

Глава 5. БОЛЬШИЕ И СОЛЕННЫЕ

Большинство озер Земли являются пресными, однако широкое распространение имеют и минеральные (солёные) озера. Чаще всего они расположены в бессточных бассейнах, в аридных и субаридных регионах. Здесь, в связи с отсутствием оттока и значительным испарением, происходит постепенное накопление солей, порой до очень высоких концентраций. В ряде случаев солёные озера расположены и в гумидных областях. В таких случаях они либо не утратили своей постоянной (лагуны, лиманы, фьордовые озера) или эпизодической (озера некоторых арктических островов и побережий) связи с морем, либо представляют собой реликт существовавшего здесь в сравнительно недавнем прошлом морского водоема, в связи с геологическими процессами отделившегося от мирового океана. По суммарному объёму содержащейся воды солёные озера лишь немного уступают пресным, прежде всего благодаря огромному объёму воды, содержащемуся в самом крупном озере мира – Каспийском море (78081 км³ или около 90% от суммарного объёма солёных вод, заключённых во внутренних водоемах суши). В зависимости от величины минерализации озера подразделяются на солоноватые (до 35 промилле) и солёные (свыше 35 промилле). По химическому составу они делятся на карбонатные (содовые), сульфатные (горько-солёные) и хлоридные (солёные).

Среди 50 крупнейших озер мира, рассматриваемых в данной книге, 4 являются солёными и 6 солоноватыми. Кроме того, на протяжении второй половины XX в. по мере усыхания оз. Арал превращалось из солоноватого водоема в солёный; на сегодняшний день Малый Арал остается солоноватым, тогда как остаточные водоемы на месте Большого Арала являются гиперсолёными. Непосредственно в данной главе рассматриваются лишь три озера: два наиболее показательных гиперсолёных водоема – Большое Солёное (США) и оз. Эйр (Австралия), а также уникальное в своем роде оз. Балхаш: часть которого содержит почти пресную воду, а часть — солоноватую. Остальные минеральные озера описаны в других главах данной книги: оз. Рудольф в главе «Крупнейшие озера рифтовых областей», оз. Каспий и Маракайбо в главе «На месте древнейших морей», оз. Кукунор, Иссык-Куль, Урмия и Ван в главе «Крупнейшие высокогорные» и оз. Арал в

главе «Озера, которые мы потеряли».

5.1. БОЛЬШОЕ СОЛЁНОЕ ОЗЕРО

Большое Солёное озеро – солёное озеро, расположенное в северо-западной части штата Юта (США), на востоке Большого Бассейна (рис. 5.1). Его координаты: 40°38'-41°44'с. ш.; 111°53'-113°04'з. д., урез воды находится на высоте 1280 м над уровнем моря. Это самое большое озеро западной части США и самое большое солёное озеро Западного полушария (Waddell et al., 2009). Озеро слегка вытянуто с северо-запада на юго-восток, на нем 11 островов, однако при низком уровне большинство из них соединяется с сушей. Самый крупный - о-в Антилоп. С запада вплотную к озеру подходит необитаемая пустыня.

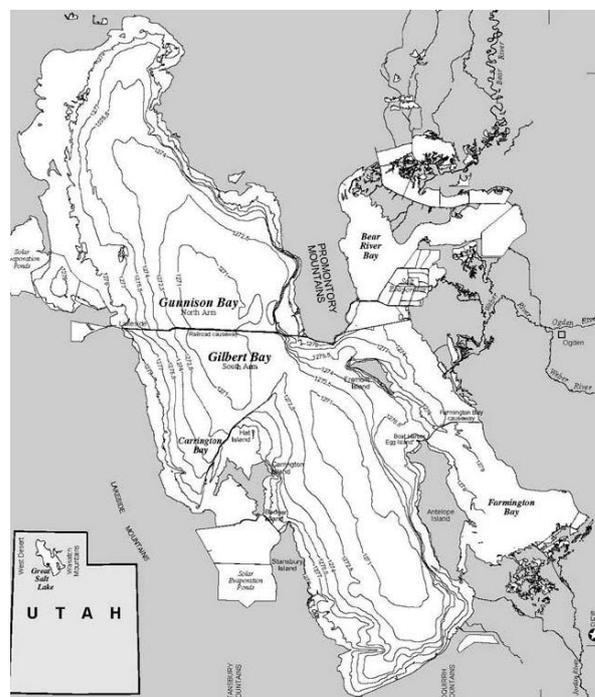


Рис. 5.1. Большое Солёное озеро. Источник: Basken & Allen, 2005

Большое Солёное Озеро является остатком более древних водоемов, существовавших в Большом Бассейне в течение прошедших 15 млн. лет, и, в результате значительных климатических изменений, последовательно сменявших друг друга. В том числе оно является непосредственным наследником древнего огромного пресного оз. Бонневилл, не имевшего стока в океан и покрывавшего в период плейстоцена, 30000 - 14000 лет назад, большую часть современного штата Юта, а также часть штатов Айдахо и Невада. По своим размерам и по

глубине оз. Бонневилл превосходило оз. Мичиган. Оно протягивалось на 500 км в длину при ширине около 200 км, его глубина составляла около 300 м (Scott et al., 1983, Spenser et al., 1984). После отступления ледника, сопровождающегося аридизацией климата, оз. Бонневилл стало постепенно сокращаться в размерах. В результате на сегодняшний день его остатками являются Большое Соленое озеро, а также меньшие по площади озера - Юта, Севьер, Раш и Малое Соленое.

Находясь в районе с неустойчивыми осадками и занимая неглубокую котловину, Большое Соленое озеро год от года может сильно изменяться по площади. Согласно данным измерений в 1850 г. площадь озера составляла 4600 км², к 1873 г. она увеличилась до 5700 км², к 1900 г. озеро почти полностью пересохло, но уже к 1925 г. площадь вновь приблизилась к 5000 км². Очень низкая площадь зеркала озера наблюдалась в 1963 г. и составляла 2460 км², максимального значения озеро достигло в 1987 г. - 8547 км² (Arnow, 1985). Объем заключенной воды на протяжении периода измерений изменялся от 10 до 50 км³, а средняя глубина от 4.0 до 7.5 м, максимальная глубина - 15 м (Hassible., Keck, 1993). Площадь озера при рассчитанной средней высоте уровня в 1281 м, составляет около 4400 км² (Waddell et al., 2009). Благодаря значительным колебаниям уровня озеро окружают обширные водно-болотные угодья, являющиеся местообитанием богатейшего птичьего населения. В зависимости от колебаний уровня происходят изменения солености воды озера, изменения его размеров и типов обитания в устьевых участках рек и в прибрежной зоне.

Через озеро проходит линия Южной Тихоокеанской железной дороги, огибающей его восточный и южный берег, и частично проложенной по искусственной дамбе, вдающейся в озеро. В результате железнодорожная дамба разделяет озеро на три участка: северо-восточный, северо-западный и южный рукава, предотвращая смешивание вод между ними. Наиболее соленым является северо-западный рукав, не получающий постоянного пресного притока. Наиболее опресненный - южный рукав, получающий максимум притока и, в связи с этим, даже имеющий более высокие уровни, на 15-50 см выше, чем в северных рукавах (Arnow et al., 1990).

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Испанские поселенцы узнали о существовании Большого Соленого оз. от коренных американцев еще в 1776 г., однако они никогда не выходили к его берегам. Первым белым человеком, увидевшим Большое Соленое оз., был Джим Брайджер, достигший его берегов в 1825 г. Первая научная экспедиция на озеро была организована в 1843 г. Джоном К. Фремонтом (Morgan, 1947). С середины XIX в., после прихода на озеро мормонов, его водосбор начал активно заселяться. Используя искусственное орошение, выходцы из Европы создали на окружающей озеро пустынной местности сельскохозяйственные поля. На р. Джорджон был основан самый крупный в бассейне город - Солт Лейк Сити, ставший столицей шт. Юта.

Большое Соленое озеро играет важную роль в жизни людей, обитающих по его берегам. Питающие его реки являются источником водоснабжения. Само озеро служит источником глауберовой и поваренной соли, общие запасы которых оценивались на конец XX в. в 5 млрд. тонн. Велика роль озера в формировании местного климата. Прежде всего, наличие озера сказывается на увеличении числа снеговых осадков на подветренном склоне окружающих его гор. Благодаря холодным северным, северо-западным и западным ветрам, возникающим над озером при прохождении холодных фронтов, и температурным различиям между теплой водой и холодным воздухом над озером формируются облака, проливающиеся дождями или снегопадом на ближайшие горные склоны. Особенно четко снеговой эффект озера наблюдается в осеннее и весеннее время, когда разница между температурой воды и воздуха наибольшая.

Климат. Характеристики термического режима

Озеро расположено в регионе с резко континентальным климатом, характеризующимся холодными малоснежными ветренными зимами и жарким летом, и отличающимся неустойчивостью погодных условий. На рис. 5.2 представлены среднегодовые параметры климата в регионе. Температура воды изменяется в течение года в широких пределах, от значений близких к 0 до 27°C.

Среднегодовые параметры климата, Большое Солёное Озеро, Солт Лейк Сити

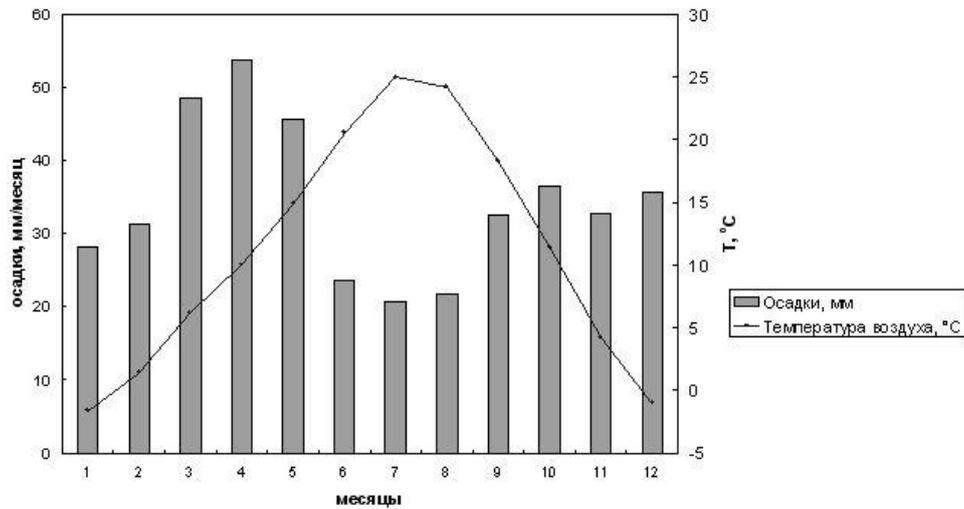


Рис. 5.2. Среднегодовые параметры климата региона Большого Солёного озера.

График уровня воды оз. Б. Солёное, 1850-2010 гг.

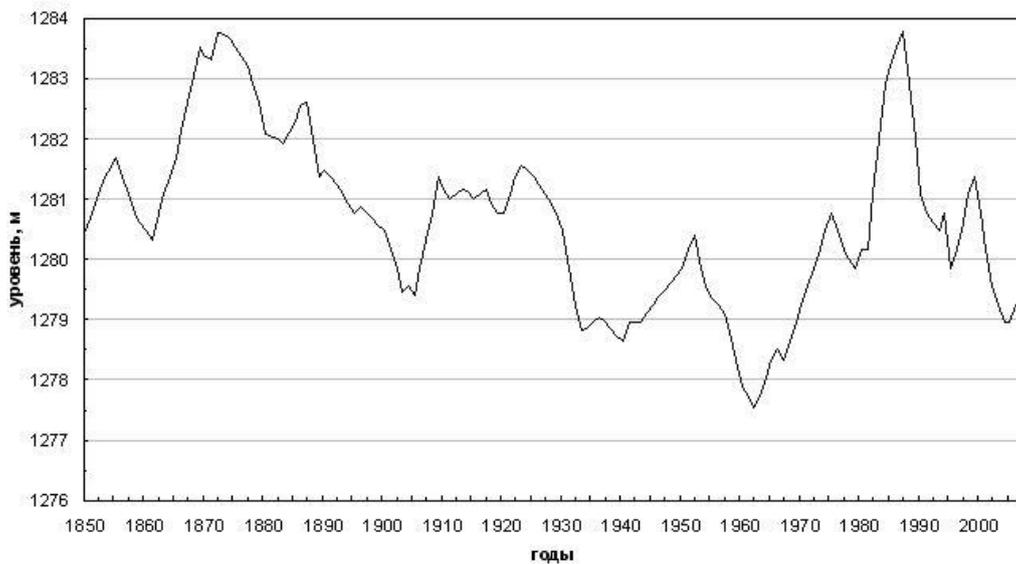


Рис. 5.3. Изменения уровня Б. Солёного озера с 1850 по 2010 гг по данным Hassible., Keck, 1993, и USGS (спутников TOPEX, Jason-1).

Характеристики водного режима и водного баланса

Озеро бессточное. Оно питается водами впадающих в него рек и временных водотоков. Площадь его водосбора составляет 89000 км², причем эффективная площадь - только 55000 км² (Waddell et al., 2009). Значительная часть водосбора к западу от озера представляет собой пустыню, которая практически не дает никакого притока, за исключением небольших род-

ников, разгружающихся в озеро в годы высокой водности (Lall и Mann, 1995). Большинство притоков впадают в южную и восточную часть озера, наиболее крупными являются реки Бэр и Вебер, стекающие с гор Уосатч и Уинта, а также р. Джордан, берущая начало в пресноводном оз. Юта. Поверхностный приток составляет 66% приходной части водного баланса, осадки на поверхность озера 31% и 3% приходится на грунтовый приток. Расходная часть баланса состоит исключительно из испарения. Наиболь-

ший приток воды поступает в озеро летом и связан со снеготаянием в горах Уосач. Благодаря снеговому питанию уровень озера повышается в среднем на 40 см.

Уровень воды Большого Соленого озера сильно варьирует год от года, находясь в тесной зависимости с количеством выпадающих в бассейне осадков (рис. 5.3). Даже небольшие колебания уровня сопровождаются значительными изменениями площади водоема. За 150-летний период наблюдений колебания уровня воды в озере составили около 6 м, от 1278 до 1283 метров.

Максимальный подъем уровня озера наблюдался в 1980-е гг, он начался с его постепенного повышения в 1983 г. и достиг наибольшего значения в 1987 г (рис. 5.4). Чрезвычайно высокие уровни привели к значительному ущербу на восточном побережье озера, оцениваемому в 350 млн. \$US за год. Кроме значительных потерь, понесенных собственниками, особую опасность представляла угроза размыва автомагистрали, проложенной между штатами, и остановка железнодорожного сообщения. Для снижения ущерба шт. Юта разработал проект по строительству насосов, перекачивающих озерную воду на запад, в дикую пустынную область по каналу длиной более 6 км. Было установлено три насоса, в результате работы которых было перекачено 3.4 км³ воды (Fact Sheet...). Стоимость проекта оценивалась около 60 млн. долларов США. Проект был приостановлен в 1989 г., после того как уровень озера упал на 2 м. В настоящее время насосы не используются, но готовы к эксплуатации в случае очередного подъема уровня.



Рис. 5.4. Спутниковая фотография Большого Соленого озера в период его максимального разлива, в 1987 г. Фото USGS.

Основные характеристики качества вод

Большое Соленое озеро характеризуется высоко минерализованной водой, его соленость в зависимости от водности года изменяется от 50 до 300 промилле (Wold et al., 1994) и значительно превосходит соленость морской воды. После разделения озера искусственной дамбой наибольшие значения солености характерны для северо-западного рукава озера, средняя соленость – 240 промилле, тогда как в южной части она составляет 120-150 промилле (рис. 5.5). Из-за высокой минерализации вода Большого Соленого Озера отличается повышенной плотностью, что позволяет сравнивать его с Мертвым Морем. Основными ионами являются натрий и хлор (32.8 и 54.5% от общей суммы ионов, соответственно), характерно более высокое содержание сульфатов (7.2%), магния (3.3%), калия (2%) и очень мало кальция (0.2%).

Для большей части акватории озера характерно равномерное распределение кислорода по водному столбу. Прозрачность воды составляет 1.8 метра, лишь в наиболее загрязненном заливе Фермингтона она ниже, 0.6 м (Marcarelli et al., 2001). Окислительно-восстановительный показатель рН - 8.5. Для озерной воды характерны очень высокие концентрации брома и ртути, составляющей 0.84-30 нг/л. Это значительно выше, чем в других поверхностных водах США (Jones et al., 2009).

По концентрации биогенных веществ и хлорофилла-а Большое Соленое Озеро по большей части своей акватории характеризуется как мезотрофное, тогда как его наиболее загрязненный залив Фермингтона является гипертрофным (Marcarelli et al., 2001)

Основная соль в Большом Соленом оз. накопилась благодаря постепенному испарению вод оз. Бонневилл. Необходимо отметить, что само оз. Бонневилл было достаточно пресным, чтобы в нем водилась рыба. Кроме того, Большое Соленое оз. питают 3 основные реки, также приносящие в него со стоком огромное количество минеральных веществ, около 1.1 млн. тонн в год.

Основные биологические особенности

Устьевые участки рек, впадающих в Большое Соленое озеро, характеризуются солоноватой водой, приемлемой для развития по его пери-

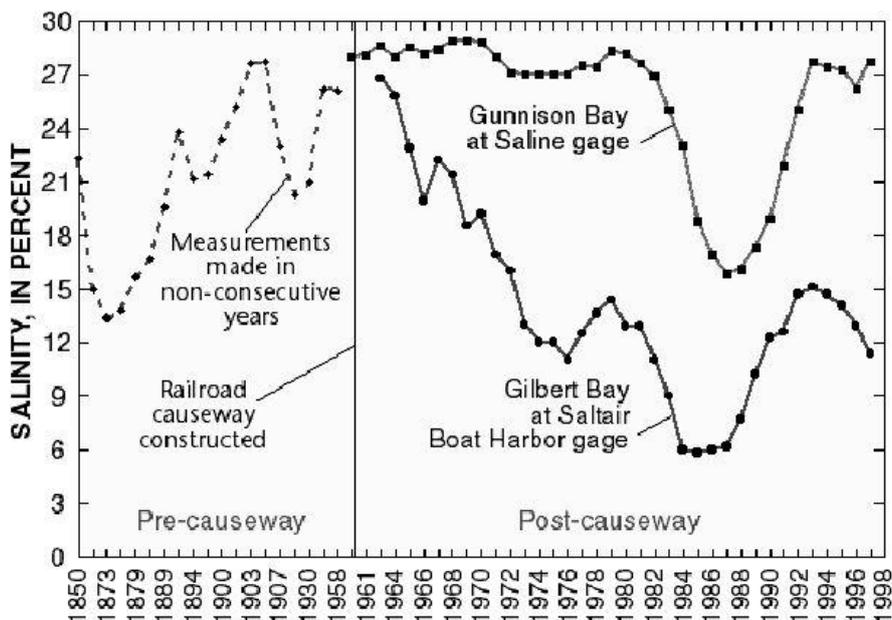


Рис. 5.5. Изменение солености в Б. Соленом озере. Источник: USGS, Utah Water Science Centre.

ферики богатой водной растительности. Здесь произрастают камыш (*Scirpus* spp), рогоз (*Typhus* spp.) различные виды тростника (*Phragmites* spp.), как аборигенные, так и инвазийные (Waddell et al., 2009). Несмотря на то, что озеро отличается очень высокой соленостью, здесь обитает ряд солелюбивых микроорганизмов, большинство из которых, однако, в основном распространены в более пресной южной части озера. Так здесь хорошо представлен фитопланктон, состоящий преимущественно из представителей диатомовых (*Nitzschia* spp) и зеленых водорослей видов *Dunaliella viridis* и *Spermatozopsis* spp., придающих воде зеленоватый оттенок. Сине-зеленые водоросли (*Spirulina major*) обнаружены в водах залива Фермингтона, на большей части акватории в последние годы они отсутствуют, хоть при более низких концентрациях солености сине-зеленые имели активное развитие (Marcarelli et al., 2001). В северной наиболее соленой секции преобладает красная водоросль *Dunaliella salina*, выпускающая бета-каротин и, в сочетании с обитающими здесь бактериями, придающая воде розовый и красноватый оттенок (Gillespie, 1977). Расцвет фитопланктона происходит, прежде всего, за счет активного распространения *Dunaliella viridis* и приходится обычно на конец зимы - раннюю весну, когда температуры воды достаточно низкие. Ежегодная первичная продуктивность в южном

бассейне оценивается в 145 мгС/л (Stephens et al., 1976). Концентрация хлорофилла-а составляет на большей части акватории озера 0.2-12 мкг/л, в заливе Фермингтона 11-70 мкг/л (Marcarelli et al., 2001).

Озерная фауна включает представителя отряда членистоногих крошечную морскую креветку, *Artemia franciscana*, питающуюся фитопланктоном и два вида морской мухи рода *Ephydra gracilis* и *Ephydra hians* (Rawley 1980). Креветка наиболее распространена в южной части озера, но обнаруживается и в северных секциях. Жизненный цикл женской взрослой особи составляет около 3 месяцев, при этом она может достаточно часто производить потомство, содержащее до 300 личинок. Однако в силу низких температур в зимне-весенний период, когда в озере происходит размножение креветки, производится обычно лишь два-три потомства (Stephens, 1974). Мухи живут преимущественно близ побережья и активно распространяются в начале летнего сезона, когда местные пляжи оказываются практически полностью покрытыми только родившимися насекомыми. Из-за высокой солености воды рыба в озере отсутствует. В приустьевых участках рек, питающих озеро, фауна более разнообразная, здесь обитают различные виды семейства комаров-звонцов (*Chironomidae*), гребляков (*Corixidae*) и др. (Waddell et al., 2009).

На озере во время перелета останавливаются огромное количество птиц, пересекающих американский континент, в том числе чилийским фламинго (*Phoenicopterus chilensis*). На озере и на прилегающих к нему болотах зарегистрировано от 2 до 5 млн. ржанок (*Pluvialis* spp.), около 3 млн. поганок (*Podiceps nigricollis*), снежные зуйки (*Charadrius alexandrinus*). Среди водоплавающих птиц: плавунчик Вилсона (*Phalaropus tricolor*), красногорлый плавунчик (*Phalaropus* sp), американская шилоноска (*Recurvirostra americana*), черношея свая (*Himantopus mexicanus*), белолицый ибис (*Plegadis chihi*), калифорнийская чайка (*Larus californicus*), чирок-свиистунок (*Anas crecca*), северный шилохвость (*Anas acuta*), американский белый пеликан (*Pelecanus erythrorhynchos*) и др. (Paton et al. 1992, Jehl et al. 1998, Fellows et al., 1991). Птицы начинают пребывать на озере в начале весны, используя заболоченные земли как остановку в пути на север континента, однако пик их численности приходится на период между апрелем и сентябрем, когда ежедневно на озере находится около 1 млн. особей. Основным источником пропитания для водоплавающих птиц служит морская креветка и муха.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора Большого Соленого озера составляет 89000 км², на начало XXI в. здесь проживает около 1.7 млн. человек (Fisher 2006). Наиболее заселенным является восточный берег, с запада к озеру практически вплотную примыкает пустыня. На протяжении XIX-XX веков ресурсы региона активно использовались, в XIX в. наиболее активное развитие имело сельское хозяйство, тогда как в XX в. оно стало постепенно вытесняться развитием индустрии. Промышленное развитие сопровождалось ростом городов, увеличением загрязнения и постепенным внедрением очистных технологий. К началу 1970-х годов большинство промышленных предприятий в бассейне уже имели необходимые системы очистки стоков.

Большое Соленое озеро является источником добычи глауберовой и поваренной соли, а также ряда полезных ископаемых как магний, хлор в газообразном состоянии, хлорид магния. Ежегодно здесь извлекается около 2.5 млн. тонн хлорида натрия и других солей. Общий доход от добычи полезных ископаемых на озере

оценивался в 2000 г. в 230 млн. долларов США (Loving et al., 2000). Общие запасы соли по приблизительным оценкам составляют 4.5-4.9 млрд. тонн. Коммерческий интерес представляет обитающая в озере морская креветка, продаваемая в восточных штатах. Ежегодная прибыль от добычи креветки составляла на конец XX века от 8 до 32 млн. долларов. На северном берегу озера найдены месторождения нефти, однако их широкомасштабная разработка признана нерентабельной и добыча ведется лишь небольшими компаниями с 1993 г.

Вокруг озера организован государственный парк Большого Соленого озера, который активно используется для рекреации и туризма, также приносящих хорошую прибыль местной экономики. Однако развитие туристической инфраструктуры сдерживается значительными колебаниями уровня воды озера. Кроме того, негативный эффект на развитие туризма оказывает проявляющееся загрязнение водоема.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

В связи с сельскохозяйственной и промышленной активностью на водосборе, Большое Соленое Озеро подвержено токсическому загрязнению. Со стоками в озеро попадают мышьяк, кадмий, медь, свинец, ртуть, селен и цинк, нефтяные углеводороды, включая многоядерные ароматические углеводороды (ПАХs), многохлорированные бифенилы (PCBs) и пестициды, а также разнообразные загрязнители, содержащиеся в коммунальных стоках. Особенно сильно загрязнение проявлялось до начала 1970-х годов, до широкомасштабного внедрения очистных систем. В связи с проводящейся на сегодняшний день качественной очисткой сточных вод, токсическое загрязнение воды проявляется в небольшой степени, за исключением наиболее загрязненного зал. Фермингтона. Однако, несмотря на невысокое загрязнение, токсические отходы представляет огромную потенциальную опасность, современные очистные сооружения пока не полностью обеззараживают стоки, кроме того, огромную опасность представляют аварийные сбросы.

Проведенные в конце XX в. исследования воды, донных отложений, озерной креветки и обитающих вокруг озера водоплавающих птиц выявили повышенное содержание ряда загряз-

нителеей, в том числе селена и ртути (Domagalski et al., 1990 ...). Более поздние исследования (Waddell et al., 2009) также выявили наличие токсичных элементов. В донных осадках южного побережья озера, где расположены предприятия металлургической промышленности было обнаружено повышенное содержание меди, мышьяка, кадмия, селена. Однако в целом, концентрации вредных промышленных загрязнителей в донных отложениях оказались ниже, чем можно было бы ожидать исходя из уровня развития промышленности на водосборе. Так содержание меди в образцах, собранных в открытой части водоема составляло в среднем 49.5 мг/кг, а в прибрежной – 147 мг/кг. Лишь в двух образцах концентрации были предельно высокими – 620 и 1083 мг/кг. Селен практически нигде не превышал порог токсичности в 4.0 мг/кг. Ртуть была обнаружена лишь в половине образцов, отобранных в открытой части водоема, где ее концентрация составляла в среднем 0.186 мг/кг и в 65% образцов в прибрежной зоне (0.20 мг/кг). Ее наиболее высокие концентрации (0.385 - 0.414 мг/кг) были отмечены лишь в 4 из 38 образцов. В приустьевых участках концентрации загрязнителей чаще всего были ниже, чем в самом озере, за исключением наиболее загрязненных участков. Есть предположение, что одной из причин невысокого содержания токсических веществ в воде и донных осадках Большого Соленого озера является высокая степень его самоочищения.

Исследования морской креветки показали, что лишь у взрослых особей содержание бора, ртути и селена превышают нормы, допустимые для питающихся креветкой птиц. Причем повышенное содержание ртути было обнаружено лишь в образцах 1999 г., и не обнаружено в 2000 г. (Waddell et al., 2009). Наиболее загрязненным участком озера согласно большинству проб оказалась южная часть зал. Фермингтона, получающая наибольшее количество сточных вод и характеризующаяся присутствием кислородного дефицита в воде. Исследования печени обитающих на озере поганок, рацион которых состоит преимущественно из креветки, выявило превышение концентрации ртути у половины исследованных птиц, а также превышение концентрации бора и селена. Анализы, собранные в разное время года, различались. Результаты анализов 1996-2000 гг. оказались более оптимистичными, чем результаты предыдущих

исследований. В связи с крайней важностью водно-болотных угодий Большого Соленого Озера как основного места стоянки птиц на пути их миграции вдоль Американского континента, необходимо проведение дальнейших исследований в области изучения экологического состояния озерной экосистемы и выявления характера распространения основных загрязнителей по пищевой цепи.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

В связи с активной антропогенной деятельностью, наблюдающейся в последние десятилетия в бассейне Большого Соленого Озера, его экологическое состояние вызывает значительное беспокойство. В этой связи на озере проводятся регулярные исследования. В течение последних 30 лет в мире каждые три года проводятся симпозиумы, посвященные проблемам соленых озер. Последний, десятый симпозиум, проходил в 2008 г. в Университете Штата Юта. На симпозиуме рассматривались вопросы гидрофизики, гидрохимии, гидробиологии соленых озер и, прежде всего, Большого Соленого озера, а также обсуждались вопросы их экологического состояния, рационального природопользования и водоохраные меры.

В бассейне Большого Соленого озера расположено несколько природных парков. В том числе на острове Антилоп - природный парк Antelope Island State Park, охраняющий обитающих здесь антилоп и бизонов, на юго-западном побережье - государственный парк Большого Соленого озера (Great Salt Lake State Park).

5.2. ОЗЕРО ЭЙР

Озеро Эйр является огромным соленым озером, расположенным в юго-западной части бессточного региона в центре Австралийского континента (рис. 5.6, 5.7). Его координаты: 27°52'-29°31'ю.ш., 136°47'-138°00'в.д., урез воды находится на 9.5 м ниже уровня моря. Озеро открыл Эдвард Эйр в 1840 году, впоследствии оно было названо в его честь. Имея площадь водосбора 1140000 км² или около 1/6 площади континента (McMahon et al., 2005) оно является крупнейшим озерным бассейном Австралии, обособленным от Западного плато и одним из крупнейших внутренних бассейнов мира.

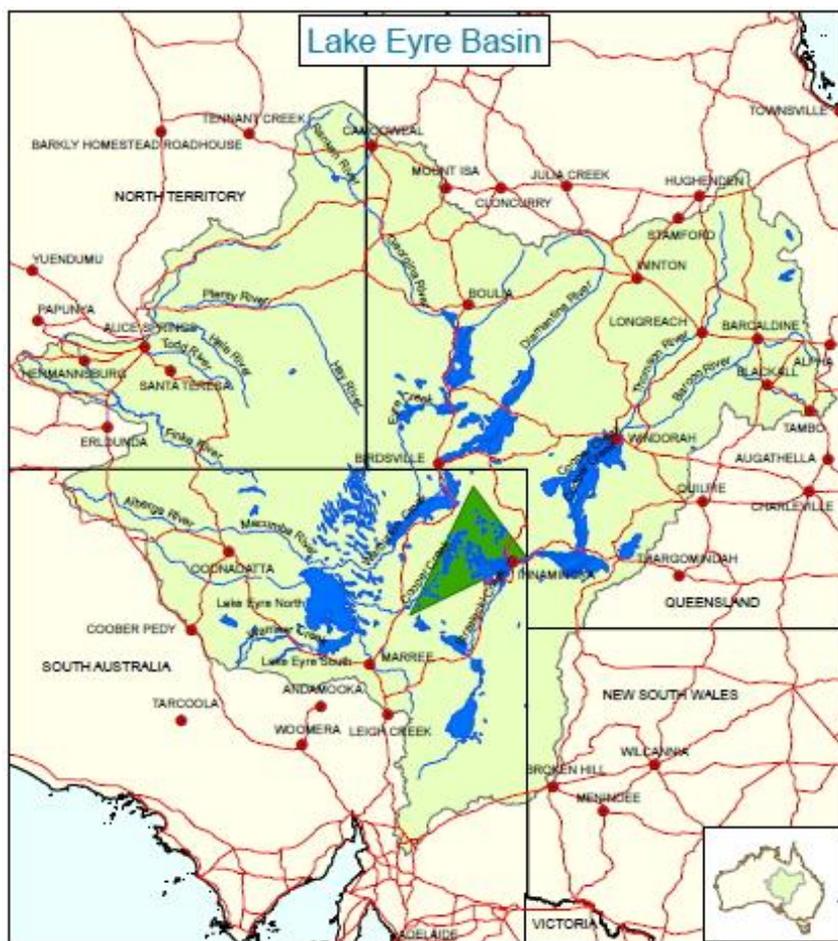


Рис. 5.6. Бассейн оз. Эйр. Источник: Australian Government..., 2007.

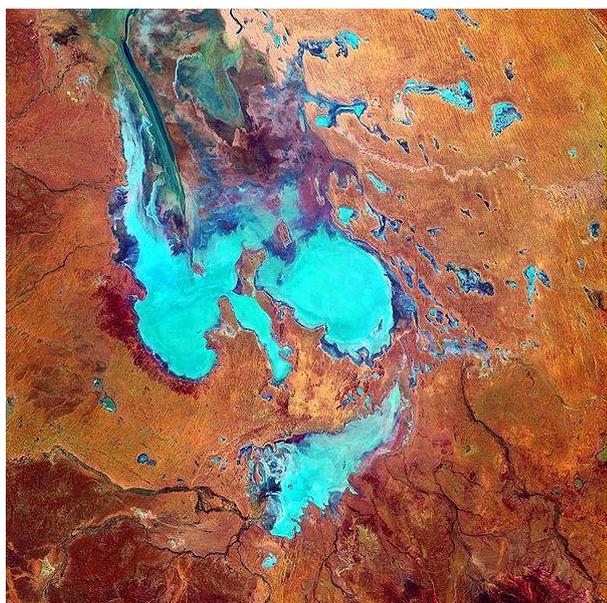


Рис. 5.7. Озеро Эйр. Фото NASA.

Оз. Эйр возможно одно из самых древних в мире. Его возраст оценивают в 20 - 60 миллионов лет. Бассейн начал формироваться еще

в первой половине третичного периода, в связи с понижением юго-восточной части Южной Австралии. Чаша озера имеет тектоническое происхождение. Геология бассейна представлена осадочными породами мезозойского и кайнозойского возраста. Юго-западная часть водосбора, истоки рек Купер Крик и Димантина сформированы на мезозойских осадочных породах. В северо-западной части водосбора преобладают более древние метаморфические и магматические породы протерозойского возраста (McMahon et al., 2005).

В течение многих миллионов лет водосбор оз. Эйр получал значительное количество осадков и был залесен. От 20 до 10 млн. лет назад несколько больших мелководных озер было разбросано в пределах современного бассейна. Однако, поскольку в этот период Австралия продолжала свой дрейф, сопровождавшийся увеличением аридности климата, поймы рек, питающих озера, постепенно пересыхали, в результате чего стали мелеть и сами озера. Около 2.6 млн. лет назад, в связи с началом

ледниковой эпохи, произошло резкое изменение климата, сопровождающееся опустыниванием водосбора.

Современное озеро Эйр состоит из двух секций; наибольшая из них, Северное Эйр, имеющее длину 144 км и ширину 77 км, соединено каналом Гойдер с Южным Эйр, имеющим длину 64 км и ширину 24 км. Площадь водной поверхности Северного Эйр может составлять до 8430 км², а Южного Эйр – до 1260 км² при максимальных глубинах 5.7 и 3.7 м и средних - 3.3 и 1.9 м. Объем заключенной воды при наполнении - 27.7 и 2.4 км³, соответственно. Длина канала Гойдер - 15 км, ширина изменяется от 200 до 1500 м. Согласно Allan et al. (1986) дно канала видоизменяется практически каждый раз, когда одно из озер Эйр заполняется настолько, чтобы разгрузить часть своей воды в соседнее. За период измерений (с 1950-х гг) такая разгрузка происходила лишь в 1974 и 1984 годах, причем в 1984 г. первым было заполнено Южное Эйр.

Северное Эйр является наибольшим по своей площади и объему чаши. Его самый глубокий регион располагается в восточной части залива Белт и является наиболее низкой точкой Австралийского континента (-15 м). Dulhunty (1982) в сухой сезон различает три основные зоны Северного Эйр: аридная соленая плайя, покрывающая северные 2/3 озерного ложа, соленая аридная зона с твердой коркой соли, образовавшейся в южной части ложа и имеющей в засушливый сезон толщину до 460 мм, и влажная зона (зона слякоти), простирающаяся поперек озера с запада на восток полосой шириной в 10-15 км. Под коркой соли расположены грязи, составленные из выходящих к поверхности грунтовых вод, перемешанных с донными осадками. Около 2500 км² соляной корки фактически плавают над этими грязями (Dulhunty, 1975). Плайи характеризуются небольшой мощностью соляной корки. В период заполнения ложа водой соляная корка практически полностью растворяется. Согласно расчетам Mabbutt (1977) существующее на сегодняшний день количество соли на дне Северного Эйр могло образоваться за 5500 лет. По мнению Kotwicky (1985) от 5000 до 10000 лет назад оз. Северное Эйр существовало как постоянный соленый водоем.

Береговая часть Северного Эйр хорошо определена и состоит из песчаных дюн, разру-

шенных гипсовых утесов или низких скал. Юго-восточный берег, представленный чередой песчаных утесов, быстро урезается со скоростью эрозионной деятельности 5 м за период разлива (Bye et al., 1978).

Южное Эйр существенно уступает Северному по площади. Его заполнение происходит обычно в годы со значительными осадками в южной части водосбора, однако оно может получать воду и из Северного озера. За период наблюдений Южное Эйр наполнялось водой в 1955, 1963, 1968, 1973, 1974, 1975, 1976, 1984 и 1989 годах. В многоводный 1974 г. вода с марта по октябрь переливалась из Северного Эйр в Южное, пока, наконец, не был достигнут уровень равновесия. При этом в Южное Эйр было перенесено большое количество соли, оцененное в 30 млн. тонн (7.5% содержания солей в Северном Эйр). В результате корка соли в Южном Эйр после испарения всей воды достигла небывалой до этого толщины, 290 мм (Dulhunty 1978). В период высокого паводка в 1984 г. Северное и Южное Эйр опять соединялись, однако перелив происходил уже в сторону Северного Эйр. Известен факт, что соль, перенесенная в Южное озеро, спустя время каким-то образом опять возвращается в Северное озеро. Механизм переноса пока до конца не ясен. Allan et al. (1986) свидетельствуя, что около 40% соли, поступившей в 1974 г. на юг было в 1984 г. возвращено в Северное озеро, высказывает предположение, что основным фактором, определяющим данный солевой баланс, является поверхностная гидрология.

Климат

Бассейн оз. Эйр расположен в пределах распространения пустынного и полупустынного климата. Для района характерны высокие температуры и небольшие и крайне неустойчивые осадки. Средняя годовая температура воздуха изменяется в пределах водосбора от 21°C на юге до 24°C на севере. Средние максимальные температуры составляют, соответственно, 18°C и 24°C в июле, и 36°C и 39°C в январе. Около половины водосбора получает менее 200 мм осадков в год (рис. 5.8). На наиболее близкой к озеру станции Muloorina среднее многолетнее количество осадков составляет 146 мм (Kotwicky, Allan, 1998). Большее количество осадков, около 400 мм,

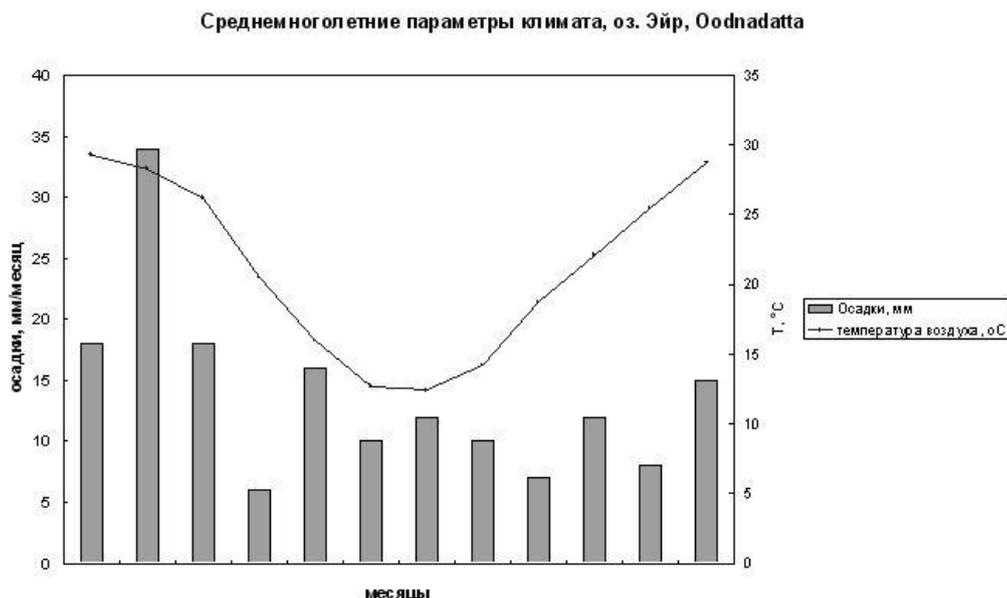


Рис. 5.8. Среднемесячные параметры климата, Oodnadatta, 1920-70, по данным ILEC.

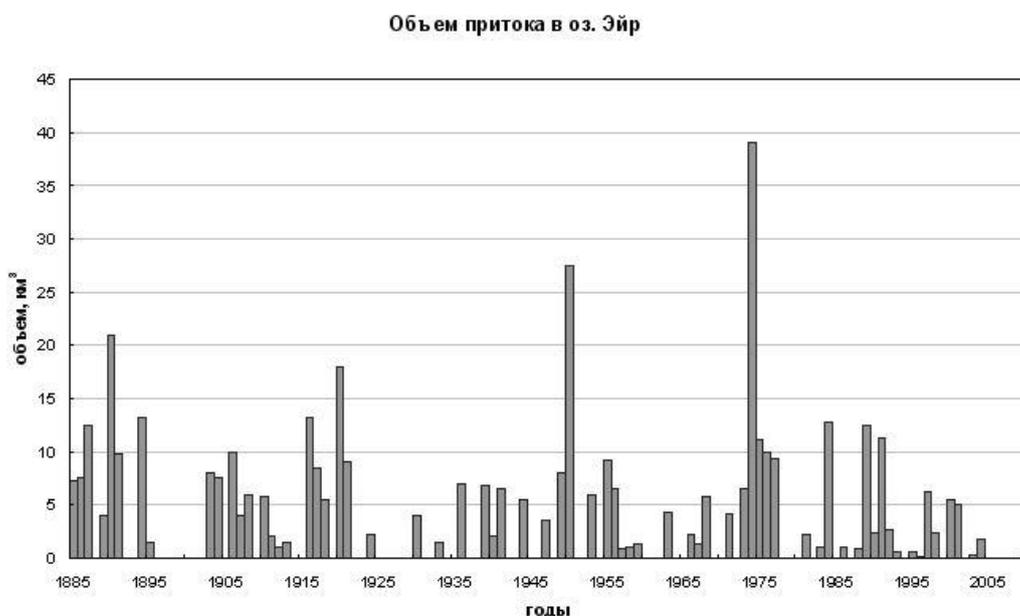


Рис. 5.9. Объем стока рек, впадающих в оз. Эйр (1885-2005) по данным McMahon et al., 2005.

выпадает лишь на северо-востоке бассейна, куда распространяется влияние летнего муссона. В южной части водосбора осадки небольшие и обычно выпадают в зимнее время. Среднее количество осадков на водосборе составляет 167 мм. Испаряемость оценивается в 2400-3600 мм (Kotwicki, Allan, 1998). Испарение с поверхности озера при его наполнении согласно данным Vonython, et al. (1989), полученным для 1951, 1974 и 1975 гг., составляет 1800-2000 мм.

Характеристики водного режима и водного баланса

Озеро Эйр бессточное, питается водой пересыхающих рек, дренирующих значительную часть Южной Австралии, прежде всего Квинсленда и Северных территорий. Руслу этих рек заполняются водой лишь после обильных дождей. Около 90% рек пересыхают минимум на 1/3 часть года и 50% - на 2/3 (McMahon et al., 2005). Среди основных рек – Диамантина (около 60% притока), Куперс Крик

(15%) (DeVogel et al., 2004), Нилс, Финк, Джорджина, Макумба, Фром, Тодд, Хай. Их среднегодовой суммарный сток составляет около 4 км^3 (Kotwicki, Isdale, 1991). Однако его многолетняя вариативность очень высокая. На рис. 5.9 представлена диаграмма годового стока рек, впадающих в озеро Эйр.

Окружающий озеро рельеф достаточно плоский. Ландшафты представлены песчано-каменной пустыней и полупустыней, характеризующимися низкой водопроницаемостью. В период своего наполнения реки имеют обширные поймы и распадаются на множество соединенных между собой рукавов. В результате, значительная часть воды по течению рек испаряется или теряется во временных болотах, так что озера достигает лишь очень небольшая часть выпавших на водосборе осадков.

В периоды длительных засух, продолжающихся от нескольких до десятка лет, озеро находится в пересохшем состоянии. Однако даже в это время в нем остается хоть немного воды, собирающейся в небольших озерцах, образованных на солёном высохшем ложе озера. По оценкам Kotwicki, Allan, (1998) большую часть сухих лет общая масса оставшейся воды составляет от 1 до 3 км^3 . В периодически возникающие влажные периоды наблюдается сравнительно быстрое заполнение озерной чаши. Оно может происходить за счет значительного стока по восточным рекам Куперс Крик или Димантина, а также, реже, за счет западных притоков (Нилс, Варинер, Маргарет и др.). Реки Куперс Крик и Димантина способны обеспечить до $10\text{-}15 \text{ км}^3$ воды в год, западные притоки - до 10 км^3 (Kotwicki, Allan, 1998). Значительное заполнение чаши происходит лишь при комбинации притока, как в 1950 и 1974 гг. Согласно мнению Allan, (1988, 1991) существенные осадки в бассейне оз. Эйр связаны с фазами колебания Ла-Нинья и южной ветви Эль-Ниньо (ENCO), вызывающими усиление летнего муссона и его вторжение в Центральную Австралию. Во вторую половину XX в. на оз. Эйр было засвидетельствовано более 20 паводков. Максимальное заполнение чаши происходило в 1949-50, 1955, 1974-76, 1984 и 1989 годах. Значительный уровень озера наблюдался также в 1963, 1968, 1973, 1992, 1997 и 2001 гг. Самый высокий уровень отмечался в 1974 г. и составил 6 м, объем притока в озеро в это время оценивается в 39 км^3 .

До середины XX века наблюдения на озере проводились лишь эпизодически, так как европейцы никогда не селились в его близи. О наполнении озера сообщал Ross в 1869 г. и Halingan в 1922 г., однако их сообщения были в дальнейшем отклонены, как ошибочные. После длительной засухи 1929 г. стало бытовать мнение, что озеро постоянно сухое. Это мнение продержалось до наполнения озера в 1949 г. Kotwicki, Allan, (1998) и Allan (1985) отмечают, что до 1949 г. значительный сток в верхнем и среднем течении питающих озеро рек наблюдался в 1869, 1875, 1882-85, 1891, 1895, 1906, 1908, 1918, 1922 и 1936 годах. Поскольку точных данных о заполнении озерной чаши и о стоке рек в их нижнем течении в эти годы нет, полученные в последние десятилетия австралийскими модельерами (Kotwicki 1986, DeVogel et al., 2004) расчетные данные об объеме воды в озере на начало столетия трактуются как «характеризующиеся гидрологической неуверенностью» (Kotwicki, Allan, 1998). Даже на сегодняшний день данные по стоку рек в нижнем течении практически отсутствуют. Всего на водосборе расположен 21 гидрологический пост с длиной рядов наблюдений не превышающей обычно 10-20 лет. Более доказательными являются исследования побережья, свидетельствующие, что в более ранние периоды уровень воды мог подниматься до более высоких отметок, чем наблюдавшийся в 1974 году. Обнаружены старые береговые линии, расположенные на 0,7, 1,6 и 2,8 м выше уровня 1974 года. Согласно оценкам Dulhunty (1982) объем воды в озере при этом мог составлять 35, 48 и 67 км^3 . Потенциальный объем озерной чаши оценивается около 200 км^3 .

Согласно статистическим расчетам уровень оз. Эйр повышается на 1,5 м каждые 3 года, на 4 м каждое десятилетие, значительное заполнение чаши происходит 4 раза в сто лет. Скорость заполнения озерной чаши при суммарном расходе воды притоков $5000\text{-}10000 \text{ м}^3/\text{сек}$ составляет около месяца (Dulhunty, 1982). Испарение происходит очень быстро. Обычно к следующему году остается лишь небольшое количество воды, поступившей с дождями прошедшего года, а за 2-3 года озеро почти полностью высыхает.

Основные характеристики качества вод

Озеро Эйр очень соленое, его вода хлоридно-натриевого типа. В зависимости от водности

концентрация солей варьирует в большом диапазоне. В Южном Эйр она изменяется от 25 до 270 промилле. рН 7.1-8.7. Среди ионов преобладает натрий и хлор. $Na > Ca > Mg > K$; $Cl > HCO_3$. Содержание кремния составляет 1270-12300 мг/л. Цвет воды периодически становится розовым из-за присутствия бета-каротина, пигмента, образуемого благодаря присутствию галофильной зеленой водоросли *Dunaliella salina*.

Большая часть водосбора озера расположена над Большим Артезианским Бассейном, имеющим площадь 1711000 км² или 23% от площади Австралии (Great Artesian..., 2002) и являющимся одним из самых крупных в мире. Водоносные слои состоят из пористых песчаников триасового, юрского и мелового периодов, глубина залегания которых в центральной части бассейна составляет до 3000 метров. Верхние водоносные слои характеризуются повышенной соленостью воды, так что для водоснабжения используется преимущественно вода более глубоких водоносных горизонтов.

Вода очень медленно перемещается по Большому Артезианскому Бассейну, согласно расчетам время ее добегания от предгорной зоны до озера Эйр составляет около 2 млн. лет (Great Artesian..., 2002). По периферии Бассейна расположено около 600 ключей с расходом от 0.0001 до 0.23 м/с. Их суммарный годовой сток оценивается в 0.03 км³ (Habermehl, 1980). Минерализация ключевой воды составляет 700-1400 мг/л, рН 7.1-8.0, температура воды 30-40°C. В артезианских колодцах температуры воды более высокие: от 30° в наименее глубоких колодцах, расположенных по периферии Бассейна, до 100°C в наиболее глубоких колодцах его центральной части. Минерализация воды составляет преимущественно 1-5 г/л, наиболее минерализованными (до 40 г/л) являются грунтовые воды юго-западной части Бассейна (Great Artesian..., 2002).

Основные биологические особенности

В периоды наполнения озера его высшая водная растительность представлена воздушно-водными макрофитами: сытью (*Cyperus gymnocaulos*), рогозом (*Typha domingensis*), тростником обыкновенным (*Phragmites australis*); погруженными: рдестом (*Potamogeton* sp.), халосарцией (*Halosarcia* spp.), склеростегией (*Sclerostegia* spp.), шерстестебельником (*Eriocaulon carsonii*), гахнией (*Gahnia trifida*), махариной (*Machaerina juncea*) (LBRI&ILEC,

1990). Фитопланктон представлен: диатомовыми водорослями, большая часть которых характерна для соленых озер всего мира. Зафиксировано 33 вида диатомовых, из которых в Южном Эйр лишь 14 видов. Наиболее распространены: *Synedra fasciculata*, *Entomoneis paludosa*, *Coscinodiscus* sp., *Anomoeoneis sphaerophora* (Blinn, 1991). Зоопланктон представлен коловратками: *Brachionus plicatilis*, ветвистоусыми рачками: *Parartemia minuta*, *Moina baylyi*, *Daphniopsis* sp., веслоногими ракообразными: *Microcyclops platypus*, *Microcyclops* sp., (LBRI&ILEC, 1990, Williams, Kokkinn, 1988). Бентос представлен комарами-звонцами: *Tanytarsus barbitarsis*, ракушковыми: *Heterocypris* sp., *Diacypris* sp., *Trigonocypris globulosa*, *Reticocypris kurdimurka*, *Mytilocypris splendida*, *Phreatomerus latipes*, бокоплавами (*Afrochiltonia* spp.), и циклоподами (*Paracyclops* sp.)

После того, как в озеро попадает пресная дождевая вода, и уровень его солености резко снижается, в него может заходить рыба, даже пресноводная. Среди рыб встречаются представители отряда окунеобразных, семейства бычковых - *Chlamydogobius eremius*, отряда сомообразных, семейства угрехвостых сомов - *Neosilurus* sp., отряда атеринообразных, семейства атериновых - твердоголовки (*Craterocephalus dalhousiensis*, *C. eyresii*), отряда пецилиевых, семейства гамбузия - *Gambusia affinis*, а также представители отряда десятиногих раков: рак-херакс *Cherax destructor* и креветка *Caridina thermophila* (LBRI&ILEC, 1990). Увеличение солености, происходящее после окончания периода дождей по мере активного испарения, приводит к массовой гибели рыбы.

В периоды заполнения озера, сопровождаемые активным развитием озерной биоты, на него прилетает множество водоплавающих птиц, их общая численность в это время достигает 6-8 миллионов. Вблизи озера Эйр отмечается около 60 видов, среди которых наиболее многочисленны пеликаны.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора оз. Эйр составляет 1140000 км², большая его часть представляет собой пустыню. На огромной территории проживает лишь около 60 тыс. человек (Herr et al., 2009); плотность населения - 0.04 чел/км². Главные центры - Элис Спрингс, Маунт Иса, Брокен-Хилл, расположены по периферии водосбора.

Основные выращиваемые культура - травы. Почти все не пустынные части водосбора, расположенные в местах близкого залегания артезианских вод, используются под выпас рогатого скота и овец. Развитие региона связано также с развитием добывающей, нефтяной и газовой промышленности. Здесь обнаружены месторождения драгоценных металлов, происходит добыча опала, фосфата, гипса и урана. Бассейн Озера Эйр содержит самые существенные береговые нефтяные запасы Австралии, значительные ее месторождения, освоение которых представляется экономически выгодным, обнаружены в бассейне р. Купер.

В последние десятилетия в бассейне оз. Эйр активно развивается туризм. Естественные ландшафты привлекают посетителей своей красотой и необычностью. В регионе разрешена охота и рыбная ловля. Количество туристов на начало 2000-х годов составляло около 2 млн. в год (Herr et al., 2009). Развитие туристической инфраструктуры способствует росту числа посетителей, и очень выгодно для развития местной экономики.

Основным источником воды для коммунального, промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения в регионе являются грунтовые воды. Только в южной части Большого Артезианского Бассейна построено около 290 артезианских колодцев (Great Artesian..., 2002). В связи с ограниченностью водозапаса и огромной ценностью воды для пустынного региона правительство Австралии с 1977 г. проводит программу по экономии используемой воды. В этой связи было запрещено строительство колодцев в сейсмически опасных регионах западной части Бассейна. С целью предотвращения возможных утечек воды, принято решение о систематических работах по обследованию и восстановлению всех используемых колодцев. Актом 1990 г. в число охраняемых водных объектов были внесены ключевые воды.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Бассейн оз. Эйр остается одним из наименее затронутых антропогенной деятельностью водосборов мира. Главные проблемы для озера - это эрозия берегов и заиление, носящие в значительной степени естественный характер. Скорость береговой эрозии оценивается в 5 м в годы заполнения озерной чаши. Уровень

заиления оценивается как тяжелый, но без ущерба. Токсическое загрязнение, эвтрофикация и закисление не выявлены.

Поскольку величины стока рек, питающих оз. Эйр, крайне чувствительны к любым климатическим изменениям, предсказываются значительные вариации элементов водного баланса в бассейне озера в связи с возможным глобальным потеплением (Kotwicki, 1987). Nemes (1985) отмечает, что даже небольшое повышение осадков может существенно отразиться на водном режиме данного засушливого региона, рост осадков на 25% и снижение температуры на 1°C приведет к увеличению стока на 250%. Так как заполнение оз. Эйр полностью зависит от климатических причин, и любые даже сравнительно небольшие осадки, способны вызвать значимый сток, способствующий пополнению озерной чаши, исследования климата являются важнейшими на водосборе озера. К сожалению, на сегодняшний день сеть метеорологических наблюдений крайне редка. Чрезвычайная чувствительность озера к климатическим изменениям требует увеличения сети, что бы позволило давать более надежные прогнозные оценки. Кроме того, важнейшим вопросом является изучение водных ресурсов озера в свете возможных антропогенных изменений климата.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

В надежде улучшить и оздоровить громадную пустынную область вокруг озера периодически разрабатываются проекты его заполнения. Первая схема была предложена еще в конце XIX в. и состояла в соединении посредством канала озера Эйр с Заливом Спенсера и пополнения его за счет морской воды. Расчетная длина канала составляла 400 км, ширина – около 1.5 км, однако стоимость такого проекта была баснословно высокой и поэтому в 1883 г. он был отклонен. В дальнейшем было предложено множество других проектов, большинство из которых сводилось к переброскам стока и строительству плотин на притоках с образованием громадных водохранилищ. Поскольку даже полное заполнение озерной чаши не изменит аридности региона, а использование соленой воды при современных технологиях не рентабельно, заполнение озера пока останется на рассмотрение будущих поколений.

На сегодняшний день правительство Австра-

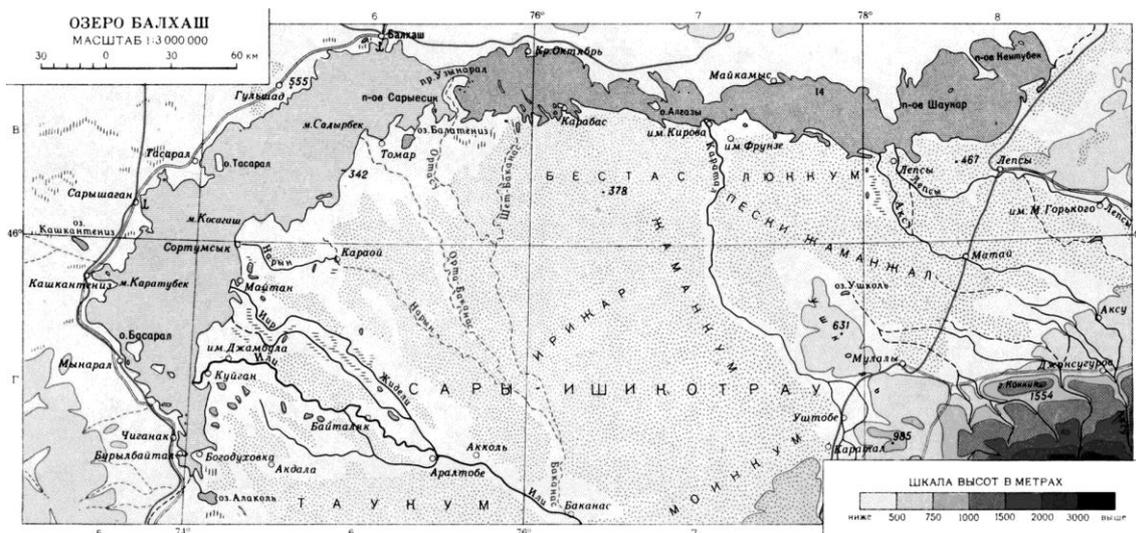


Рис. 5.10. Озеро Балхаш. Источник: Атлас СССР.

лии совместно с властями Квинсленда, Южной Австралии и Северных Территорий разработали Межправительственное Соглашение по управлению ресурсами оз. Эйр. Соглашение обеспечивает жизнеспособное управление водными и природными ресурсами региона, имеющего важное экономическое и культурное значение (Lake Eyre... 2000). Кроме того, оно направлено на содействие проведению научных исследований и мониторинга региона с целью получения новых знаний и возможности принятия обоснованных решений по озеру.

Оз. Эйр является одной из последних на Земле практически не тронутых и не регулируемых систем, и его сохранность крайне важна для будущих поколений. Здесь проживает множество редчайших животных, и произрастают редкие растения, формирующие особые экосистемы. На территории водосбора выделены особо охраняемые территории, как Рамсарские водно-болотные угодья озера Кунги, луга Национального Парка Астребла Даунс и пустынные земли Национального Парка Пустыня Симпсон. Северное оз. Эйр включено в состав Национального парка «Озеро Эйр».

5.3. ОЗЕРО БАЛХАШ

Озеро Балхаш - второе по величине озеро в Средней Азии. Это внутриконтинентальное, бессточное, солоноватое водоем, расположенное в восточной части Казахстана (рис. 5.10). Орография его дренажного бассейна очень разнообразна и включает высокие

горные системы, низкогорья, равнины и пески, частично ограждающие озеро. Граница водосбора проходит по хребтам Джунгарского Алатау на юге и юго-западе, по возвышенностям Арало-Иртышского водораздела - на севере и по хребтам Чингиз-Тау и Тарбагатай - на востоке и северо-востоке. Озеро примыкает к Алматинской, Карагандинской, и Жамбылской областям Казахстана. Его координаты 44°58'-46°47'с.ш., 73°28'-79°16'в.д., высота уреза воды - 341 м над уровнем моря. Площадь водного зеркала составляет 18200 км², длина - 614 км максимальная ширина - 74 км, максимальная глубина - 27 м при средней - 5,8 м. Объем заключенной воды - 106 км³ (История озер..., 1991).

Оз. Балхаш - одно из древнейших на Земле, оно занимает наиболее низкую часть обширной Балхаш-Алакольской котловины, образовавшейся в результате пологого прогиба Туранской плиты в неоген-четвертичное время и впоследствии заполненной песчаными речными отложениями. Котловина входит в систему разломов Джунгарского Алатау, в которых также расположены озёра Сасыкколь, Алаколь и Эби-Нур. Все они являются остатками древнего Ханхайского моря, некогда занимавшего всю Балхаш-Алакольскую впадину. Долгое время было распространено мнение, высказанное в свое время Мушкетовым (1910), что Балхаш в геологически недавнее время составлял часть обширного Арало-Каспийского бассейна. Однако исследования Никольского (1887) доказывают, что это неверно. Рыбы Балхаша и впадающих в него рек (судаки, окуни,

маринки) гораздо ближе к рыбам бассейна Тарима, (от которого Балхаш теперь отделен высокой цепью Тянь-Шаня), чем к рыбам Арала и рек, впадающих в него (Амударьи и Сырдарьи). Кроме того, в речной области Балхаша нет зеленой (съедобной) лягушки (ИЛЕС, 1993).

Оз. Балхаш - замкнутый бассейн, его котловина представляет собой относительно неглубокий канал, дугообразно вытянутый с запада-юго-запада на восток-северо-восток, в западной части имеется выступ на юг. Основная котловина подразделяется на ряд более мелких, с различными морфометрическими характеристиками. Полуостров Сарыесик, расположенный примерно посередине озера, гидрографически делит его на две сильно отличающиеся части: мелководную и пресноводную западную, и более глубоководную и соленую восточную с минерализацией от 3.5 до 6 промилле (История озер..., 1991). Через формируемый полуостровом пролив Узынарал (глубина около 6 м, и ширина 3.5 км) вода из западной части поступает в восточную. На Западный Балхаш приходится 58% общей площади озера и 42% его объема. В западной части имеются две впадины глубиной до 7—11 м — одна из них протянулась от острова Тасарал до мыса Коржынтубек, вторая - тянется на юге от залива Бертыс. Восточный Балхаш более узкий, его максимальная глубина составляет 27 м. Береговая линия очень извилистая, и характеризуется большим количеством заливов, бухт, полуостровов. Многие полуострова вдаются далеко в озеро и расчленяют его на отдельные плесы. Островов мало, наиболее крупные — Базарал и Тасарал, а также Ортаарал, Аякарал и Олжабекарал расположенные в западной части озера.

Западный и северо-западный берега высокие, скалистые, сложены палеозойскими породами и имеют следы древних террас, здесь над озером поднимается нагорье (плато), и с этой стороны озеро не получает ни одного притока. Южные берега от залива Карашаган до дельты реки Или низкие (1—2 м) и песчаные, в высокую воду они периодически затапливаются, из-за чего испещрены многочисленными мелкими озёрами, местами встречаются прибрежные холмы высотой 5—10 м. Они покрыты густыми зарослями тростника, особенно в устье р. Или. Растительный мир бассейна представлен галофильными группировками и саксауловыми сообществами на

песчаных массивах, эфемерово и злаково-разнотравно-полынными сообществами на глинистых и суглинистых почвах, злаково-разнотравными группировками, галофильной растительностью на солончаках и такырах, тугайной растительностью и уникальными туранговыми зарослями в поймах рек, а также прибрежно-пойменной, луговой, болотной и водной растительностью (Концепция...).

Озеро питается стоком впадающих в него с юга рек Или (до 80 % поверхностного притока), Каратал (15.1%), Аксу (0.13%) и Лепсы (5.4%); реки, втекающие с севера, малочисленны и маловодны, наиболее крупные из них – Аягуз, Баканас, Токрау и Моинты. Основную долю в питании составляют тающие летом высокогорные снега и ледники. Бассейн основного притока, р. Или, включает как территорию юго-восточного Казахстана, так и северо-западные территории КНР, причем на территории КНР формируется около 70% от общего стока (Концепция ...). Общая протяженность реки - 1439 км, из которых 815 км протекает по территории Казахстана. При впадении в озеро, р. Или образует дельту площадью около 8 тыс. км² со множеством протоков (Кур-Ли, Ак-Узек, Джиде и другие). Дельта гидравлически связана с озером и играет роль природного регулятора по поддержанию экологического равновесия в экосистеме, отдавая часть запасов воды озеру в засушливые годы. Поскольку воды среднего течения р. Или было трудно использовать для орошения, в период 1965-1970 гг. у г. Илийск (современный Капчагай) была построена плотина, образовавшая Капчагайское водохранилище. Заполнение водохранилища и начало его работы явилось в последующие десятилетия причиной многочисленных проблем для экосистемы оз. Балхаш.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Первые упоминания об оз. Балхаш встречаются у китайцев, имевших тесные контакты со Средней Азией, уже со 103 г. до н.э. озеро упоминается в письменных источниках под названием Пуку-Буку. Александр фон Гумбольдт полагал, что оз. Балхаш было известно китайцам под именем «Си-Хай» (Западное море). Название «Балхаш-Нор», данное озеру джунгарами и калмыками, отражено на карте Юлиуса Клапрота 1833 года, составленной по

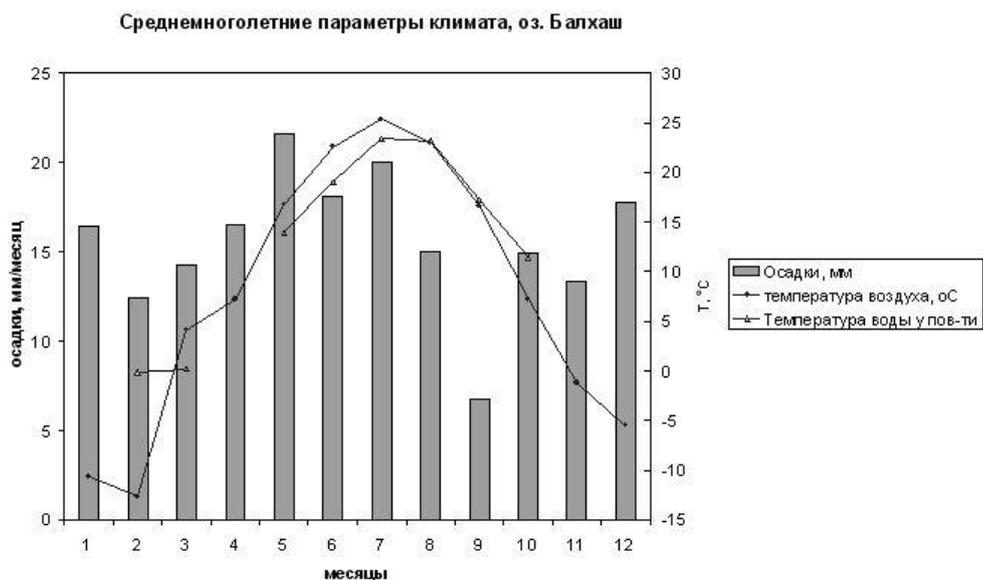


Рис. 5.11. Среднегодовое параметры климата оз. Балхаш по данным ИЛЕС.

съемкам европейских послов. Тюрки и монголы называли его «Ак-Денгиз» («белое море»), а когда границы их государств отодвинулись на запад, то озеро стало «синим» (восточным) — «Кукча-Денгиз». Казахи именовали озеро «Тенгиз», что значит «море».

С VIII в. территория от озера до гор Тянь-Шаня известна как Семиречье, где смешивались культуры кочевых (турок и монголов) и оседлых народов Средней Азии (Sousek, 2000). Во времена китайской династии Цин озеро являлось северной границей китайского государства, но в 1864 году в соответствии с русско-китайским соглашением по северо-западной границе Балхаш и прилегающие к нему территории отошли к Российской империи. В 1834 г. астроном В. Ф. Фёдоров определил точное положение озера и частично заснял его побережье (Николаев, 1984). В период с 1837 по 1843 гг. было совершено несколько экспедиций в район озера, изучены его берега, и произведён пробный лов рыбы. Экспедиция 1851—1852 гг. изучила глубины озера и возможность судоходства на нём (ИРГО, 1867).

Оз. Балхаш является важнейшим резервуаром воды Восточного Казахстана. Водные ресурсы Западной части озера и его притоков используются для нужд ирригации, коммунального хозяйства, промышленности (включая водозабор на нужды Балхашского Медиплавильного Завода). Кроме того, озеро играет оп-

ределяющую роль в климатическом балансе юго-восточной и центральной частей Казахстана.

Климат. Характеристики термического режима

Балхашская депрессия находится под влиянием аридного континентального климата с годовым количеством осадков менее 150-200 мм. Для региона характерны большие амплитуды колебаний годовых и суточных температур. Зимняя погода формируется под воздействием сибирского антициклона, при ясной сухой погоде температуры воздуха в это время достигают $-40-50^{\circ}\text{C}$, средняя температура января около -14°C (рис. 5.11). Весной погода неустойчива, частое вторжение холодных воздушных масс приводит к заморозкам и обильным осадкам, это наиболее влажная часть года. Средняя месячная температура самого теплого месяца - июля - $25-30^{\circ}\text{C}$. Продолжительность теплого периода со средними месячными температурами выше 0°C - 8-8.5 месяцев.

В течение года над озером преобладают ветры восточного и северо-восточного направления, средняя годовая скорость которых составляет 4.5—4.8 м/сек, скорость ураганных ветров - до 40 м/сек (Федюшин, 1985). При значительной скорости ветра на озере возникают волны, высотой до 3-3.5 м. В озере преобладают ветровые и сейшевые течения переменного направления. Их суммарные скорости не

превышают 0.6-0.8 м/сек, а в сужениях котловины достигают 1.2-1.5 м/сек. Преобладают течения, направленные по продольной оси озера, им присущ циклический ход во времени с резким изменением направления (на 150-200°) и скорости (Суходольский, 1989).

Озеро полимиктическое в его западной части и димиктическое - в восточной. Вертикальная термальная стратификация развивается, но, при должной ветровой конвекции водной массы - не полностью. Характерные для весны изменения от зимней к летней стагнации наблюдаются в третьей декаде мая. Осеннее гомотермальное состояние развивается в первой декаде октября. Зимняя стагнация длится с начала октября по середину мая. Максимум температуры воды приходится на июль и составляет в западной части озера 23.8°C, а в восточной - 20.1°C. Ледостав в западной части озера наступает во второй половине ноября, а в восточной - в декабре, вскрытие - в первой половине и в середине апреля, соответственно. Отставание связано с увеличением минерализации по направлению с запада на восток, в связи с чем температура замерзания изменяется от -0.04 до -0.30°C.

Характеристики водного режима и водного баланса

Особенности водного режима оз. Балхаш связаны с замкнутостью его бассейна. Для озера характерны значительные колебания уровня воды, определяемые как естественными (колебания увлажненности климата), так и антропогенными факторами (строительство гидротехнических сооружений, хозяйственная деятельность на водосборе и пр.). При этом даже небольшие колебания уровня приводят к существенным изменениям морфометрических характеристик озера. Так, в течение XX в. площадь зеркала озера изменялась от 15730 км кв. в 1946 г. до 23464 км кв. в 1910 г., а объем воды - с 82.7 до 163.9 км куб, соответственно (ILEC, 1993). На уровень 1999 г. площадь озера составляла около 17100 км² (Концепция...).

На многовековые и внутривековыми колебания уровня оз. Балхаш накладываются изменения меньшего порядка. Амплитуда многовековых колебаний составляет 12—14 м; за прошедшие 2000 лет минимальные значения уровня пришлись на V - X вв., а максимальные - на XIII - XVII вв. (Shahgedanova, 2002). Амплитуда внутривековых изменений уровня составляет около 3 м, а внутригодовых - 1.6 м. Согласно

мнению Кляшторина, Любушина (2005) периодические увеличения объема озера приурочены к так называемым «периодам похолодания», а снижения - к периодам «потепления».

Последний цикл снижения уровня воды озера в его естественном состоянии закончился в 1946 г., когда отметка уровня составила 340.7 м. над уровнем моря. К 1969 г. средний годовой уровень воды повысился до 342.7 м., и площадь озера составила около 20 тыс. км² при объеме - 120 км³. Такое состояние озера сохранялось до середины 1970 г., когда была построена плотина на р.Или и началось заполнение Капчагайского водохранилища (объем 29 км³), именно с этого времени началось катастрофическое снижение объема поступающих в озеро речных вод, происходящее на фоне общего уменьшения увлажненности климата в этот период. Согласно расчетам Kezer et al., (2006) в начале 1970-х гг. в связи с климатическими факторами приток р. Или сократился до 77% от уровня 1969 г (до начала заполнения водохранилища), одновременно снизился приток других рек, питающих озеро, который в 1975 г. составлял лишь 75% от уровня 1969 года. В то же время на заполнение водохранилища ежегодно уходило 2.7 км³ воды (Аламанов и др., 2006). К 1980 г. водный режим дельты р.Или был уже существенно изменен, и ее сток сократился с 12 до 9.5 км³ (табл. 5.1). Общее снижение речного притока повлекло падение уровня озера к 1980 г. на 143 см при средней скорости снижения - около 15.6 см/год. Из-за уменьшения притока пресных вод в Западный Балхаш начала возрастать соленость его воды, которая поднялась до 2.05 промилле (Аламанов, 2006), в результате существенно изменились условия существования рыб, животных, птиц и др. обитателей побережья. К концу 1980-х гг. общая площадь поверхности озера сократилась уже на 2 тыс. км², уровень его воды понизился на 2.2 м, а объем заключенной воды уменьшился на 30 км³ (Le Sourd, Rizzolio, 2004). Обмеление оз. Балхаш признавалось экологической катастрофой, особенно четко оно проявлялось в его менее глубокой западной части. Некогда благодатные земли, окружающие озеро, постепенно превращались в пустыню, процесс опустынивания охватывал около 1/3 бассейна, отмечался вынос соляной пыли с поверхности обсохшего дна озера и пойменных участков в окружающее пространство (Самакова, 2005).

Табл. 5.1. Водный баланс оз. Балхаш до и после создания Капчагайского водохранилища (Раткович и др., 1990, UNDP, 2004)

	1937-1969	1970-1983	2000
поверхностный приток, км ³	15.0	12.9	18.5
подземный приток, км ³			0.9
осадки, км ³	3.6	3.5	3.1
испарение, км ³	18.0	18.2	16.1
Потребление воды в бассейне хозяйствующими субъектами и населением км ³			3.73

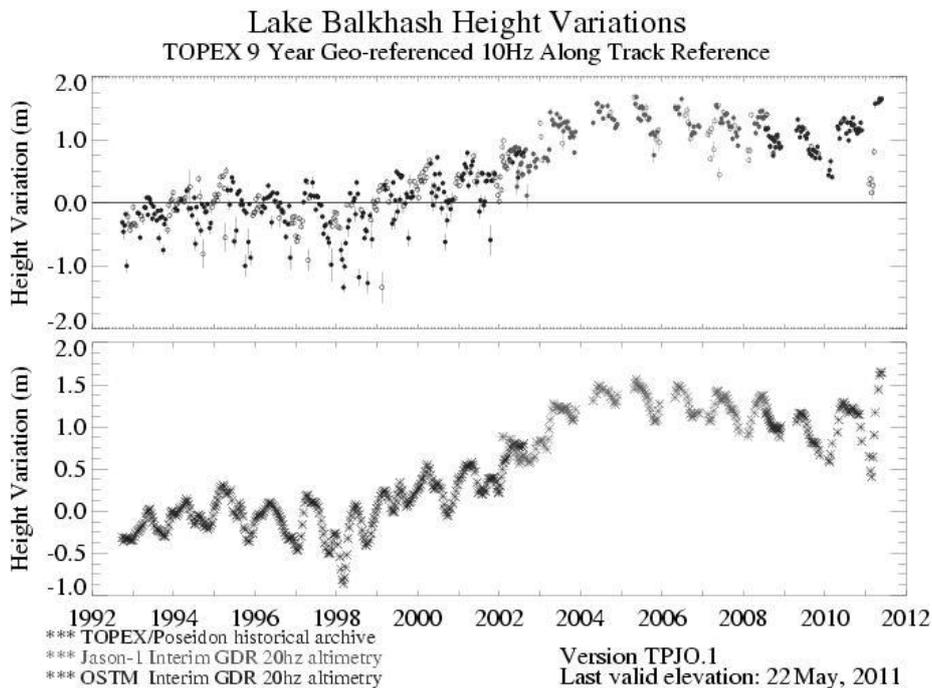


Рис. 5.12. Уровень воды оз. Балхаш по данным со спутников TOPEX, Jason-1, OSTM. Источник: USDA.

Минимум уровня воды в озере (340.65 м) был зафиксирован в 1987 г. после окончания заполнения Капчагайского водохранилища. К счастью, с начала 1990-х гг., согласно данным со спутников TOPEX и Jason-1 (рис. 5.12) уровень озера наконец начал расти и к 2001 г. составил 341.87 м (Концепция ...). Его максимальный рост наблюдался в течение десятилетия между 1995 и 2005 гг., и составил 1.5 м, так что к 2005 г. уровень Балхаша поднялся до 342.5 м. С 2006 по 2010 гг., согласно спутниковым данным, вновь наблюдается плавное снижение уровня, составившее к настоящему моменту около 35 см.

В целом, из-за резко возросшего водопотребления и нерационального использования водных ресурсов в регионе, сохраняется общая тенденция к снижению уровня озера, которую не могут исправить даже периоды повышенной водности. Проблема высыхания Балхаша и связанная с ним экологическая катастрофа являются предметом активного обсуждения как в Средне-Азиатском регионе, так и в мире, хоть на сегодняшний день, в свете значительного подъема уровня на рубеже XX-XXI вв., она кажется чрезмерно драматизированной. Однако следует иметь ввиду, что на ближайшие десятилетия (2010-2020-е гг.) согласно естественным колебаниям водности можно ожидать снижение стока. В сочетании с прогнозируе-

Таблица 5.2. Изменение минерализации воды (г/л) вдоль оз. Балхаш до и после зарегулирования стока р.Или (источник: Давыдова и др..., 1985)

РАССТОЯНИЕ ОТ УСТЬЯ Р. ИЛИ, КМ	ДЕЛЬТА РЕКИ	110	180	250	350	400	520	600
1969 г.	1.1	1.2	1.2	1.6	2.6	3.5	3.5	4.2
1979 г.	1.7	1.7	2.0	2.1	2.9	3.6	4.7	4.6

мым увеличением водозабора на территории Китая это может привести к падению уровня воды ниже отметки в 340 м, тогда как оптимальные колебания для озера находятся в промежутке 341-342 м.

Речной сток играет основную роль в приходной части водного баланса озера. До создания Капчагайского водохранилища ежегодный речной приток в озеро составлял более 16 км³, а осадки на его поверхность – 3.6 км³. При этом на долю р.Или приходилось 12 км³, а суммарный сток рек Каратал и Аксу составлял около 3.8 км³. Подземное питание по сравнению с речным стоком невелико и составляло 0.06 км³ (С.М.Шапиро, О.В. Подольный, 1986). Оно осуществлялось в виде концентрированных потоков, приуроченных к древним и современным речным долинам, крупным тектоническим разломам, а также путем вертикального перетока напорных вод Южно-Прибалхашского артезианского бассейна через слабо пропускающие донные отложения. После создания Капчагайского водохранилища речной сток в озеро сократился (табл. 5.1). В период с 1970 по 1983 г.г водопотребление в бассейне р.Или возросло с 2.2 до 5.5 км³, при этом безвозвратные потери стока составляли около 30%, так что некоторые реки, впадающие в Восточный Балхаш периодически перестали его достигать. Наряду с ростом потерь, снижение стока было вызвано также снижением количества осадков, наблюдавшегося в регионе в 1970-80 гг.

Расходную часть водного баланса озера составляют потери на испарение с поверхности водоема (около 18 км³), а также отток озерных вод в прибрежные депрессии южного побережья, составляющий значительную величину и расходуемый на испарение и транспирацию водной и сухоходольной растительности. Величина испарения значительно изменяется год от года, в прохладные годы она составляет около 950 мм, а в жаркие и сухие - до 1200 мм.

Основные характеристики качества вод

Гидрохимический режим оз. Балхаш обусловлен особенностями строения его котловины и колебаниями уровня воды. В зависимости от флуктуаций уровня, западная часть имеет пресную или солоноватую воду (0.5-1.5 промилле), тогда как восточная характеризуется значительно большей концентрацией растворенных солей (от 3.5 до 6 (7) промилле). Сохранению такой разницы в солености способствует слабый водообмен между двумя частями. До строительства Капчагайского вдхр. максимальные значения минерализации воды в западной части озера отмечались в маловодные 1940-е годы, тогда как в многоводную фазу 1950- 60-х гг минерализация снижалась. При максимуме уровня в 1969 г. наблюдалась неравномерность распределения минерализации воды по продольной оси озера. Главный приток оз. Балхаш - р.Или впадая в его западный плес, распресняет воду; по мере отдаления от устья соленость воды увеличивается (табл. 5.2).

Прозрачность воды в устье р. Или колеблется в пределах 0.2-0.4 м., достигая в восточной части озера 5.5 м (макс. 10 м). Наименьшая прозрачность отмечается летом, наибольшая – зимой. В юго-западной части озера цвет воды – мутно-желтый, на востоке – изумрудно-зеленый. Показатель кислотности среды, рН составляет 8.5-9.0 (ИЕС, 1993).

Тарасов (1961) на основе анализа морфометрических, гидрологических и гидрохимических особенностей разделил озеро на 8 районов: по четыре в западном и восточном районах. Он подсчитал, что существующий в водоеме запас солей (312 тонн) мог бы накопиться всего за 50 лет, а с учетом выпадения в осадок карбонатов кальция и магния - только за 120 лет. Среднее многолетнее поступление солей в оз. Балхаш за 40 лет (1931-1970 г.г.) составило около 7.5 млн. тонн и только 0.5 млн. тонн пошло на пополнение солезапаса. Это может быть объяснено тем, что наряду с притоком речных

вод по периметру озера, особенности морфометрии и морфологии его котловины предохраняли оз. Балхаш от интенсивного увеличения минерализации вод по всей его площади. Тем не менее, проблема современного соленакопления в озере является одной из насущных экологических проблем, которая требует своего решения.

Концентрация биогенных элементов в озере значительна. На участках постоянного загрязнения (бухта Берг, зал.Буру-Байтал) концентрация аммонийных ионов в зимнее время достигает 3.0-3.4 мг NO₂/л, в летнее – 0.6-0.9 мг NO₂/л. В открытой части озера их концентрация в течении года колеблется от 0.05 до 0.6 мг NO₂/л, азота нитратов – от аналитического нуля до 0.7 мг/л. Содержание общего фосфора составляет 0.002-0.2 мгР/л, оно увеличивается в зимнее время, а летом, в результате биологического потребления, снижается до 0.002-0.070 мгР/л.

Озеро характеризуется благоприятным кислородным режимом, минимум содержания растворенного кислорода отмечается летом в результате преобладания процессов биохимического потребления над его продукцией, максимум – в конце зимы вследствие широкого развития подледного фотосинтеза.

Основные биологические особенности

Оз. Балхаш характеризуется богатством высшей водной растительности. Вдоль его мелководного побережья тянутся заросли тростника (*Phragmites australis*), камыша (*Scirpus littoralis*, *S. lacustris*, *S. kasachstanicus*), рогоза (*Typha angustata*), осоки (*Carex* spp.) и др. Из погруженной растительности произрастают рдесты (*Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *P. crispus*, *P. pectinatus*, *P. macrocarpus*), уруть (*Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*), пузырчатка (*Utricularia vulgaris*), роголистник (*Ceratophyllum demersum*), наяда (*Najas marina*, *N. minor*), а также харовые водоросли (*Charophyta*). Общая площадь тростниковых зарослей только в дельте р. Или достигает более 140 тыс. га (Филоненц, 1981).

Фитопланктон оз. Балхаш представлен 200 видами, среди которых преобладают диатомовые (*Melosira granulata*, *Conscinodiscus* sp., *Campylodiscus clypeus*, *Chaetoceros* sp.) зеленые и сине-зеленые водоросли (*Microcystis flos-aquae*, *Lyngbya* sp., *Gomphosphaeria lacustris*, *Nodularia spumigena*, *Nodularia*), динофлагел-

ляты (*Ceratium*, *Peridinium latum*, *Glenodinium borgei*). При этом 38 % всех видов являются пресноводными, 45% - солоновато-пресноводными и 17% - солоновато-водными. Средняя биомасса фитопланктона по озеру оценивается в 1.127 г/л (LBRI&ILECF, 1993).

Фауна озера была довольно богата, но, начиная с 1970-х годов, биоразнообразие начало снижаться из-за ухудшения качества воды. Зоопланктон представлен коловратками (*Synchaeta* sp., *Filinia longiseta*, *F. longiseta* var. *limnetica*, *Polyarthra platyptera*, *Keratella quadrata*, *K. quadrata* var. *valga*, *K. cochlearis*, *K. cochlearis* var. *tecta*, *Hexarthra oxyure*), ветвистоусыми рачками (*Daphnia cristata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*, *Leptodora kindtii*) и веслоногими ракообразными (*Arctodiaptomus salinus*, *Mesocyclops crassus*, *M. leuckarti*). Средняя по озеру биомасса составляет 1.87 гр/л (LBRI&ILECF, 1993), ее основная часть формируется за счет ветвистоусых рачков. В западной части озера видовой состав планктона более разнообразен.

Зообентос представлен олигохетами, моллюсками, личинками и взрослыми хирономидами (*Chironomus salinarius*, *C. plumosus*, *Parachironomus*, *Prochironomus*, *Endochironomus nymphoides*, *Stictochironomus*, *Cryptochironomus*, *Tanypus*, *Harnischia*), поденками, ручейниками, мизидами, полихедами. Биомасса бентоса в Западном Балхаше достигает 4.53 г/м², в Восточном – 2.09 г/м² (Тютеньков, и др. 1974).

В озере обитает около 30 видов рыб, среди которых 6 местных: илийская и балхашская маринка (*Schizothorax argentatus*, *S. Pseudokasaiensis*), балхашский окунь (*Perca schrenki*), пятнистый и одноцветный губач (*Nemachilus strauchi*, *N. labiatus*) и балхашский голяк (*Phoxinus poljakowi*). Среди вселенцев: короткоголовый усач (*Barbus brachycephalus*), серебряный карась (*Carassius auratus gibelio*), ерш (*Lucioperca lucioperca*), восточный лещ (*Abramis brama orientalis*), сибирский елец (*Leuciscus leuciscus natio*), карп (*Cyprinus carpio carpio*), шип (*Acipenser nudiiventris*), сом (*Silurus glanis*), линь (*Tinca tinca*), судак (*Stizostedion volgensis*). Промысловыми являются судак, сом, лещ, жерех.

Несмотря на сравнительную бедность ихтиофауны, в отдельные годы до строительства Капчагайского водохранилища общий улов рыбы в озере достигал 20-30 тыс. тонн, среди

которых около 70% представляли ценные породы; около 2/3 улова приходилось на Западный Балхаш. Еще в 1980-х годах на Балхаше добывалось более 10 тысяч тонн рыбы ежегодно, однако уже к 1990-м гг., в связи с разразившейся экологической катастрофой, добыча упала до 6.6 тыс. тонн, из которых ценных пород лишь 49 тонн (Концепция...). На сегодняшний день рыболовство в озере и его притоках незначительно, несмотря на это, вылов рыбы в озере остается важной отраслью экономики Казахстана.

В Прибалхашье гнездятся свыше 120 видов птиц, из них 12 занесены в Красную книгу, в том числе розовый и кудрявый пеликаны (*Pelecanus onocrotalus*, *P. crispus*), колпица (*Platalea leucorodia*), лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*) и орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*). Колонии пеликанов в дельте р. Или являются одними из последних в стране. На озере селится большое число уток, гусей, чаек, гагар, это ареал обитания больших бакланов (*Phalacrocorax carbo*), чирков (*Marmaronetta angustirostris*), фазанов (*Phasianus*), беркутов (*Aquila chrysaetos*) и белых цапель (*Egretta*). В связи с негативными экологическими изменениями, наблюдавшимися в последние несколько десятилетий, численность редких видов птиц в регионе резко сократилась.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

Площадь водосбора оз. Балхаш составляет около 413000 км², причем около 15%, включая верховья р. Или, принадлежит КНР. Значительные ресурсы минерального сырья ставят бассейн в число приоритетных регионов в развитии производительных сил Казахстана (Концепция...), здесь открыты месторождения цветных, редких и благородных металлов, бурого угля, а также строительных материалов - цемента, мрамора, песка, щебня, глины. Несмотря на наличие перспективных запасов минерально-сырьевых ресурсов, их освоение ведется слабо и не редко с нарушениями экологических требований. Основой промышленности являются медьсодержащие и полиметаллические руды, базовая отрасль – цветная металлургия. В бассейне действует Балхашский горно-металлургический и Текелийский свинцово-цинковый комбинаты. Из других отраслей - завод свинцовых аккумуляторов в Талдыкоргане, фарфоровый завод в Капшагае, сахарные заводы в Боролдае и Жансугурове.

На 2005 г. на водосборе проживало 3.3 млн человек, в том числе жители Алма-Аты — крупнейшего города Казахстана. Самый большой населённый пункт, расположенный на северном берегу озера – г. Балхаш (74 тыс. жит.), градообразующим предприятием которого является Балхашский горно-металлургический комбинат. В поселках к северу от озера разрабатывается крупное месторождение меди, на западном берегу озера в районе г. Приозёрска расположено довольно много военных объектов, построенных еще в советское время. Южный берег практически не заселён.

Западная, пресноводная часть озера является основным источником водоснабжения ряда прибрежных населенных пунктов и Балхашского горно-промышленного узла. Отмечается, что существующее потребление воды на душу населения в регионе завышенное и, в среднем, в 3 раза, превышает научно рекомендуемую норму, его суммарная величина на уровень 2000 г. оценивалась в 3.73 км³.

Наряду с промышленностью в регионе активно развивается сельское хозяйство, причем не только на территории Казахстана, но и в северо-западном Китае, где производство хлопка, требующее значительного водозабора, является важнейшей отраслью хозяйства Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая (СУАР). На сегодняшний день в СУАР используется около 40% всех пахотных земель (UNEP, 2004) из которых орошаемые насчитывают 400 тыс. га, в ближайшее время их площади предполагается расширить до 600 тыс. га. На территории Казахстана общая площадь сельхозугодий составляет 8.18 млн. га из которых 6.53 млн. занимают естественные пастбища. Активно практикуется выращивание риса, оросительные системы созданы на Акдалинском массиве на площади 31.7 тыс. га с водопотреблением до 1.3 км³, и на Шингельдинском массиве орошения площадью 15.3 тыс.га с общим забором воды 0.166 км³ в год. Общие площади орошаемых земель на уровень 2000 г. составляли 346 тыс. га (Концепция ...), причем за период после распада СССР они сократились в 1.6 раза.

На озере существует регулярное судоходство. Главные пристани: Бурылбайтал, Бурлитобе. Рекреационный потенциал озера и окрестные достопримечательности (урочище Бектау-Ата, тугайные леса) привлекают многочисленных туристов, имеются несколько пансионатов.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Экологические проблемы оз. Балхаш обусловлены как естественными, так и антропогенными причинами. Одними из важнейших антропогенных факторов, оказавших крайне неблагоприятное воздействие на экологию оз. Балхаш, являются строительство Капчагайского водохранилища, а также чрезмерный разбор воды на орошение. Самый тяжелый период на озере наблюдался в 1970-1987 гг., когда на фоне климатически обусловленного снижения стока происходило заполнение Капчагайского водохранилища, кроме того, в это же время были существенно увеличены объемы водозабора. Из-за резкого нарушения соотношения между приходной и расходной частями водного баланса озеро стало катастрофически быстро мелеть, а его минерализация увеличилась. Многие виды местной фауны исчезли, значительно сократились рыбные запасы, происходили изменения в фитопланктонном сообществе, сопровождающиеся снижением ценных видов водорослей, наблюдалась смена растительности в прибрежной части озера.

Несмотря на некоторое улучшение ситуации после окончания заполнения Капчагайского водохранилища и наблюдавшийся с 1987 г. рост уровня воды в озере, экологические проблемы сохранились. Прежде всего, они связаны с возросшим водозабором, резко снизившим приходную часть водного баланса. Износ ирригационных систем на территории Казахстана превышает к сегодняшнему дню 60%. В последние десятилетия ни реконструкций, ни ремонта на водохозяйственных объектах не проводилось, как следствие – происходят большие потери воды, и озеро недополучает значительную часть необходимого объема стока. В этой связи с позицией о необходимости коренной модернизации всей ирригационной системы региона, разработанной большей частью много лет назад, на международной конференции в Европарламенте выступила профессор Ноттингемского университета С.О'Хара. Кроме водозабора на территории Казахстана, значительные объемы воды изымаются в верхней, китайской части бассейна р. Или. Здесь на уровень начала 2000 гг. водозабор составлял 4.42 км^3 стока (Концепция ...), причем в ближайшее время КНР планирует увеличить водозабор еще на 2 км^3 . Наряду с ирригацией в Китае ведется

активное гидроэнергетическое строительство, также нарушающее гидрологический режим верховьев р. Или. По мнениям экспертов, несмотря на увеличение ледникового стока на Тянь-Шане, повышение норм забора воды в Китае даже на 10% приведет к катастрофе, и оз. Балхаш может разделиться на два водоёма с последующим высыханием восточной части (Самакова, 2005). Водные отношения Казахстана с КНР регулируются в рамках подписанного в 2001 г. «Соглашения между правительством Казахстана и правительством КНР о сотрудничестве в сфере использования и охраны трансграничных рек». По мнению многих специалистов как внутри Казахстана, так и за его пределами, данное соглашение не содержит конкретных механизмов, ограничивающих водозабор в верховьях питающих озеро рек, находящихся на территории Китая. В 2007 г. Казахстан предложил льготный контракт на 10-летние поставки продовольствия в КНР в обмен на объём стока рек в оз. Балхаш, однако данное предложение было отвергнуто. В планы Китая входит активное развитие Синьцзян-Уйгурского автономного района в ближайшие десятилетия, базирующееся на увеличении гидроэнергетических мощностей и расширении сельскохозяйственных площадей.

Значительные экологические проблемы оз. Балхаш связаны также с вызванным строительством Капчагайского водохранилища изменением гидрологического режима его основного притока – р. Или и деградацией ее дельты. До строительства дельта р. Или представляла собой систему озер, рукавов, проток и стариц, перемежающихся с зарослями тростников и суходолов, и являлась местом обитания и воспроизводства рыбы, ондатры и диких зверей. Еще в 1980-х годах на Балхаше добывалось более 10 тысяч тонн рыбы ежегодно. Обильные заросли камыша служили прибежищем для многочисленных птиц и животных. В озере водились лебеди, розовые пеликаны, гуси. Изменение гидрологического режима ниже Капчагайского вдхр привело к сокращению площади дельты р. Или за период строительства с 3046 км^2 до 1876 км^2 и, соответственно, к снижению площади водноболотных угодий и тугайных лесов. В связи с изменением стока взвешенных наносов произошло заиливание проток, изменился режим затопления и прекратилось обводнение озерных систем, которых осталось лишь 5 из 16 (Концепция...). В сохранившихся системах

возросла минерализация воды, увеличилось содержание пестицидов и тяжелых металлов, причем как в воде, так и в донных отложениях, фито- и зоопланктоне, и в тканях рыб. Сократились площади тростниковых зарослей. Накопление ила в водохранилище привело к сокращению биогенного стока в дельту и, соответственно, к снижению плодородия пойменных почв. В результате упала урожайность сельскохозяйственных культур, фактически прекращено производство овощей и фруктов (Концепция...). К концу XX столетия, в связи с разразившейся экологической катастрофой на озере практически полностью исчезли лебеди и пеликаны, а также балхашские маринка и окунь. Некогда знаменитый балхашский судак оказался поражен раковым заболеванием – фибросаркомой. Почти исчезла акклиматизированная еще в 1940-х гг. в низовьях р. Или ондатра, основным пропитанием которой являлись корневища рогоза. На протяжении 1940-1960-х гг. ондатра хорошо размножалась, и ее промысел составлял порядка 1 млн зверьков в год. В связи с постоянными зимними паводками, возникающими в результате сбросов из Капчагайского водохранилища, и вырубкой камыша места обитания ондатры были разрушены. В результате сокращения численности промысел ондатры на сегодняшний день полностью прекращен.

Оз. Балхаш является важнейшим резервуаром воды Восточного Казахстана, в связи с этим увеличение минерализации его воды является насущной проблемой, требующей конкретных решений. Еще в 1980-е гг., когда в связи с заполнением Капчагайского водохранилища проблема резко обрисовалась, было разработано несколько проектов по снижению минерализации озера. Один из них был предложен учеными Института озераведения РАН и предусматривал сохранение западной части озера за счет строительства плотины восточней устья р. Каратал и в проливе Узун-Арал. Предполагалось, что это позволит сохранить озеро как природный комплекс площадью более 12 тыс. км² с минерализацией воды не выше 2 г/л (Давыдова и др., 1985). Однако, в силу того, что проект дорогостоящий, а Казахстан наряду с другими республиками бывшего СССР, в 1990-е гг. испытывал значительные финансовые трудности, проект был отложен. Приостановившееся снижение уровня озера на рубеже XX-XXI вв. позволило на некоторое время отложить принятие

экстренных мер по опреснению водоема. Однако, поскольку общая тенденция сокращения стока из-за его активного разбора на сельскохозяйственные нужды остается, без принятия соответствующих мер уровень озера в долгосрочной перспективе будет снижаться.

На общем фоне негативных процессов, наблюдаемых на озере в связи со строительством водохранилища, отмечается усиливающееся загрязнение его воды за счет бытовых и промышленных стоков. В озере наблюдается повышенное содержание сульфатов, фторидов, нефти, фенолов, а также тяжелых металлов. Постоянно фиксируются тенденции загрязнения Балхаша остаточными количествами ДДТ. Основными загрязнителями в регионе являются Балхашский медиплавильный завод со стоками которого в озеро поступает большое количество тяжелых металлов, прежде всего меди, и Балхашский горно-металлургический комбинат. В начале 1990-х годов объем выбросов Балхашского ГМК составлял 280—320 тысяч тонн в год, в результате чего на поверхности озера оседало 76 тонн меди, 68 тонн цинка, 66 тонн свинца. К середине 2000-х гг. объем загрязнителей увеличился почти вдвое (Самакова, 2005). Общий уровень загрязнения воды в 2000-е гг. в зал. Таран-галык оценивался в 3.7-4.0 ИЗВ, а в зал. М. Сары-Шаган – 4.5-4.8 ИЗВ (UNDP, 2004). По данным научно-производственного Центра рыбного хозяйства загрязнение компонентов гидробиосферы тяжелыми металлами становится доминирующим. Только за период 1995-2005 гг. содержание цинка в тканях рыб увеличилось в 11 раз, хрома - в 13 раз, никеля - в 2 раза, концентрации кадмия составляют 0.07-0.12 мг/кг, что в 1.4-2.6 раза выше, чем в воде озера.

Одним из источников поступления в озеро ядовитых веществ являются хвостохранилища, периодически дающие утечки, особенно большие концентрации распространяются при пыльных бурях (Самакова, 2005). Время от времени в прессе появляются заметки о катастрофических утечках из хвостохранилищ и о несанкционированных сбросах, осуществляемых рядом предприятий. Так, согласно публикации Балакешовой (2010) летом 2010 г. в связи с поломкой трубопровода, через который производственные отходы должны попадать на станцию хвостохранилища, металлургическое предприятие корпорации "Казахмыс" в течение 4 дней сбрасывало в озеро стоки со скоростью 1300 кубометров в час. Отходы данного

предприятия содержат тяжелые металлы и ядовитые вещества: медь, серу, прочие окислители.

Наряду с промышленным загрязнением наблюдается загрязнение озера сельскохозяйственными стоками. Активное развитие сельского хозяйства в регионе приводит к повышенному биогенному стоку и крайне негативно отражается на качестве воды, особую опасность имеет широкое применение пестицидов. Загрязнение поверхностных вод является одной из основных причин существующего дефицита питьевой воды в небольших населенных пунктах. Так, согласно данным (Концепция ...) в 42 населенных пунктах население живет на привозной воде, в 403 ее извлекают без очистки из водоемов, шахтных и трубчатых колодцев. Действующая водопроводная сеть большинства районных центров, центральных усадеб и рабочих поселков находится в аварийном состоянии.

Загрязнённые воды поступают в оз. Балхаш не только с территории Казахстана, но и из Китая. На пограничных пунктах в реках, питающих озеро, фиксируют сильное превышение содержания меди, достигающих 16 ПДК (Самакова, 2003) и других веществ, вода имеет V класс загрязнённости. Наблюдается загрязнение воды органикой, нефтепродуктами и другими веществами (Концепция ...).

Еще одной проблемой является чрезмерный выпас скота, усиливающий, наряду с развитием горнодобывающей промышленности, эрозию на водосборе.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

Основная проблема оз. Балхаш связана с нерациональным использованием его водных ресурсов. С целью найти гармонию между природно-экологическим состоянием озера и нуждами водохранилища, использующегося для ирригации, коммунального водоснабжения и гидроэнергетики, в Алма-Ате была проведена крупная конференция «Балхаш 2000». В результате ее работы была принята резолюция и обращение к президенту, парламенту, правительству и международным организациям, раскрывающая новые принципы

управления экосистемой Балхаш-Алакольского бассейна. Спустя 5 лет был создан второй форум «Балхаш-2005». В то же время специалисты Регионального экологического центра Средней Азии вместе со специалистами Казгидромета, научных и неправительственных организаций разработали концепцию устойчивого развития Или-Балхашского бассейна. Вся совокупность целей укладывается в рамки трех направлений устойчивого развития:

- Сохранение и восстановление экосистемы Или-Балхашского бассейна и гидрологического режима оз. Балхаш, естественных (наземных и водных) экосистем как основного условия для сохранения и продолжения жизнедеятельности в регионе;
- Развитие экологически ориентированных видов деятельности, устойчивой энергетики и сельского хозяйства, транспортной и коммуникационной инфраструктуры;
- Развитие человеческого и социального потенциала, сохранение духовных и культурных ценностей.

Особое внимание уделяется вопросам сохранения озера, совершенствованию системы управления бассейном, развитию экологически безопасных и ресурсосберегающих видов деятельности, сохранению духовных и культурных ценностей в регионе. К сожалению, на сегодняшний день, по мнению заместителя генерального директора Евразийского центра воды Болата Бекниязова, несмотря на правильность разработанной концепции, лишь ряд рекомендаций был выполнен, не был создан Или-Балхашский природный парк. Программа 2006 - 2009 гг по решению экологических, водных проблем Балхаша не имела достаточного финансирования, оказалась слишком короткой по срокам и никак не связанной с областными и районными программами развития. Проблема нерационального использования водных ресурсов оз. Балхаш сохраняется и угрожает озеру потерей значительной части его акватории. Необходимость принятия действенных мер очевидна.