад проживали негроидные племена, занимавшиеся охотой. В 5-3 тыс. в регион приходят представители тенерийской культуры, относящиеся к европеоидной расе, однако их следы бесследно исчезают после высыхания Сахары.

В литературных источниках оз. Чад впервые появляется у греков. У Птолемея оно упоминается как «периодически появляющееся болото Нуаба». После наступления нашей эры регион озера находился под опекой различных царств и княжеств, сменявших друг друга, таких как Сонгаи, Канем-Борно, Вадаи, Багирми, Мандара, Сокотто, Раббах. В XI в. в регионе был принят ислам. Ряд культур отличались достаточно высоким уровнем развития, однако частые войны приводили к смене одних царств другими, находящимися порой на значительно более низком уровне развития. Некоторые царства распадались и попадали под власть кочевых племен.

Современными европейцами озеро было впервые открыто в 1823 г. Первые сведения о нем приводятся шотландцами Хью Клаппертоном, Денхэмом и Удни, увидевшими огромный водоем, раскинувшийся среди песков. Однако, когда в более позднее время берегов озера достиг Г. Барт (1852 г.), он обнаружил лишь сильно заросший болотистый водоем с редкими пятнами свободной водной поверхности. Позднее, в 1870-72 гг., исследования на озере проводил Г. Нахтигаль. В период его пребывания уровень озера вновь резко поднялся, так что был разрушен простоявший не одно столетие на берегу озера г. Нгами (Nahtigal, 1971).

На рубеже XIX и XX вв. начинается колониальный период развития народов, проживающих по берегам оз. Чад. В 1893—94 гг. оз. Чад было разграничено в отношении сферы влияния между Англией, Францией и Германией. Западный берег отошел к английской сфере влияния (современная Нигерия), южный берег до реки Шари — к германской (современный Камерун), а от Шари на восток — к французской (современная территория Чада и Нигера). По результатам I Мировой войны германские колонии отошли к Англии и Франции. В 1960-х гг. страны региона приобретают независимость. Этот период изобилует массой трудностей в политическом и экономическом строительстве и военными конфликтами. До сих пор большинство государств региона относятся к числу беднейших стран мира.

Оз. Чад играет огромнейшую роль в жизни народов, проживающих по его берегам и в его бассейне. Расположение на краю огромной пустыни Сахара делает его оазисом, обеспечивающим столь жизненно необходимой в

Среднегодовое параметры климата, ст. Bol Dune

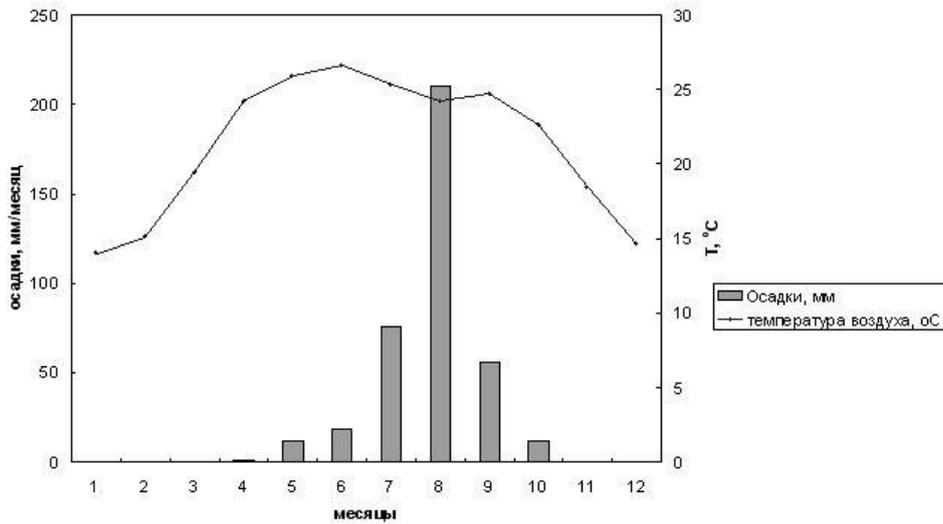


Рис. 8.10. Среднемесячные параметры климата ст. Бол Дюн.

пустынных условиях водой людей, выращиваемые ими культуры и разводимый скот. В бассейне оз. Чад проживает более 30 млн. человек, полностью зависящих от его водных ресурсов и крайне уязвимых при любых изменениях, происходящих с озером. Являясь источником воды для водоснабжения, орошения и нужд животноводства, озеро также обеспечивает местное население рыбными ресурсами и является центром сосредоточения многочисленного животного мира пустыни.

#### **Характеристики термического режима и температурная стратификация**

Оз. Чад расположено в регионе с крайне аридным климатом. Лишь в южной части бассейна аридный климат сменяется семиаридным и на крайнем юге — гумидным. Средняя температура воздуха в бассейне составляет 21.4°C (Odada et al., 2006). Средняя величина годовых осадков - 320 мм/год, изменяясь в пределах водосбора от менее 150 мм в северной части до 1600 мм в южной. В районе озера осадки выпадают лишь в летние месяцы, с июня по октябрь, а их максимум обычно приходится на август. Внутригодовое распределение средних месячных осадков на ст. Бол Дюн приведено на рис. 8.10. С ноября по февраль для региона характерна сухая, прохладная погода, а с марта по май — сухая, жаркая. В южной части бассейна максимум осадков приходится на осенние месяцы, в связи с этим максимум стока и рост уровня на оз. Чад также наблюдается в конце осени.

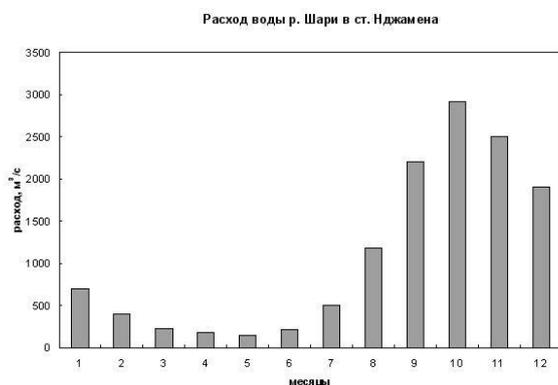
С 1954 по 1972 гг. величина годовых осадков над оз. Чад изменялась в пределах 125-565 мм, затем их количество резко сократилось. Величина испаряемости в районе озера оценивается в 2300 мм/год, на юге бассейна она снижается до 1100 мм (Roche, 1977). Температура воды оз. Чад составляет зимой около 16°C, летом около 33°C. Согласно данным Magnet (1996) среднегодовые температуры - от 25.5 до 27.5°C (Odada et al., 2006). Озеро полимиктическое. Из-за мелководности значительных изменений температуры с глубиной не наблюдается.

#### **Водный баланс. Уровенный режим**

Основной приток в озеро происходит по р. Шари, впадающей с юга и обеспечивающей согласно данным различных авторов от 83% (Lemoalle, 1975) до 96% (Odada et al., 2006) приходной части баланса. С 1930 по 1960 гг. р. Шари приносила около 40 км<sup>3</sup> воды в год. После наблюдаемой с середины 1960-х гг. засухи и последовавшего за ней активного ирригационного строительства в бассейне расход р. Шари сократился вдвое до 21.8 км<sup>3</sup> (Odada et al., 2006), рис. 8.11. Большую часть года р. Шари маловодна. Основной ее сток приходится на осенний сезон, рис. 8.12. Немного воды дают р. Комадугу-Йобе, впадающая с запада, р. Мбулу, впадающая с юга и некоторые другие. Общий приток в озеро за прошедшие 40 лет сократился с 42.9 до 24.7 км<sup>3</sup>, а осадки на его поверхность с 6 до 2.1 км<sup>3</sup>/год (Odada et al., 2006).



**Рис. 8.11.** Осредненный за десятилетия приток воды по р. Шари в оз. Чад по данным Odada et al., 2006.



**Рис. 8.12.** Внутригодовое распределение стока по р. Шари, ст. Нджамена по данным Odada et al., 2006.

Согласно исследованиям Lemoalle et al. (2008) для восстановления площади оз. Чад до средних размеров (около 20 000 км<sup>2</sup>) достаточно единичного годового притока, составляющего 38-40 км<sup>3</sup>, аналогичный приток необходим в последующие годы для поддержания размеров озера. Минимальный приток, необходимый для сохранения открытой водной поверхности в южной части озерного бассейна оценивается в 10 км<sup>3</sup> (Lemoalle et al., 2008)

Поверхностный отток из оз. Чад обычно отсутствует, лишь в крайне редких случаях, при выпадении катастрофических осадков, сток проходит по руслу Бахр-эль-Газаль (ILEC, 1984). При этом уровень воды в озере должен превышать 282.5 м (Lemoalle et al., 2008). Вероятно, последний раз длительный отток по руслу Бахр-эль-Газаль проходил в конце 1800-х гг. Существует подземный отток из озера в северо-восточном направлении до Эгеи и Борку. Гипотезу о его существовании выразил еще во второй половине XIX в. Г. Нахтигаль в своих сочинениях (Nahtigal, 1971). Подземный отток направлен в сторону обширной впадины

Боделе, расположенной в девятистах километрах к северо-востоку от озера, на восемьдесят метров ниже его уровня. Отток проходит в толще песчаных наносов, под руслом Бахр-эль-Газалья. По оценкам Mockrin et al. (2001) величина этого оттока составляет до 8% расходной части водного баланса. Испарение оценивается в 92-96% (Roche, 1977).

Многолетние колебания уровня воды оз. Чад очень значительные и зависят от климатической обстановки в его бассейне. За период наблюдений колебания составляли около 10 м. На рис. 8.13 приведен график уровня воды оз. Чад, осредненный за полугодовой период. В конце XIX в. уровень воды был намного выше, чем сегодня. Его первое значительное падение наблюдалось в начале XX в., затем уровень нормализуется и к концу 1950-х годов наблюдается его подъем. После 1961 г., в связи с засухой, уровень воды резко падает. В период 1960-2010 гг. уровень воды изменялся между отметками 277 и 284 метра.

Наиболее низкий уровень воды оз. Чад приходится на май-июль, после чего, в связи с

График уровня воды оз. Чад, 1871-2010 гг.

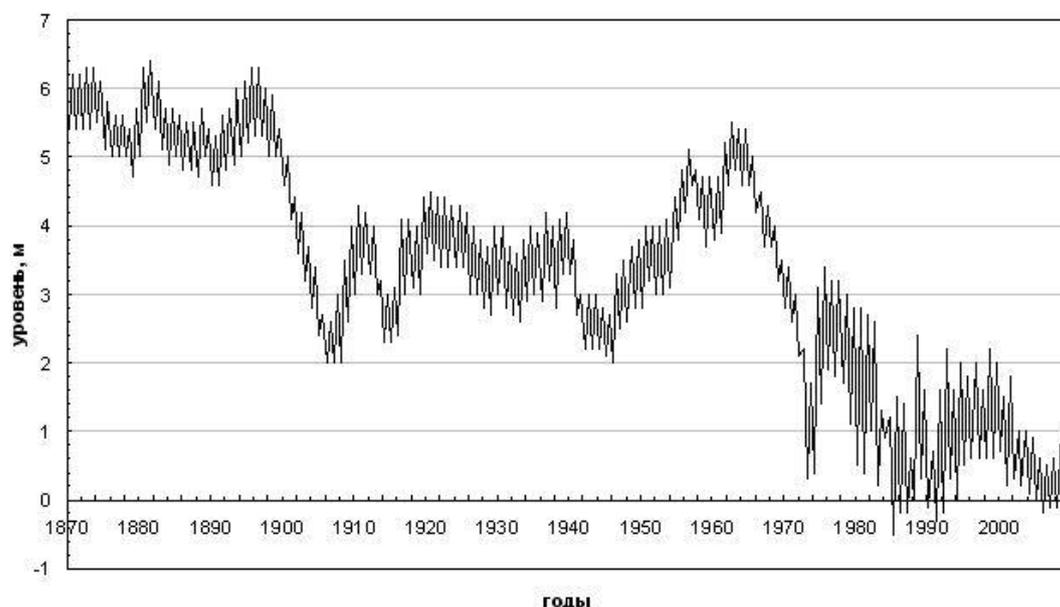


Рис. 8.13 Изменения уровня воды оз. Чад, по данным Oliverly J.C. et al., TOPEX/Poseidon historical archive.

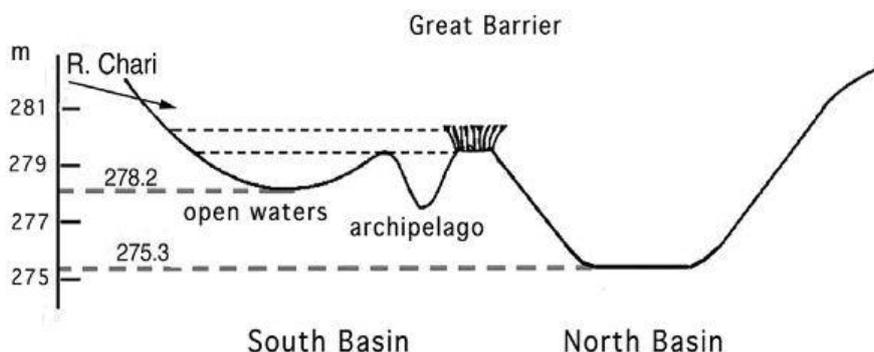


Рис. 8.14. Продольный разрез оз. Чад. Источник: Lemoalle et al., 2008.

выпадающими в бассейне р. Шари осадками, он начинает расти. С постепенным поднятием уровня низкий юго-западный берег широко заливается. Максимальный уровень отмечают в ноябре-декабре, затем в течение нескольких месяцев он медленно снижается. Осенью происходит переток воды из Южного в Северный бассейн через Большой Барьер. Высота Барьера 279.3 м, а его протяженность около 40 км (рис. 8.14), он покрыт густой водной растительностью, осложняющей при небольших уровнях поступление воды в северную часть озера (Lemoalle et al., 2008). Средняя годовая амплитуда уровня воды оз. Чад составляет 0.6-1.0 м, в многоводные годы – 2 м и более.

#### Основные характеристики качества вод

Вода оз. Чад темного цвета грязноватая, с большим количеством водорослей, прозрачность низкая, чаще всего 0.2-0.5 м, лишь на юге в период с декабря по январь она может достигать 1 м (Odada et al., 2006). Минерализация для пустынного замкнутого водоема очень низкая, до падения уровня ее средние значения составляли 320 мг/л, увеличиваясь в направлении юг-север с 40-50 мг/л до 1000 мг/л (Roche, 1977). Близ устьев рек вода пресная, в остальной части — слабо солоноватая. Незначительность минерализации объясняется, видимо, постоянной сменой воды в озере за счёт подземного оттока инфильтрационных вод. Электропроводность также нарастает по направлению с юга на север, от 70-90 до 600-900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (FAO, 1973), среднее значение для озера – 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Odada et al., 2006). pH 7.2-

7.9, но в северной части может подниматься и до 9.0. Среди анионов до падения уровня преобладали бикарбонаты, содержание хлоридов небольшое. С увеличением солености в направлении юг-север состав доминирующих катионов изменялся с Ca>Mg>K>Na на Na>Mg>K>Ca (Roche, 1977). Концентрации кислорода всегда небольшие, даже у поверхности. Концентрации хлорофилла-а в зимние месяцы составляли 10-30 мкг/л, в летние - до 700 мкг/л.

Длительная засуха, приведшая к сокращению площади озера, заметно отразилась на его гидрохимии. Согласно Lemoalle et al. (2005) увеличилась концентрация в воде сульфат-ионов, которые в северном бассейне выросли до 210 мг/л. Снизилась концентрация ионов калия, что было связано с его поглощением болотной растительностью. В то же время из-за обильного разложения высшей водной растительности, сопровождающейся выделением CO<sub>2</sub>, уменьшилось осаждение Ca и Mg.

Формирование солевого состава оз. Чад определяется гидрохимией воды притекающей в озеро р. Шари, а также частично связано с взаимодействием поверхностных и подземных вод. Ресурсы подземных вод регионального значения представлены в пределах озера двумя водоносными системами. Первая из них – водоносный слой, содержащийся в четвертичных песках и глинисто-песчаных отложениях, залегающих на глубине от нескольких до 50 метров и имеющий электропроводность от 50 до 5000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . На глубине 250-400 м залегают артезианские водоносные горизонты плиоценового возраста (Olivry 1996). Их электропроводность составляет 700-4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Артезианские воды обнаружены лишь в центральной части бассейна. Помимо двух описанных водоносных слоев есть и другие артезианские воды, расположенные на больших глубинах, однако их объем и состав плохо изучен.

### **Основные биологические особенности. Ихтиофауна, рыбная ловля**

Высшая водная растительность оз. Чад представлена воздушно-водными макрофитами: воссия (*Vossia cuspidata*), папирус (*Cyperus papyrus*), тростник (*Phragmites australis*, *P. mauritanicus*, *C. laevigatus*), рогоз (*Typha australis*), леерсия (*Leersia hexandra*), ежовник (*Echinochloa* sp.). Папирус, тростник мавританский и воссия доминируют на юге, тростник австралийский и рогоз предпочитают солоно-

ватые воды северной части озера (Odada et al., 2006). Среди плавающих макрофитов: кувшинка (*Nymphaea* spp.), ряска (*Lemna perpusilla*), пистия (*Pistia stratiotes*), спиродела (*Spirodela polyrhiza*), азолла (*Azolla africana*), ипомея (*Ipomoea aquatica*), нептуния (*Neptunia oleacea*). Обильно распространена пистия, покрывающая значительные пространства вдали от берега. Среди погруженных макрофитов: рдест (*Potamogeton schweinfurtti*), роголистник (*Ceratophyllum demersum*), валлиснерия (*Vallisneria* sp.), наяда (*Najas* sp.), пузырчатка (*Utricularia* spp.) (LBRI&ILECF, 1988).

В фитопланктоне доминируют харовые водоросли: *Closterium aciculare*, зеленые: *Pediastrum*, *Botryococcus*, синезеленые: *Microcystis*, *Anabaena*, диатомовые: *Melosira granulata*, *Surirella muelleri*. Общая продуктивность фитопланктона составляет 18000 кг/га год. В зоопланктоне преобладают представители отряда ветвистоусых рачков: *Diaphanosoma excisum*, *Daphnia barbata*, *Ceriodaphnia cornuta*, *Moina micrura*, *Bosmina longirostris* и веслоногие ракообразные: *Tropodiptomus incognitus*, *Thermocyclops neglectus*, *T. incisus circusi*, *Mesocyclops leuckarti*. Общая биомасса зоопланктона колеблется в течение года от 2.2 до 5.3  $\text{cm}^3/\text{m}^3$ . (LBRI&ILECF, 1988)

Бентос представлен 110 видами комаров-звонцов, в том числе: *Polypodilum*, *Cryptochironomus*, *Tanytarsus*, *Nilodorum*; толстохоботных комаров: *Chaoborus anomalus*, *C. ceratopogones*, *C. odulis*; поденок: *Povilla adusta*, *Eatonica schoutedeni*; ручейников: *Dipseudopsis capensis*, *Ecnomus* spp.; полужесткокрылых: *Diplonychus Grassei*, *D. nepoides*, *Hydrocyrius* spp., *Lethocerus Cordofanus*, гребляков: *Micronecta scutellaris*, *Macrocoris flavicoli*, плейд: *Plea pullula*, водомерок: *Limnogonus cereveintris leptocerus*, *Naboandelus bergevini*, клопов-водомерок: *Hydrometra albolineata*; стрекоз: *Brachythemis leucosticta*, *Diplacodes lefebvrei*, *Urothemis edwardsi*, *Paragomphus* sp., *Lestes simulans* (Dejoux, C. 1968).

В озере было зафиксировано 179 видов рыб, представляющих 26 семейств. Доминируют представители отряда сомообразных: *Synodontis batensoda*, *S. membranaceus*, *Synodontis cf. schall*, *Schilbe mystus*; окунеобразных: нильский окунь (*Lates niloticus*); цихлиды: *Tilapia galilaea*, алестиды: *Alestes baremoze*, *A. dentex*, *A. macrolepidotus*, *Hydrocyon forskalii*, *H. brevis*, карпообразные: *Labeo senegalensis*, *Labeo*

*coubie*, *Eutropius niloticus*, *Bagrus bayard*; мормировые: *Hyperopisus bebe*, цитариновые: *Citharinus citharus*, *C. distichoides*, аравановые: *Heterotis niloticus* (Lauzanne, L. 1972, ИЕС, 1984). Наиболее ценными коммерческими видами являлись алест и нильский окунь.

Рыбная продуктивность оз. Чад в 1970-е гг. составляла 200-300 кг/га или 130000-141000 тонн/год. Усыхание озера в конце XX - начале XXI вв. крайне неблагоприятно сказалось на рыбных запасах. Сильно пострадала биологическая вариативность водоема, исчезло от 5 до 8 видов рыбы в различных частях озера (Odada et al., 2006). Среди коммерческих видов катастрофически сократилась популяция алестид, а нильский окунь существенно уменьшился в размерах, так что его вес редко превышает 5-8 кг (Mockrin et al., 2001). В настоящее время уловы составляют порядка 60000-85000 тонн/год (Odada et al., 2006). Кроме проблем с климатом и сокращением речного притока негативное влияние на рыбные запасы оказывает также их сверхэксплуатация и использование недопустимых методов лова.

Озеро является местом обитания птиц, мигрирующих между палеарктическим и афротропическим царствами. В зимний период здесь находят прибежище более миллиона водоплавающих и болотных птиц, представителей 66 видов (17 и 49, соответственно). На озере самая большая популяция турухтана (*Philomachus pugnax*), кроме того, большие популяции свистящей утки (*Dendrocygna viduata*), северной шилохвосты (*Anas acuta*) а также чирка-трескунка (*Anas querquedula*). Здесь обитает еще два практически местных вида – приния (*Prinia fluviatilis*) и кустарниковый жаворонок (*Mirafra rufa*), а также редкий мраморный чирок (*Marmaronetta angustirostris*).

В озере обитают ламантины (*Trichechus senegalensis*), крокодилы (*Crocodylus niloticus*) и гиппопотамы (*Hippopotamus amphibius*), популяция которых со второй половины XX в. резко сократилась, а также две выдры (*Lutra maculicollis*, *Aonyx capensis*). С 2000 г. оз. Чад объявлено частью Рамсарских водно-болотных угодий, имеющих особую экологическую ценность и требующих особой защиты.

#### **Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне**

Бассейн оз. Чад занимает площадь 2 397 423 км<sup>2</sup> (High level..., 2008). Кроме четырех стран, выходящих к его берегам (46.3%, 28%, 7.5%, 1.9% от площади бассейна, соответственно), он охватывает также ЦАР (9.1%), Алжир (3.7%), Судан (3.4%) и Ливию (0.1%). В бассейне проживает более 30 млн. человек (High level..., 2008). Прирост населения составляет 2.8% в год ( Среди наиболее крупных городов региона – Нджамена, Майдугури, Маруа, Зиндер. Большинство стран, расположенных в бассейне озера, относятся к беднейшим странам мира, их ВВП на душу населения на 2009 г. составлял от 700 (Нигер), до 2300 (Нигерия, Камерун, Судан) долларов США, несколько больший доход в Алжире (6700) и Ливии (14000). Более 60% населения живет ниже черты бедности, 28% жителей, проживающих в сельской местности, недоедают и около 8% испытывают острое недоедание. В регионе очень высокий уровень детской смертности, около 40% детей отстают в росте (Odada et al., 2006). Лишь 31% детей ходят в школу. Уровень грамотности катастрофически низок.

Основное занятие населения – сельское хозяйство, в котором занято около 60% жителей. Среди выращиваемых культур: рис, пшеница, кукуруза, овощи, хлопок, арахис, маниока, просо. Из отраслей индустрии на водосборе развиты: хлопкопрядение, кожевенная, машиностроение, мукомольная и пищевая промышленность. Широко развита добыча соды, в которой используется также детский труд. Важной отраслью является рыболовство. Водопотребление на водосборе невысокое – 70-120 л/чел. день, причем большая его часть приходится на сельскохозяйственный сектор, до 90% в Чаде и 80% в Нигере. На коммунальное водопотребление остается от 10 до 20%.

Изначально в регионе было развито традиционное польдерское земледелие, дающее один урожай в год. В связи со снижением количества осадков в 1960-е гг. в регионе было развернуто активное строительство оросительных систем. В результате, при нормальном уровне воды в озере, благодаря строительству системы дамб и насосов, удавалось получать до трех урожаев в год. Однако в связи с продолжающимся падением уровня в 1970-е гг., система орошения просуществовала всего 6 лет и то на треть своей мощности. В 1979 г. было начато осуществление Южного Чада Иригационного Проекта (South Chad Irrigation Project, SCIP) в бассейне р. Шари, который

должен был обеспечить орошение общей площадью 660 км<sup>2</sup>, при этом предполагалось изымать около 3% ежегодного притока в озеро (Mockrin et al., 2001). После того как две из трех стадий, входящих в проект, были завершены, дальнейшая реализация проекта была отложена из-за сильнейшей засухи. Сооружения поддерживаются в хорошем состоянии в ожидании восстановления озера. Ирригация с использованием построенных каналов и насосов может быть возобновлена в бассейне оз. Чад лишь при условии значительного повышения уровня озера. Однако, необходимо отметить, что многие ирригационные проекты были плохо согласованы между собой и их совместное использование может исключаться даже при благоприятной климатической обстановке как из-за их крайне негативного воздействия на окружающую среду, так и за счет конкуренции за водные ресурсы. Например, согласно Adenle (2002) беспорядочное строительство плотин в верховьях р. Йобе привело к значительному сокращению водно-болотных угодий Нгуру. Плохо спланированное строительство плотины Алабе привело к снижению уровня грунтовых вод и сокращению водно-болотных угодий Самбисса .

На настоящий момент из 1 160 000 га земли, пригодной для орошения в бассейне оз. Чад, фактически орошается менее 115 000 га (Odada et al., 2006). Наибольшая площадь орошаемых земель (чуть менее 75% от их общего количества) в Нигерии. По оценкам ООН максимальный потенциал орошаемых земель в бассейне составляет менее 400 000 га, так как орошение всех пригодных земель (1 160 000 га) требует около 80% современного притока в озеро.

В последние годы в бассейне оз. Чад были разведаны месторождения нефти, разработка которых, как предполагается, должна значительно приподнять экономику региона. Доказанные запасы нефти оцениваются в 1 млрд. баррелей. План развития нефтяной промышленности в регионе предполагает разработку нефтяных месторождений на юге республики Чад и строительство 1070-километрового нефтепровода к атлантическому побережью Камеруна. Нефтеперерабатывающий завод будет построен в Нджамене. Согласно оценкам за 25 лет производства предполагается получить доход для Чада около 2 млрд. долларов и для Камеруна около 500 млн.

долларов. Развитие нефтяной промышленности должно существенно ускорить урбанизацию региона. Параллельно предполагается развитие горно-добывающей промышленности в ЦАР и осуществление широкомасштабных сельскохозяйственных проектов. Перечисленные проекты могут существенно ухудшить экологическую обстановку в регионе. Так нефтедобыча часто сопровождается широкомасштабными разливами нефти, вызывающими значительное загрязнение водных объектов и потерю биоразнообразия.

### ***Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью***

Количество осадков в бассейне оз. Чад значительно изменилось за прошлые 45 лет, отразившись на существенном снижении уровня воды и уменьшении площади озера, а также на сокращении растительного покрова на водосборе и большей уязвимости к эрозии. Согласно (2009) максимальное снижение осадков во второй половине XX в. наблюдалось в Нигерии и составляло 36%, в других частях бассейна - от 15 до 30%. Определенная вина в снижении величины осадков приписывается глобальному антропогенному изменению климата.

Вслед за климатическими причинами дальнейшее сокращение площади озера было вызвано быстро увеличивающимся в регионе водопотреблением, прежде всего на нужды ирригации. Особенно интенсивно строительство ирригационных схем происходило с начала 1970-х годов, в ответ на первую волну снижения осадков в бассейне (Сое, Foley, 2001). Водозабор на ирригационные нужды за период 1983-1994 г. в четыре раза превышал его величину за период 1953-1979 гг. Безвозвратный водозабор составлял около 1/3 стока по р. Шари (Glantz, 2004). Одной из важнейших причин усыхания озера называют также чрезмерный выпас в бассейне, приводящий к уничтожению растительности и опустыниванию (2009). Согласно мнению Сое, Foley (2001) около половины объема оз. Чад сократилось только за счет антропогенного фактора. Неразумные решения, принимаемые без должного планирования (типа строительства больших дамб), усилили проблемы в бассейне озера. Ситуация усугубляется использованием устаревших методов управления в области охраны природы и необоснованным использованием природных ре-

сурсов в нынешних социально-экономических условиях ( .

На сегодняшний день береговая линия оз. Чад существенно отступила, и в областях, где раньше была вода, теперь происходит быстрое опустынивание. Многие жители, которые проживали раньше вблизи озера, оказались отдалены от него на большое расстояние. Значительная часть молодой растительности из-за отсутствия наводнений высохла, травяной покров истощился. Многие животные, обитавшие раньше вблизи озера, были вынуждены мигрировать в поисках пропитания. На огромной территории к северо-востоку от озера в колодцах, питаемых грунтовыми водами, исчезла вода. Практически полностью исчезла растительность в северной части озера, на месте бывшего озерного ложа возникли дюны. Пустыня распространяется и на запад. В результате большое количество жителей вместе со своим домашним скотом мигрировало на юг.

Катастрофическое сокращение площади озера привело к резкому обнищанию местного населения. Население, занятое в животноводстве, из-за сокращения площадей пригодных для выпаса скота столкнулось с проблемой чрезмерной эксплуатации пастбищ. Общины, занятые ранее ловом рыбы, в связи с сокращением площади озера и последовавшим за ним снижением рыбозапасов, были вынуждены переключиться на занятие сельским хозяйством. В то же время количество орошаемых земель, позволяющих получать высокие урожаи, резко сократилось. Из-за нехватки воды с целью использования всех возможных ресурсов, началось распаивание части озерного ложа.

Засуха в значительной степени изменила параметры развития экономики в регионе, затронув не только сельскохозяйственное производство и промышленность, но и сферу торговли. В результате возникла необходимость менять правила, регулирующие доступ к природным ресурсам (LCBC 1990). Однако своевременного решения этого вопроса не было. Сокращение площади озера привело к конфликтам как между странами, расположенными в бассейне, так и между интересами различных водопользователей. Участились межэтнические столкновения, связанные с нехваткой воды для домашнего скота и сельского хозяйства (Odada et al., 2006). Вопрос, как будут перераспределены права на оставшуюся воду, остается, по-прежнему, нерешенным. Фермеры и пасту-

хи заинтересованы в сохранении водозабора на сельскохозяйственные нужды, тогда как рыбаки требуют сокращения водозабора и поддержания уровня озера для сохранения рыбозапасов.

Среди других проблем, имеющих место в бассейне оз. Чад - продолжающееся сведение лесов, усугубляющее проблемы эрозии, увеличение засоления почв, связанное с плохой ирригационной практикой, деградация речных русел, биологические инвазии (Glantz, 2004), и рост загрязнения. Согласно Odada et al. (2006) эффективность ирригации в регионе составляет лишь 11%, что требует резкого изменения ирригационной практики. Отсутствие ежегодных наводнений вызывает деградацию речных русел. В бассейне р. Йобе из-за существенного снижения расхода воды резко возросло заиление, сократилось биоразнообразие и увеличилось количество инвазий, в том числе таких сорняков как рогоз (*Typha australis*), забивающих русла и оросительные каналы (Odada et al., 2006).

Активное антропогенное развитие приводит к большому количеству сточных вод, прежде всего с сельскохозяйственных полей. Кроме того, определенную долю в загрязнение водной среды вносят перегнивающие на полях остатки урожая (Oguntola 2003). Загрязнение сельскохозяйственными, промышленными стоками и твердыми отходами носит как местный, так и обще бассейновый характер.

В связи с возникшими вокруг оз. Чад проблемами становится очевидным недостаточное знание в области водных ресурсов и функционирования водных систем региона. Нет никакой системы, позволяющей контролировать количество и качество пресноводных ресурсов, и, кроме того, нет эффективных водных программ защиты качества воды. Доступные данные по качеству воды относятся к 1960-70 гг. Некоторые государства, расположенные в бассейне озера, как Нигерия, до конца 1980-ых гг. вносили существенный вклад в области изучения водных ресурсов региона. В дальнейшем, в связи с недостатком политического желания и проблемами финансирования, программы по созданию постоянной сети гидрологических наблюдений потерпели крах. На сегодняшний день для принятия правильных решений в сфере управления водными ресурсами развитие комплексной системы наблюдений крайне необходимо в регионе. В

идеале такая система должна состоять из системы непрерывного автоматизированного, телеметрического мониторинга качества воды и других параметров, влияющих на качество воды, таких как метеорологические и гидрологические данные, компьютерных моделей для оценки качества воды и системы поддержания решения, включая профессиональные базы данных (Papadimitrakis et al., 2005). Охрана и управление природными ресурсами в бассейне оз. Чад на комплексной и устойчивой основе являются важнейшей задачей стран, расположенных в бассейне озера.

### ***Описание мер, планируемых для улучшения экосистемы озера***

В 1964 г. с целью совместного решения проблем, связанных с оз. Чад, четырьмя странами, расположенными по берегам озера, была создана Комиссия по оз. Чад (Lake Chad Basin Commission, LCBC). В 1994 г. к работе комиссии присоединилась ЦАР. В результате встречи 1994 г. был разработан Генеральный план по развитию и рациональному использованию окружающей среды (Master Plan for the Development and Environmentally Sound Management of the Natural Resources of the Lake). В 1998 г. был принят план стратегического развития (Strategic Action Plan), подготовленный при участии Всемирного Экологического Фонда (Global Environmental Facility). В 1999 г. были начаты 3 проекта по развитию рыбной ловли, финансируемые ЕС. В 2000 г. в качестве члена Комиссии по оз. Чад при встрече на высшем уровне принимал участие Судан, однако он не ратифицировал соглашение LCBC, что является необходимым условием участия в Комиссии. В 2008 г. к деятельности Комиссии присоединилась Ливия, став ее 6 официальным участником. В качестве наблюдателей в деятельности Комиссии принимают участие Судан, Демократическая Республика Конго и Республика Конго. Наибольший финансовый вклад в деятельность Комиссии вносит Нигерия.

Основное направление деятельности комиссии по оз. Чад – исследования природных ресурсов и регулирование водопользования в бассейне, управление водными и другими природными ресурсами, а также разработка, координация и продвижение проектов развития природных ресурсов. Почти все государства, являющиеся членами комиссии подготовили свои долго-

срочные планы природоохранных мероприятий. Необходимым условием для всех стран, участвующих в Комиссии, является предоставление материалов по всем проектам, касающимся природных ресурсов. Комиссия рассматривает также жалобы, поступающие в ее адрес, и урегулирует спорные вопросы. Совместные заседания на высшем уровне проводятся раз в два года, а на уровне специальных уполномоченных представителей Комиссии - ежегодно. Важнейшей составляющей процесса управления водными ресурсами является проведение систематических информационно-пропагандистских кампаний, направленных на информирование и повышение экологического уровня местного населения.

С целью охраны биологической вариативности в регионе оз. Чад создана пока единственная охраняемая территория - Lake Chad Game Reserve, площадью 7044 км<sup>2</sup> протягивающаяся вдоль западного нигерийского побережья на 150 км, около половины нигерийской прибрежной зоны. Однако ее охраняемость находится под большим вопросом, так как местные общины требуют землю под сельское хозяйство и рыбную ловлю. С 2003 г. практически всю территорию озера Чад было предложено включить в состав Рамсарских охраняемых водно-болотных территорий.

### ***Проект Пополнения оз. Чад***

В связи с периодическими засухами и возникающими проблемами водопользования в бассейне оз. Чад в конце XX в. был предложен план переброски вод р. Убанга (бассейн р. Конго) в озеро Чад по р. Шари. Схемы переброски были разработаны в 1980-90-х гг. итальянской фирмой «Bonifica» (Transaqua Scheme) и нигерийским инженером J. Umolu (ZCN Scheme) (Journal of Environmental Hydrology, 1999). В 1994 г. Комиссия по Бассейну оз. Чад (LCBC) предложила более детально рассмотреть данные проекты и предоставить их технико-экономическое обоснование. В 2002 г. на очередной сессии LCBC был принят Проект Пополнения оз. Чад (The Lake Chad Replenishment Project, LCRP), однако разработка технико-экономического обоснования была невозможна из-за нехватки финансов. В начале 2000-х гг. стало ясно, что в реализации проекта заинтересованы не только страны, расположенные в бассейне оз. Чад, но и Демократическая Республика Конго и

Республика Конго. С целью продвижения проекта были предприняты попытки привлечения зарубежных и международных инвесторов. В марте 2008 г. состоялась встреча на высшем уровне глав государств-членов LCBC с целью обсуждения проекта переброски (Voice of America News...2008). В апреле 2008 г. LCBC послала в Мировой Банк запрос о возможности финансирования проекта переброски. Первый этап проекта, предполагающий разработку технико-экономического обоснования, оценивается в 8 млн. долларов и уже получен государствами-членами LCBC (High level..., 2008). Тендер на реализацию первой части проекта выиграла канадская фирма СИМА-International. Согласно контракту работы, рассчитанные на два года, начаты с конца 2009 г.

Проект Пополнения оз. Чад предполагает строительство более 100 км каналов и перекачку воды из одного бассейна в другой. В узком ущелье у водопадов Ливингстона в Паламбо предполагается создание плотины, выше которой образуется огромное водохранилище, так называемое «море Конго». По одному из крупнейших притоков р. Конго, Убанга, расположенной в своих верховьях в непосредственной близости к притокам р. Шари, вода из водохранилища потечет в обратном направлении и через канал соединится с

верховьями р. Шари. Переброска может обеспечить сток по р. Шари от 40 до 100 км<sup>3</sup>. Модельные расчеты Lemoalle et al. (2008) показывают, что для восстановления среднего размера оз. Чад (более 20000 км<sup>2</sup>) при существующих климатических условиях достаточно перебросить в р. Шари 15-20 км<sup>3</sup> воды/год. Переброска от 20 до 30 км<sup>3</sup> может возобновить отток из озера по р. Бахр-эль-Газаль.

Переброска полноводной р. Убанга могла бы оживить умирающее озеро Чад, способствовала бы поддержанию рыбозапаса и обеспечению водой сельского хозяйства региона. Кроме того, она сможет остановить наблюдающееся продвижение пустыни Сахары. Создание плотины на р. Убанга позволит вырабатывать до 30-35 ГВт/час электроэнергии (Odada et al., 2006). Планируется, что в результате переброски на р. Убанга будет улучшена навигация, также предполагается использовать канал, соединяющий р. Убанга и приток р. Шари, с целью транспорта товаров и услуг в регионе. По расчетам в связи с переброской становится возможным орошение около 5-7 млн. га земель в регионе (Onyekakeyah, 2008). Данная мера поддержала бы десятки миллионов голодающих в центральной Африке и области Сахель.