

Глава 2. НА МЕСТЕ ДРЕВНЕЙШИХ МОРЕЙ

Для большинства озер характерно, что их ложе подстилает континентальная земная кора, и лишь у нескольких крупнейших водоемов ложе образовано земной корой океанического типа, прежде всего, к ним относятся Каспийское море и оз. Маракайбо. В отличие от континентальной коры, имеющей трехслойное строение, океаническая кора состоит главным образом из базальтов, кроме того, она имеет относительно молодой возраст (самые древние участки датируются поздней юрой). Толщина океанической коры практически не меняется со временем, поскольку в основном она определяется количеством расплава, выделившегося из материала мантии в зонах срединно-океанических хребтов.

Каспийское море является остатком Паратетиса – потомка древнего моря Тетис, соединявшего 50-60 миллионов лет назад Атлантический и Индийский океаны. В результате сложных тектонических движений море Тетис сначала отделилось от Индийского океана, а затем от Атлантического. Примерно 5-7 млн. лет назад оно распалось на меньшие водоемы, включая Черное и Каспийское моря, которые несколько раз соединялись и разделялись, наконец, около 1.8 млн. лет назад Каспий был окончательно отрезан от мирового океана. Оз. Маракайбо является одним из древнейших озер Земли, его возраст превышает 30 млн. лет. Депрессия, которую оно занимает, образована в Оligocene и с тех пор не меняла своих размеров, однако площадь, занятая водой, по своим размерам варьировала. Основные седиментационные отложения, свидетельствующие о непрерывном чередовании морских, приливных и пресных вод, чередуются с отложениями сухопутного материала.

С некоторыми оговорками в данную главу мы включили также и оз. Никарагуа. Согласно мнению геологов еще в относительно недалеком по геологическим меркам прошлом на его месте был морской залив, однако со временем благодаря тектоническим движениям проход к морю закрылся, и образовалось современное озеро.

2.1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

Каспийское море, обладающее огромными при-

родными ресурсами, привлекает к себе особое внимание, так как нерациональное использование этих ресурсов, особенно в последнее время, сопровождается негативными явлениями, которые могут привести к опасным для всей экосистемы моря необратимым процессам. Все это накладывается на уникальные природные условия моря и его береговой линии.

Каспийское море является самым большим в мире изолированным бессточным озером, расположенным на стыке Европы и Азии на территории пяти пограничных стран: России, Азербайджана, Исламской республики Иран, Казахстана и Туркменистана. Благодаря своим размерам и солености воды оно с давних времен считалось морем. Географические координаты крайних точек его акватории – 36° 33' - 47° 07' с.ш. и 46° 43' - 54° 03' в.д. Уровень Каспийского моря в настоящее время колеблется около отметки 27-28 м ниже уровня Мирового океана.

Каспий занимает огромную по площади и глубокую материковую депрессию и является своего рода реликтом, донесшим до наших дней уникальную фауну и флору. Он, хотя и представляет собой континентальный водоем, является остатком древнего океана Тетис, который занимал территорию нынешнего Средиземного, Черного, Азовского, Каспийского, Аральского морей и сообщался на западе с Атлантическим океаном, а на востоке – с Индийским. Из-за океанического происхождения ложе Каспийского моря образовано земной корой океанического типа. Этим можно объяснить соленость его вод. В верхнем миоцене связь Тетис с океанами прерывается и образуется сначала Сарматский бассейн (8-10 млн. лет назад), а затем Понтическое море. Около 6 млн. лет назад Понтическое море – озеро разделилось на Верхнепонтическое, занимавшее только Черноморскую котловину, и полностью изолированное Бабаджанское озеро, занимавшее только Южно-Каспийскую котловину. С этого времени Каспий существует как изолированный бассейн. В четвертичном периоде его уровень испытывал большие колебания, когда три трансгрессии перемежались фазами регрессии. В своей долгой истории Каспийское море несколько раз соединялось с Черным морем через Кумо-Маньчскую впадину. В эти периоды имело место проникновение фауны из Черного моря в Каспий и наоборот. На месте современного Каспия были то соленые, то

опресненные бассейны, сменявшие друг друга: в Сарматском море обитала чисто морская фауна, в Понти-ческом появилась солоноватоводная фауна каспийского типа, которая существует до настоящего времени (Гюль, 1956, Касымов, 1987)

На Каспийское море с давних времен проводятся разносторонние научно-исследовательские работы, поскольку оно является водоемом не только с высокой биологической продуктивностью (в первую очередь рыбной), но и обладает большими запасами полезных ископаемых. В настоящее время Каспий стал одним из наиболее хорошо изученных водоемов, однако интенсивная эксплуатация полезных ископаемых и его загрязнение ставят новые проблемы и задачи, требующие разрешения.

Каспийское море является сложным и специфическим водоемом, обладающим только ему присущими особенностями. По физико-географическим признакам, характеру рельефа, особенностям гидрологического режима оно делится на Северный, Средний и Южный Каспий и обособленный залив Кара-Богаз-Гол (Каспийское море..., 1986). Северный Каспий фактически является обширным эстуарием впадающих в него рек. Из-за цикличности уровня режима Каспийского моря данные по морфометрии Каспийского моря противоречивы. В таблице 2.1 приведены усредненные данные, соответствующие современному уровню (-27 м абс.) (Салманов, 1999). В настоящее время площадь Каспия составляет около 392,6 тыс. км², тогда как в 1929 г. при высоком уровне воды его площадь достигала 422 тыс. км², то есть по площади Каспий был больше Черного и Балтийского морей (Касымов, 1987).

Таблица 2.1 . Морфометрия Каспийского моря

Часть	Площадь зеркала, тыс. км ²	Объем воды, тыс. км ³	Максимальная глубина, м
Северная	104.6	0.49	20
Средняя	138.2	26.75	788
Южная	149.8	51.40	1025
Все море	392.6	78.64	1025

Рельеф берегов Каспийского моря определяется характером орографических элементов суши: на севере – Прикаспийская низменность, на

юге – горная система Эльбрус, на западном побережье к морю близко подходят горы Большого Кавказа с узкой прибрежной равниной, на юго-западе – Куринская и Ленкоранская низменности и предгорья Талышских гор. Восточный берег обрамлен крутыми, невысокими уступами, а на его юге – эоловой равниной с песчаными дюнами. Длина береговой линии Каспия примерно 6500-6700 км. В рельефе дна Каспийского моря четко выделяются три основные формы – шельф, материковый склон и ложе глубоководных впадин (рис. 2.1). Шельф начинается от береговой линии и заканчивается на глубинах около 100 м. Ниже линии шельфа начинается материковый склон, который в Среднем Каспии заканчивается на глубинах 500-600 м, а в Южном на глубинах 700-750 м. В Каспийском море обнаружены две глубоководные впадины – Дербентская (788 м) и Южно-Каспийская (1025 м) (Касымов, 1987).

Из 10 заливов Каспия наибольший интерес представляет залив Кара-Богаз-Гол, который разные народы называли Черным Горлом, Черной пастью, Черным устьем. Площадь его 12-13 тыс. км². Залив соединен с морем узким шириной от 110 до 300 м проливом, длина которого около 8-10,5 км. Уровень Кара-Богаз-Гола на 4 м ниже уровня Каспийского моря. В залив идет постоянный сток из моря, и вода в нем быстро испаряется. Ежегодно в залив до начала 1930-х годов втекало 20-25 км³ каспийской воды, а в середине XX века из-за падения уровня Каспия только 10-15 км³. Вместе с этой водой выносятся около 130-150 млн. т. солей, что в 10 раз больше, чем их получает Каспий (Зонн, 1999). Залив Кара-Богаз-Гол является естественным опреснителем Каспийского моря. Испаряемость с его поверхности очень велика – 1500 мм/год. Это единственный в мире самосадочный бассейн солей морского типа (мирабилит, галит, астраханит). В 1980 г., чтобы замедлить падение уровня Каспия, залив был отделен глухой дамбой и за три года почти весь высох, превратившись в гигантскую соляную впадину. Соль стала разноситься ветрами, засоляя окружающую среду и почву. В 1984 г. было построено водопропускное сооружение с годовым расходом воды 1,5 км³ для ослабления негативного влияния на окружающую среду и восстановления добычи минеральных солей. В 1992 г. из-за начавшегося повышения уровня Каспия дамба была ликвидирована, и к настоящему времени залив полностью восстановился.

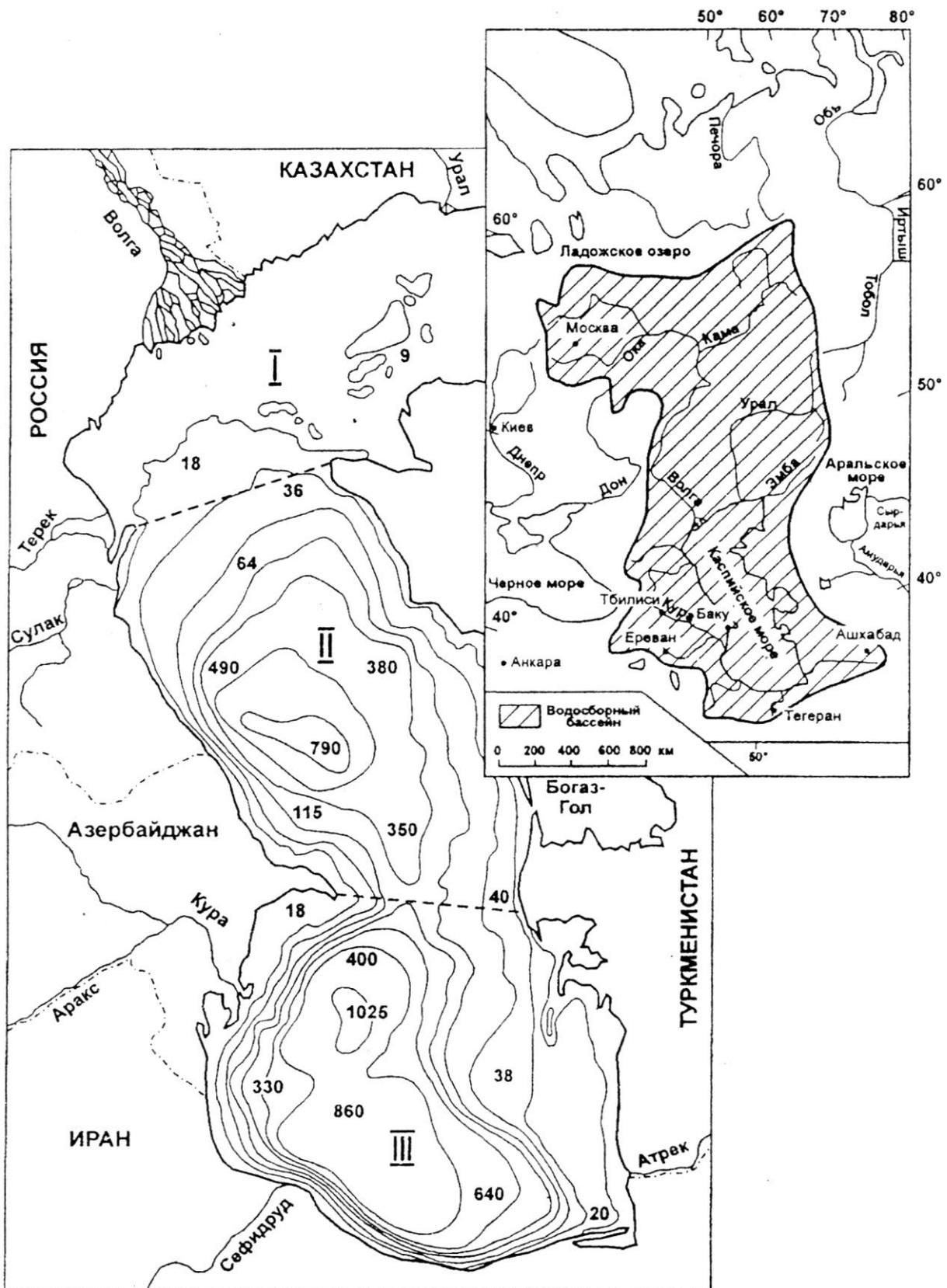


Рис.2.1. Каспийское море и его бассейн. Регионы: I – Северный Каспий; II – Средний Каспий; III – Южный Каспий; « - - » – границы между регионами Каспия. Источник: Зонн, 1999.

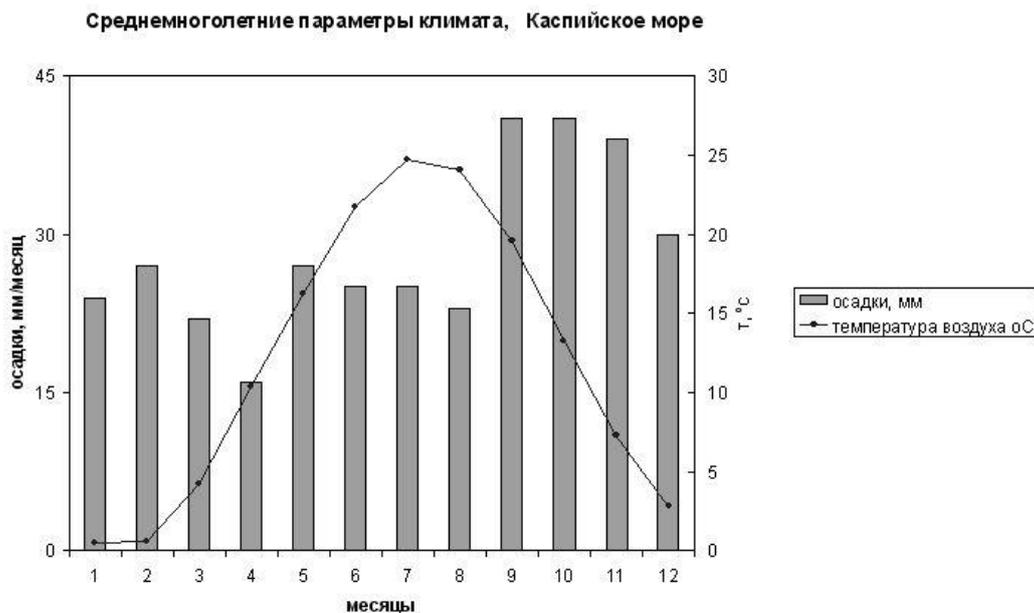


Рис. 2.2. Среднемесячные параметры температуры воздуха и осадков, ст. Махачкала.

В чем же состоит уникальность Каспийского моря?

Прежде всего, Каспий уникален по своим климатическим особенностям. Каспийское море расположено в пределах разных климатических зон и подвергается воздействию различных барических центров и систем атмосферной циркуляции. Большая часть Каспийского моря расположена в умеренном климатическом поясе. Континентальность климата выше в северных и восточных частях Каспия по сравнению с западными и южными его частями, где наиболее выражены морские черты климата. В зимний период среднемесячная температура воздуха изменяется от $-8 - -10^{\circ}\text{C}$ в северной части до $+8 - +10^{\circ}\text{C}$ в южной части, в летний период от $+24 - +25^{\circ}\text{C}$ в северной части (рис. 2.2) до $+26 - +27^{\circ}\text{C}$ в южной. Максимальная температура зафиксирована на восточном побережье - $+44^{\circ}\text{C}$. Температура воды Каспийского моря зимой на юге до $+13^{\circ}\text{C}$, на севере – ниже нуля, летом повышается по всей акватории моря до $+25 - +30^{\circ}\text{C}$. В мелких заливах температура воды может достигать $+35-+40^{\circ}\text{C}$. На глубине ниже 400-500 м поддерживается постоянная температура – $4.5 - 6^{\circ}\text{C}$. В мелководном Северном Каспии нет температурной стратификации.

Каспийское море относится к частично замерзающим водоемам. Зимой замерзает только Северный Каспий. Ледостав продолжается с

ноября по март, толщина льда при этом составляет 60-90 см. В аномально теплые зимы ледовый покров в Северном Каспии может практически полностью отсутствовать (Болгов и др., 2007, Каспийское море..., 1986).

В Среднем Каспии господствует циклональная циркуляция вод, обусловленная главным образом речным стоком и господствующими ветрами. В Южном Каспии также наблюдается циклональная циркуляция, но менее четко выраженная. В Северном Каспии преобладают неустойчивые ветровые течения различных направлений. Частая повторяемость умеренных и сильных ветров обуславливает большое число дней со значительным волнением.

Одной из важнейших проблем Каспийского моря является значительное колебание его уровня. Эта проблема издавна привлекала к себе внимание исследователей, искавших причины этого таинственного явления. Уровень Каспийского моря часто менялся в течение его многовековой истории. Поскольку Каспий отделен от Мирового океана, его уровень оказывается очень чувствительным к изменению климатических условий в бассейне. На берегах Каспийского моря сохранились памятники, доказывающие, что его уровень подвергался систематическим колебаниям (Касымов, 1987). Значительные периодические колебания уровня с максимальной амплитудой до 25 м отмечались за последние 10 тыс. лет и с ампли-

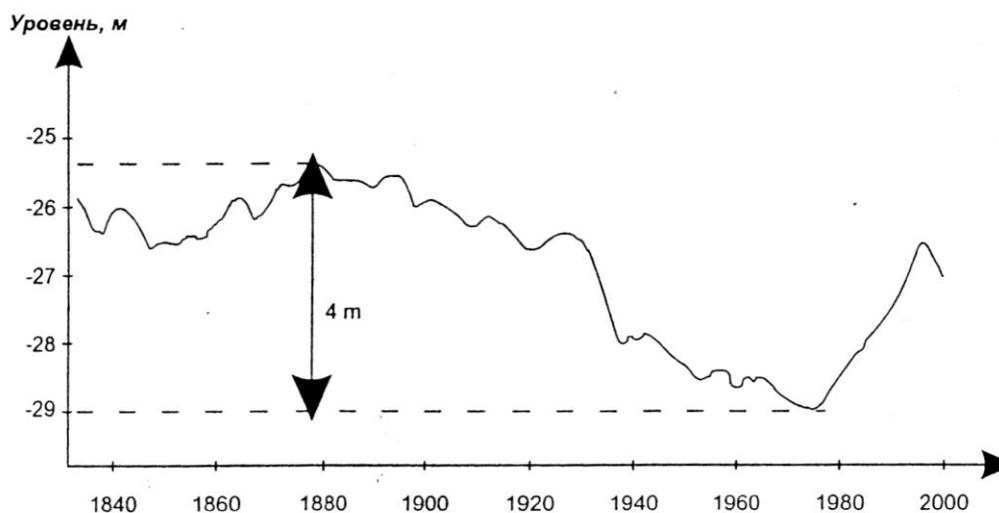


Рис. 2.3. Колебания уровня Каспийского моря. Источник: Салманов, 1999.

тудой до 15 м за последние 2.5 тыс лет в диапазоне абсолютных отметок (-20)- (-35) м. За период инструментальных наблюдений с 1830 г. по настоящее время амплитуда колебаний уровня моря составляла 3.8 м, наиболее высокое стояние было зарегистрировано в 1882 г. – (- 25.2) м, наиболее низкое - в 1977 г. – (-29.0) м (рис. 2.3). В 1995 г. среднегодовой уровень был равен – 26.5 м, а с 1997 г. колеблется около отметки -27 м (Болгов и др., 2007). В настоящее время многочисленными исследованиями показано, что главной причиной межгодовых колебаний уровня Каспия является изменение климатических факторов (осадки, сток, испарение). Однако нельзя недооценивать причины геологического порядка, в частности понижение дна моря и в первую очередь Южного Каспия (Гюль и др., 1971). В последние годы резко возросла роль антропогенных факторов, в первую очередь безвозвратное изъятие речного стока.

В Каспийское море впадает 130 рек, из них 9 имеют устье дельтового типа. Наиболее крупные реки – Волга, Терек, Сулак, Урал, Кура, Эльба, Самур, Атрек и Сефидруд. Водосбора Каспия занимает огромную территорию - около 3.5 млн. км². Решающее значение в приходной части водного баланса моря имеет р. Волга, которая обеспечивает в среднем около 80 % всего речного стока, что составляет 251-254 км³ в год. Размах колебаний годового стока за период инструментальных наблюдений с 1881 г. составлял 200 км³. Площадь бассейна Волги равняется почти трети европейской

части России и является важнейшим в экономическом отношении регионом страны. Здесь производится 48% валового регионального продукта, 45%- промышленной и 36% - сельскохозяйственной продукции, 31% электроэнергии страны, что определяет высокую степень антропогенной нагрузки. Безвозвратное водопотребление на водосборе р. Волги в современных условиях с учетом потерь на испарение с поверхности водо-хранилищ оценивается в 16 км³, что составляет около 6% нормы ее годового стока (Зонн, 1999, Болгов и др., 2007). Другие реки также достаточно интенсивно подвергаются антропо-генному воздействию. Сток грунтовых и под-земных вод в Каспий невелик. Приходная часть водного баланса почти полностью уравнивается испарением, в 5 раз превышающим величину осадков, при этом сток в Кара-Богаз-Гол составляет лишь 5%.

Значительный интерес к проблеме изменения уровня Каспийского моря определяется огромным ущербом экономике всех стран каспийского региона, вызываемым этим явлением. Понижение уровня вызывает обмеление подходов к портам, усложняет условия судоходства, отрицательно влияет на рыбопродуктивность. Последний быстрый подъем уровня Каспия также нанес значительный ущерб. В зоне затопления и подтопления оказались значительные территории, особенно в равнинной части Дагестана, Калмыкии и Астраханской области, пострадали многие города (Дербент, Махачкала, Каспийск). Были затоплены сельскохозяйственные угодья, разрушены дороги и

линии электропередач. В море попало большое количество загрязняющих веществ, особенно с объектов добычи нефти и ее транспортировки, усилились абразионные процессы в береговой зоне. В последние годы стал ощущаться ущерб флоре и фауне взморья и прибрежной зоны дельты Волги. С другой стороны, подъем уровня улучшил условия нагула рыб, увеличил площади нерестилищ.

Несмотря на то, что Каспий является замкнутым глубоким водоемом, его воды хорошо аэрированы. Высокое насыщение воды кислородом, особенно в глубинных слоях, происходит за счет плотностного перемешивания. Зимой наиболее высокое содержание кислорода отмечено в водной толще Среднего Каспия, где, благодаря повышению плотности вод, происходит интенсивное перемешивание водных масс и улучшается вентиляция глубинных слоев. В Южном Каспии этот процесс выражен слабее. По вертикали кислород в Среднем и Южном Каспии распределяется аналогично: максимум в трофогенном слое, постепенное уменьшение и минимум – у дна. За последние годы отмечается некоторое увеличение концентрации кислорода в верхних слоях и уменьшение в глубинных вплоть до его полного исчезновения в Южном Каспии (рис. 2.4). В Северном Каспии кислородный режим формируется в условиях активного фотосинтеза и максимального прогрева воды, поэтому иногда здесь также появляется дефицит кислорода. Воды Каспийского моря имеют высокую прозрачность. В Южном Каспии она достигает 15-20 м, в Среднем – около 10 м и только в Северном из-за мелководности выносимых реками взвесей прозрачность не превышает 1 м, только на значительном удалении от дельты она составляет 7-8 м.

Каспийское море является водоемом с относительно невысокой соленостью вод. Каспийская вода отличается от океанической и черноморской по соотношению отдельных солей и их суммарному значению. Воды Каспия относительно бедны ионами натрия и хлора и богаты ионами кальция и сульфатами. Средняя соленость вод в открытой части моря составляет 12.80-12.85 ‰, при колебаниях от 3 в устьевой части Волги до 20.3 ‰ в Балханском заливе (Касымов, 1987). Соленость воды залива Кара-Богаз-Гол достигает 350 ‰. В самом Каспии она возрастает с севера на юг и с запада на восток, что связано с опреснением и испарением. В Северном Каспии за последние годы

соленость уменьшилась в среднем на 0.3 ‰, а в остальных частях моря ее снижение не превышало 0.1 ‰ (Катунин, 1992).

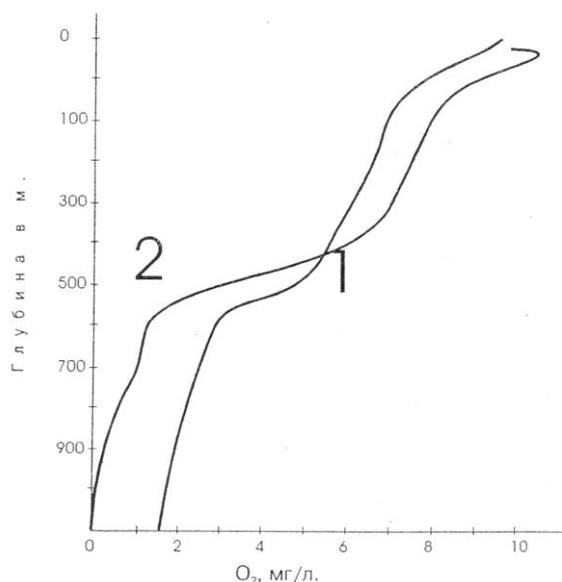


Рис. 2.4. Вертикальное распределение кислорода в воде Южного Каспия зимой: 1 – 1972 г.; 2 – 1995 г. Источник: Салманов, 1999.

Еще одной уникальной особенностью Каспийского моря является то, что во все времена оно отличалось чрезвычайно высокой биологической продуктивностью. Рыбные богатства Каспия – итог своеобразного сочетания условий, определяющих высокий уровень его биологической продуктивности и уникального состава ихтиофауны (Салманов, 1999).

Особенности растительного и животного мира

Несмотря на высокую биологическую продуктивность Каспийского моря, биоразнообразие в нем в 2.5 раза беднее, чем в Черном море, в 5 раз беднее, чем в Баренцевом море (Зенкевич, 1963). Для настоящей пресноводной фауны и флоры соленость слишком высока, а для настоящих морских видов – низкая. Современное биоразнообразие Каспия отражает сложную историю палеокаспийских трансгрессий и регрессий и связанных с ними опреснений и осолонений, что создало общий высокий уровень эндемизма (приблизительно 42-46%).

Видовой состав фитопланктона Каспийского моря также беднее, чем Черного моря, соответственно 449 и 750 видов (Салманов, 1999). По видовому составу водорослей, который достаточно неустойчив в Каспии, диа-

томовые занимают первое место – 163 таксона, далее следуют зеленые – 139, синезеленые – 84, пиропитовые – 39 и прочие. Проникшая в Каспий из Азово-Черноморского бассейна и впервые отмеченная в Северном Каспии в 1934 г., диатомовая водоросль *Rhizosolenia calcaravis* в настоящее время встречается в значительном количестве по всему морю. В зависимости от сезона она может составлять 94-97 % всей биомассы фитопланктона. После открытия Волго-Донского канала здесь появились и другие виды водорослей, обитающие в Азовском и Черном морях. Численность и биомасса Каспийского моря как по годам, так и по районам варьирует в больших пределах и зависит от речных стоков, биогенной обеспеченности районов и других экологических факторов. Средние величины общей биомассы фитопланктона в Северном Каспии составляли в разные годы 4.0-6.4 г/м³. В Среднем и Южном Каспии в отдельные годы биомасса фитопланктона достигала соответственно 16.4 и 9.4 г/м³ (Салманов, 1999). В целом по Каспию как по численности, так и по биомассе преобладали два вида водорослей - пиропитовая *Exuviaella cordata* и диатомовая *Rhizosolenia calcaravis*. Первая является аборигенным видом, вторая - вселенцем. Эти два вида играют главную роль в продуктивности Каспийского моря и в частности в питании беспозвоночных животных.

Среди представителей зоопланктона инфузории представлены наибольшим числом видов – 135, значительное развитие которых наблюдается в Среднем и Южном Каспии, а в Северном – качественный и количественный состав инфузорий значительно уступает остальным районам Каспия. Веслоногие рачки в планктоне Каспийского моря представлены 41 видом, из них 21 вид – коренные каспийские виды (автохтоны), а 5 (*Eurytemora minor*, *Halicyclops sarsi*, *ectinosoma concinnum*, *Schzopera akatovae*, *Smirnoviella unisetosa*) являются эндемиками, то есть обитающими только в Каспии. Ведущее положение занимает лимнокалянус, который дает не менее половины биомассы зоопланктона Среднего и Южного Каспия. В планктоне Северного Каспия, кроме каспийских видов, встречаются пресноводные из подотряда Cyclopoidea и Harpacticoida, которые достигают большого развития в предустьевых участках Волги и Урала. Ветвистоусые рачки представлены 55 видами. Особым разнообразием отличается группа из трех близких семейств –

полифемид, подонид и церкопагид. Кроме *Podon polyphemoides*, который появился в Каспии в 1957 г. после открытия Волго-Балтийского канала, все виды этих семейств являются эндемиками. В Северном Каспии из ветвистоусых наибольшее развитие, особенно в предустьевом участке Волги, имеют виды семейств Sididae, Daphnidae, Bosminidae, Chydoridae. Количественное развитие зоопланктона на разных участках Каспия неодинаково. В Северном Каспии около устья Урала биомасса зоопланктона достигала 2.0 г/м³, а в его западной части – 0.5-1.0 г/м³, средняя летняя биомасса составляла 0.48 г/м³. В Среднем Каспии она колебалась в пределах 0.07-0.5 г/м³ и только в устьях рек Сулак и Самур достигала 0.8-1.05 г/м³. В Южном Каспии летом максимальная биомасса зоопланктона не превышала 0.2 г/м (Касымов, 1987).

Зообентос Каспийского моря представлен 379 видами. Наибольшее число видов относится к фораминиферам, турбелляриям, нематодам, ракушковым ракообразным, мизидам, кумовым ракам, бокоплавам, двустворчатым и брюхоногим моллюскам. Характерной особенностью донной фауны является ее высокий эндемизм и преобладание видов коренного каспийского комплекса. К ним относятся моллюски *Dreissena* spp., *Pyrquula* spp., аборигенные полихеты, кумовые раки и др. Ряд средиземноморских видов проник самостоятельно или был вселен человеком: моллюски митилястер, nereis, церастодерма, синдосмия, креветки, баланус и др. В периоды опреснения в Каспий проникли пресноводные виды, а в позднеледниковое время из северных морей вселился ряд арктических видов. По биомассе зообентоса наиболее продуктивными районами моря можно считать Средний и Южный Каспий, здесь средняя биомасса соответственно составляла 66 и 121 г/м. В Северном Каспии эта величина не превышала 29 г/м, однако в этом районе кормовой бентос более полно используется, так как практически все рыбы кормятся в этом районе (Касымов, 1987).

Во все исторические времена Каспийское море было самым богатым по запасам рыбного населения и уникальным источником ценнейших пород рыб. Видовой состав каспийской ихтиофауны не отличается разнообразием. По числу видов рыб Каспийское море заметно уступает другим внутренним морям. Если в Азовском, Черном и Средиземном морях насчитывается соответственно 79, 180 и 540

видов, то в Каспии – всего 62 (без речных видов). Ограниченное число видов каспийской ихтиофауны в заметной степени компенсируется ее количественным развитием. По числу видов преобладают сельдевые, карповые и бычковые, составляющие более 70% всей каспийской ихтиофауны (Касымов, 1987). Наибольшее количество эндемичных видов и подвидов отмечается среди сельдевых и бычковых, которые сформировались в период существования слабоосолененного Понтийского озера - моря 5-7 млн. лет назад и имеют морское происхождение (Зенкевич, 1973). Другие виды имеют пресноводное происхождение: осетровые, лососевые, карповые, окуневые, щука и др., большинство которых обитают в реках и в предустьевых участках моря. Только осетровые распространены по всему морю, а для размножения заходят в реки. К настоящим морским рыбам относятся атерина, игла-рыба, кефаль, которые являются азово-черноморскими вселенцами. Каспийское море является источником ценнейших пород рыбы, которые являются не только национальным, но и мировым достижением. Это в первую очередь осетровые виды – русский осетр, севрюга, белуга, стерлядь, лососевые – белорыбица, каспийский лосось, частиковые – сазан, лещ, вобла, сом, а также сельдь. Три коммерческих наиболее значимых вида осетровых (русский осетр, белуга и севрюга) составляют 90% всего вылова в мире. Ценность осетрового стада иногда ставят выше ценности нефти, тонна черной икры значительно дороже тонны нефти. Тем не менее, в результате начавшихся с 1950-х годов гидротехнического строительства, развития гидроэнергетики, а позже добычи нефти и развития нефтехимического производства и, в след за этим, загрязнение моря, рыбное хозяйство значительно пострадало (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Уловы осетровых в Прикаспийских станах, т. (цит. по Зонов, 1999)

	1984	1988	1991	1994
Мир в целом	26538	21291	15126	13562
СССР	24245	19027	-	-
Иран	1557	1851	3036	1700
Азербайджан	-	-	108	95
Россия	-	-	9536	4460
Казахстан	-	-	1766	635

После распада СССР к этим негативным явлениям добавился браконьерский лов рыбы, осо-

бенно осетровых (Зонн, 1999). В настоящее время одной из приоритетных задач является сохранение и улучшение условий для воспроизводства ценных биоресурсов, которые в отличие от других ресурсов являются возобновляемыми.

Из морских млекопитающих в Каспийском море обитает эндемичный каспийский тюлень *Phoca caspica*.

Биологическая продуктивность и антропогенное эвтрофирование Каспия

Каспийское море является одним из наиболее высокопродуктивных морей планеты. Годовая продукция фитопланктона в Каспии в среднем составляет 175 млн. т С или 467 г С/м². Как правило, в зависимости от особенностей отдельных участков эта величина колеблется от 390 до 829 г С/м² год, причем в самых продуктивных районах – в прикуринском районе (Южный Каспий) и акватории главных рукавов Волги – эта величина достигает 800-1000 г С/м² год (Салманов, 1999). Средняя продукция фитопланктона в Каспии превышает таковую в Черном море почти в 4-5 раз, в Азовском - в 2-3 раза, в Аральском – в 9-10 раз, в эвтрофных участках Балтийского моря в районе г. Хельсинки - в 3-4 раза. Многолетние исследования показали, что наиболее заметное увеличение величины продукции фитопланктона началось в первой половине 1960-х годов в северо-восточном и северо-западном участках Северного Каспия в связи с поступлением биогенных элементов со стоком Волги, до этого времени этот процесс сдерживался строительством каскада водохранилищ на Волге и других крупных реках. Было зафиксировано начало антропогенного эвтрофирования моря, и уже к началу 1990 г «цветение» воды расширилось и достигло глубоководного Южного Каспия. За период с 1960 до 1990 гг. сток минерального фосфора р. Волги возрос с 1.6 до 14.1 тыс. т, органического фосфора – с 14.3 до 28.4 тыс. т, минерального азота – с 60.3 до 182.0 тыс. т, органического азота – с 140.4 до 380.4 тыс. т (Салманов, 1999). Что касается годовой первичной продукции, то по данным М.А. Салманова (1999), она возросла в среднем по Каспию от 114700 тыс.т С в 1971 г. до 175 000 тыс. т С в 1988 г. Однако загрязнение моря в некоторых районах привело к сокращению продукции фитопланктона в мелководных зонах, где происходит нагул рыбного населения. За период 1966-1988 гг. общее коли-

чество бактерий в Северном Каспии в среднем возросло на 3-3.5 млн. кл./мл, а в Среднем – на 5.9 млн.кл./мл. Все это указывает на то, что в море прогрессирует антропогенное эвтрофирование. Изменился его трофический статус, более 60% акватории моря по величине первичной продукции и численности микрофлоры относится к категории эвтрофных. Это отразилось, как было уже сказано, на кислородном режиме придонных слоев воды: в летне-осенний период 1988 г. в Северном Каспии дефицит кислорода в придонных слоях сохранялся с июня до первой половины октября.

Достаточно высокие величины деструкции органического вещества и численности бактериального сообщества указывают на пока еще достаточно высокую самоочистительную способность моря, но она приближается к своему пределу, после чего она может резко снизиться (Салманов, 1999).

Загрязнение Каспийского моря

Экономика Каспийского моря связана с добычей нефти и газа, судоходством, рыболовством, добычей морепродуктов, а также различных солей и минералов (залив Кара-Богаз-Гол). В настоящее время основным ресурсом региона являются нефтегазоносные месторождения. Наряду с уже разрабатываемыми, разведано около трех десятков месторождений в береговой зоне всех прикаспийских государств и непосредственно в море. По запасам нефти Прикаспийский регион занимает одно из первых мест в мире, запасы оцениваются не менее чем в 15-20 млрд. т (газа около 6 млрд м³), но учитывая слабую изученность региона, запасы могут оказаться существенно большими. Добыча нефти производится пока в очень небольших объемах – менее 20 млн. т в год, в том числе около половины – непосредственно с морских месторождений. Уже сегодня добыча нефти на Каспии составляет 2.3 % от мировой. Разведанные только в последнее время в северной части побережья моря запасы нефти и газа превышают многие крупнейшие в недавнем прошлом месторождения России и Средней Азии (Болгов и др., 2007).

История добычи нефти на Каспии началась в 1848 г., когда была впервые пробурена нефтяная скважина в Азербайджане. С 1870-х годов началось коммерческое производство нефти в Азербайджане. К началу XX века уже перерабатывалось 11.5 млн т нефти в год. К

1975 г. две трети азербайджанской нефти было получено с шельфовых месторождений. До 1960-х годов Казахстан, Туркменистан и Россия ориентировались на сухопутную добычу нефти. В 1961-1965 гг. началась добыча туркменской нефти с шельфа моря. Если в XIX и начале XX века основная добыча нефти приходилась на Азербайджан, то к 1990-м годам и другие страны начали интенсивную добычу (табл. 2.3).

Таблица 2.3. Добыча нефти Прикаспийскими странами, тыс. баррелей в день. Источник: Зонн, 1999.

Страна	1990	1995	1996
Азербайджан	259.3	180.0	198.7
Казахстан	602.1	410.0	532.1
Туркменистан	1243.8	90.0	103.9
Иран	0	46.0	0
Россия	62.0	61.6	52.0
Всего	1048.2	787.6	886.7

Развитие добычи и транспортировки нефти уже в конце XIX века способствовало загрязнению Каспия сначала с суши, когда первые промышленные и нефтеперегонные заводы начали сбрасывать в Бакинскую бухту стоки, содержащие нефть и высокотоксичные отходы ее переработки. Особенно были загрязнены районы Апшеронского полуострова, Челекена и полуострова Мангышлаг. С 1980-х годов загрязнение распространилось повсеместно. По расчетам, с момента открытия нефти в море поступило более 2.5 млн т сырой нефти (Салманов, 1999). Средняя концентрация нефтяных углеводородов превышает норму для рыбохозяйственных водоемов в 1.5-2 раза. Наибольшая степень нефтяного загрязнения характерна для юго-западной части Среднего и северо-западной части Южного Каспия. Серьезным источником загрязнения этого района является Бакинская бухта и Сумгаитское взморье, где уровень содержания нефтепродуктов в воде периодически достигает 40 ПДК. Эти районы почти полностью потеряли рыбохозяйственное значение (Зонн, 1999). Бакинская бухта – это настоящая кладовая нефтепродуктов. Грунт здесь насыщен нефтью до глубины 3.5-5.7 м, поверхностный слой грунта (20-25 см) на 67% общего веса состоит из нефтепродуктов. Значительным источником загрязнений служат также сбрасываемые воды судов ряда крупных каспийских портов (Баку, Махачкала, Туркменбаши и др.).

В изменении экологической ситуации Каспийского моря существенное значение имеет хи-

миическое загрязнение. В списке ядохимикатов, поступающих в Каспий, отмечается свыше 150 веществ. Свою лепту в загрязнение вносят нефтехимические, металлургические комбинаты, уранообогатительные объединения Туркменистана, Казахстана.

В загрязнении Каспийского моря, особенно Северного Каспия, речной сток является основным носителем загрязняющих веществ. Особое место занимает Волжская речная система, обеспечивающая 80% стока воды в Каспийское море. Техногенное воздействие на природную среду водосборного бассейна превратило Волгу в Главный коллектор сточных вод России. Около 85% нефти и фенолов, около 80% СПАВ, основная масса тяжелых металлов и ДДТ привносятся в Каспий Волгой, Уралом, Тереком и Курой. Всего в Каспий за 1978-1991 гг. поступало (в тыс. т): нефтепродуктов – более 100, фенолов до 1, СПАВ – более 3, меди и цинка – 9. Кроме того, поступили другие тяжелые металлы, пестициды, различные кислоты. Недаром в 1992 г. бассейн Волги и прибрежные территории Каспия были названы «зонами экологической катастрофы» (Зонн, 1999).

Остановить загрязнение Каспийского моря чрезвычайно сложно и не только из-за политических и экологических разногласий Прикаспийских стран, но и из-за высокой плотности населения в этом регионе и высокого уровня развития промышленности. Здесь сосредоточено около 200 крупных городов (таких как Астрахань, Махачкала, Баку, Туркменбаши и других) с более чем 220 источниками промышленных загрязнений. Общая численность населения, проживающего на побережье, составляет около 10 млн. человек. Наверное, трудно найти на планете другой водоем, который бы подвергался такой жесточайшей антропогенной нагрузке.

Основные проблемы Каспия

Совокупность многих негативных факторов привела к неустойчивому развитию и даже в ряде районов потере способности к самоочищению Каспийского природного комплекса, поэтому экологические проблемы вышли на первый план для понимания и решения этого процесса. Однако, эти проблемы в настоящее время невозможно решить без урегулирования социально-экономических и геополитических отношений Прикаспийских государств.

Экологические проблемы Каспийского моря связаны с его физико-географическими условиями, основными из которых являются замкнутость водоема и большой объем поступающего речного стока. Антропогенная нагрузка на экосистему Каспия происходит на фоне многообразных природных процессов. В первую очередь это изменение уровня моря, а также морфолитодинамические процессы в прибрежной зоне, сейсмическая активность, неотектонические сдвиги и др. (Глазовский, Зонн, 2006). Нефтехимическое загрязнение – самое распространенное и наиболее опасное для Каспия. История нефтяного освоения Каспия одновременно является историей его загрязнения. Воздействие нефтегазодобывающего производства не наземные и морские экосистемы и их биоресурсы имеет комплексный характер. Добывающие нефтяные платформы на шельфе становятся источником разностороннего загрязнения пластовыми водами, буровыми шламами и растворами с высоким содержанием нефтепродуктов, тяжелых металлов, радионуклидов и др. Влияние сбросов и сливов при нормальном режиме буровых работ может распространяться в радиусе 3-12 км от места бурения, хотя нельзя не учитывать и масштабные аварии, которые происходят довольно регулярно. Локальные сильные загрязнения, а также превышение ПДК по углеводородам в 1.5-2 раза в целом по Каспию уже начали негативно сказываться на его биоте. Были зарегистрированы гибель 30 тыс. водоплавающих птиц в районе заповедного острова Гель в 1998 г., более 40 тыс. тюленей – в 2000 г., замор нескольких тысяч тонн кильки в Среднем и Южном Каспии в 2001 г.

Последствием процесса загрязнения Каспийского моря является и заболевание осетровых – миопатия, а именно расслоение мышц и ослабление оболочки икры, которое приобрело массовый характер в 1990-х годах. Различные физиологические и биохимические аномалии отмечены у 60% осетровых, в 1988 г. от этого заболевания на Нижней Волге погибло 8.5 тыс. голов производителей осетровых. Кроме того, у многих гидробионтов присутствуют разнообразные паразиты, опасные для здоровья людей (Салманов, 1999). Еще одной причиной сокращения запасов осетровых является крупномасштабное браконьерство, при этом в море интенсивно подвергается вылову идущая на нерест популяции осетровых. Хищнический

лов осетровых привел к невозможности обеспечить рыболовные заводы нужным количеством производителей, необходимых для их искусственного воспроизводства. Проблема рационального использования осетровых Каспия превратилась в проблему сохранения и воспроизводства их запасов и видового состава. В 1990 гг. их численность, промысловые запасы и объем вылова значительно уменьшился (табл. 2.2).

Основным поставщиком загрязняющих веществ - нефти и фенолов (самых распространенных загрязнителей Каспия), а также СПАВ, тяжелых металлов, хлорорганических соединений и др. является речной сток. Важнейшая экологическая функция речного стока, влияющая на состояние морской экосистемы – биогенный и органический сток, увеличение которого приводит к антропогенному эвтрофированию Каспия, причем в Северном Каспии ему подвержено почти 60% площади, что сопровождается формированием дефицита кислорода в придонных слоях. В последнее время на Каспии отмечается рост загрязнения тяжелыми металлами, основная масса которых также поступает с речным стоком. Высокое содержание тяжелых металлов отмечается в местах сброса промышленных сточных вод.

Угрозу биоразнообразию Каспийской экосистемы в последние годы наносят стихийные вселенцы, занесенные в Каспий из Азово-Черноморского бассейна по Волго-Донскому судоходному каналу с балластными водами танкеров. В середине 1990-х гг. около туркменского и азербайджанского побережья были обнаружены медуза *Aurelia aurita*, планктонный рачок *Penilia avirostris* и гребнивик *Mnemiopsis leidyi*. Наиболее опасным вселенцем является гребнивик мнемипсис, который не имея в каспийской экосистеме естественных врагов занял в пищевой цепи место планктоноядных рыб. Поедая пригодный на корм рыбе зоопланктон, он лишает кильку кормовой базы, что приводит к ее гибели. К началу 2001 г. уловы кильки сократились в 3-4 раза. Последствия этого могут быть катастрофическими, поскольку килька является важным компонентом, связанным с питанием осетровых рыб. Каспийский тюлень также питается преимущественно килькой, и ее исчезновение может привести к резкому сокращению или даже к полному вымиранию на Каспии этого

животного (Аладин, Плотников, 2000, Глазовский, Зонн, 2006).

Разработка путей решения экологических проблем часто вызывает политические трения среди Прикаспийских государств. К геополитическим проблемам Каспийского региона, прежде всего, относятся определение международно-правового статуса в сфере природоохраны, недропользования, географии углеводородных поставок, маршруты их транспортировки, а также география транспортных коридоров. Для стран Каспийского региона (кроме России и Ирана) углеводороды играют огромную роль в стратегии экономического развития. Удельный вес топливно-энергетического комплекса в общем промышленном производстве составляет в Азербайджане 73% (в 1991 г. - 16%), в Казахстане - 42% (в 1991 г. - 13%), в Туркменистане – 37% (в 1991 г. - 34%). Усиление промышленного развития превращает вопрос о предельно допустимом уровне антропогенной нагрузки на экосистему Каспия в ключевую проблему экологической стратегии государств региона. Однако до сих пор не подписаны соглашения о сохранении и использовании биоресурсов Каспия, хотя все страны понимают необходимость такого соглашения, возникают разногласия по вопросам эксплуатации этих биоресурсов.

Каспийское море в настоящий период с трудом справляется с антропогенной нагрузкой и дальнейшее ее увеличение грозит большой опасностью для сохранения его биоресурсов. Экологическое благополучие Каспия зависит от выполнения общих, согласованных между всеми Прикаспийскими странами, мероприятий, совместного контроля и заботы об экологической ситуации в море.

2.2. ОЗЕРО МАРАКАЙБО

Озеро Маракайбо – крупнейшее озеро Южной Америки, расположенное на западе Венесуэлы (рис. 2.5). Площадь его водного зеркала составляет около 12000 км², объем заключенной воды - 245 км³. Озеро имеет уплощенное дно со средней глубиной - 26 м и максимальной глубиной - 34 м (Laval et al. 2005; Parra-Pardi 1983). Площадь водосбора около 89000 км². Координаты озера: 9°00'-10°58'с.ш.; 71°01'-72°06'з.д., урез воды находится на уровне моря.

Оз. Маракайбо одно из наиболее древних озер на Земле, его возраст оценивается в 36 млн. лет.

Оно расположено в синклинальном бассейне и с трех сторон окружено горами. Депрессия, которую занимает озеро, образована в Оligоцене и не меняла с тех пор своих размеров, однако площадь, занятая водой, по своим размерам варьировала. Основные седиментационные отложения, свидетельствующие о непрерывном чередовании морских, приливных и пресных вод, чередуются с отложениями сухопутного материала (Sarmiento et al., 1962, Escalona et al., 2003).



Рис. 2.5. Озеро Маракайбо. Источник: <http://www.worldatlas.com>

Озеро соленое, соединенное с Венесуэльским заливом и, через него, с Карибским морем мелким проливом Маракайбо и заливом Табласо. Зал. Табласо является мелководным заливом, прилегающим к барьерному бару и островам, и пересечен углубленным каналом. Длина залива 40 км при ширине 5-7 км и глубине 15 м. Топография пролива, соединяющего оз. Маракайбо с Венесуэльским заливом свидетельствует о том, что в недавнем времени озеро находилось выше уровня моря, и что его вода была пресной. Углубленное корыто вдоль западной части пролива представляет собой остаток русла реки, которая ранее дренировала озеро. Для погружения пролива до его современного уровня потребовалось увеличение уровня моря на 15 м, что и произошло за последние 8000 лет.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Первые поселения на оз. Маракайбо были построены индейцами гаджиро, говорящими на арауканском языке. Европейцами озеро было открыто в 1499 г. Прибывший в Южную Америку на флотилии Америко Виспутчи, Алонса де Охеда, обнаружив озеро, дал местности название Венесуэла - «Маленькая Венеция», которое стало названием страны. В 1525 году император Карл V в уплату за долг в 12 бочек золота передал на 30 лет право управления Венесуэлой немецким банкирам Вельзерам. Присланный банкирами губернатор в 1529 г. основал на северо-западном берегу озера порт Маракайбо. В последующие четыре столетия город Маракайбо мало изменялся, пока в начале XX в. в регионе не были обнаружены колоссальные месторождения нефти. Месторождения начали эксплуатироваться с 1914 г., первые скважины были пробурены компанией Bataafsche Petroleum Me. Быстро развивающаяся нефтедобыча привела к стремительному развитию региона. На месте небольших деревень, разбросанных по побережью озера, возникли поселки нефтяников, развившиеся со временем в города Роса, Кабимас, Лагунильяс, Ла-Салина. Их инфраструктура практически полностью была подчинена нефтедобычи. В Эль-Табласо, недалеко от г. Маракайбо, был построен крупнейший нефтехимический комбинат. А сам г. Маракайбо превратился в нефтяную столицу и второй по величине город Венесуэлы, в котором активное развитие получили различные отрасли промышленности.

Озеро играет важную роль в экономике Венесуэлы. Нефтедобыча является наиболее прибыльной отраслью экономики страны, вследствие чего озеро служит источником ее благосостояния. Норма нефтедобычи составляет около 500 млн. баррелей/год (Gundlach et al., 2001) и является одной из наиболее высоких в мире. Через озеро проходит морской путь в порты Маракайбо и Кабимас, для обеспечения навигации прорыт канал, позволяющий заходить в озеро океанским судам. Грузы, перевозимые через озеро, включают нефть, уголь, цемент, зерно и др. Построенный в 1962 г. через пролив к морю мост Генерала Рафаэля Урданеты, имеющий длину около 8 км, является одним из самых длинных мостов в мире.

Среднегодовые параметры климата, оз. Маракайбо

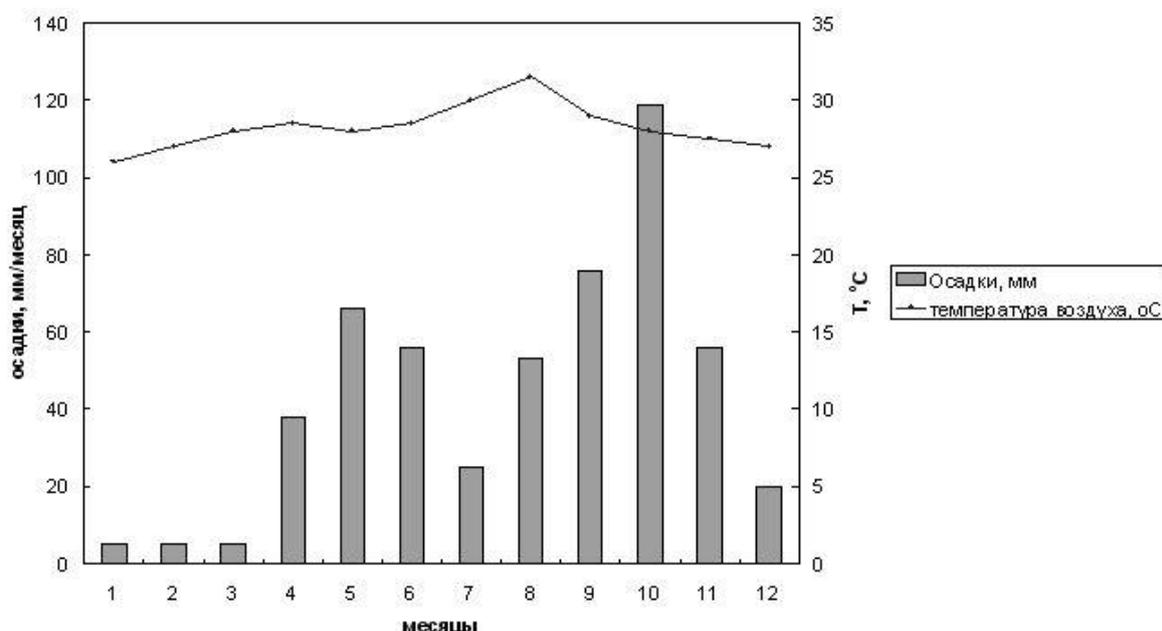


Рис. 2.6. Среднегодовые параметры климата, ст. Маракайбо.

Климат. Характеристики термического режима

Бассейн озера располагается в жарком, гумидном климате. Среднегодовое количество осадков в регионе составляет 1270 мм, а среднемесячные температуры воздуха в течение года варьирует в пределах 26-31°C (рис. 2.6). Температура воды в озере незначительно изменяется как по времени, так и по площади, а также по глубине. Различия по площади составляют не более 0.5°C. Некоторая наблюдаемая разница температуры связана, прежде всего, с разницей солености. Температура эпилимниона в северной части озера составляет 30±1°C с минимумом в феврале и максимумом в сентябре. При наличии соленого гипolimниона температура у дна в центральной части озера составляет около 28.5°C. Когда соленый гипolimнион отсутствует вода озера изотермальна.

Характеристики водного режима и водного баланса

Оз. Маракайбо питается водой 30 рек, крупнейшей из которых является р. Кататумбо, впадающая с юго-запада, ее среднегодовой расход составляет около 1600 м³/сек (Laval et al. 2005) или около 60% от общего притока в озеро. При этом общая величина речного при-

тока оценивается в 52 км³/год или около 1/6 от объема заключенной в озере воды. Речной приток значительно варьирует как в многолетнем разрезе, так и по сезонам. Максимум стока наблюдается в конце весеннего (май) и осеннего (октябрь-ноябрь) сезонов, а минимум - зимнего сезона (январь-март) (Findikakis et al., 2001).

Отток воды происходит через пролив Маракайбо в Венесуэльский залив Карибского моря. Кроме оттока через пролив происходит также и поступление в озеро соленой морской воды. Объем поступающей соленой воды зависит от комбинации факторов, включающих приливные явления, величину пресного речного притока, атмосферное давление и направления и скорости ветров в регионе. При небольшом пресном притоке, благоприятных баротропных условиях и северных ветрах клин соленой воды может продвигаться на значительное расстояние. В результате перемешивания более тяжелая соленая вода, входя в озеро, перетекает вдоль дна, формируя соленый гипolimнион. В то же время в эпилимнионе вода, управляемая ветром, циркулирует в направлении против часовой стрелки со скоростью 2 км/час (Redfield, Earleton Doe, 1964). В годы повышенной водности сток из озера увеличивается и начинает преобладать над соленой водой.

Приток морской воды в озеро был значительно облегчен после того, как к началу 1960-х годов был переуглублен судоходный канал, связывающего озеро с Карибским морем, в результате соленость озерной воды во второй половине XX в. резко возросла.

Основные характеристики качества вод

Оз. Маракайбо характеризуется солоноватой водой (1000-2000 мг/л) с высоким содержанием хлора, его концентрация в гиполимнионе приблизительно в 4 раза выше, чем в эпилимнионе. Опреснение эпилимниона происходит, прежде всего, за счет поступления речной воды в южную часть озера (Redfield, Earlston Doe, 1964). До переуглубления канала содержание хлора в озерной воде варьировало около среднего значения 750 мг/л. В годы с низкими осадками на водосборе наблюдалось его повышение до 1200 мг/л (1948 г.), а в годы интенсивных осадков - снижение до 425 мг/л (1938 г.) (Friedman et al., 1956). При длительном сохранении интенсивных осадков могло происходить практическое исчезновение соленого гиполимниона, однако при этом наблюдалось повышение солености по всей глубине к центру озера и ее снижение у берегов. После завершения гидротехнических работ по углублению канала, связывающего озеро с Карибским морем, соленость озерной воды существенно повысилась. В канале, соединяющем озеро с морем, градиент солености увеличивается по направлению к морю.

Озеро Маракайбо известно своей исключительной продуктивностью, являющейся источником накопления большого количества отмершего органического вещества, отлагающегося в гиполимнионе. Фосфор и другие биогенные вещества попадают в озеро с водосбора и аккумулируются в скелетах организмов, осаждаемых на глубине. Содержание общего фосфора в эпилимнионе составляет около 1.4 мкг-атом/л, тогда как с глубиной оно увеличивается до 7 мкг-атом/л. Концентрация фосфора в водах озера превышает его содержание в Венесуэльском заливе. Две трети фосфора представляет его органическая форма.

Из-за высоких концентраций органического материала, кислорода, растворенного в воде, становится недостаточно для его окисления, в результате глубинные воды в центре озера аноксичны и содержат гидроген сульфид. Постоянные бескислородные условия гиполимниона приводят к денитрификации нитратов и

выпуску фосфата из донных отложений в водную колонку. Поскольку тепловая стратификация озера очень слабая, стратификация плотности определяется, прежде всего, стратификацией солености, которая многими, в результате, рассматривается как первичный источник бескислородных условий гиполимниона (Findikakis et al., 2001). Необходимо отметить, что на бескислородные условия гиполимниона было указано еще в ранних работах по озеру (Gessner, 1953), до углубления канала, когда соленость его вод была существенно ниже. После углубления канала, объем аноксичных вод значительно увеличился.

Органические отложения, представленные в донных осадках, связаны с аноксичностью гиполимниона. Органический углерод и сера в них увеличиваются по направлению к центру озера. Содержание фосфора, напротив, в аноксичных районах снижается (Redfield & Doe, 1964).

Основные биологические особенности

Озеро Маракайбо, известное своей высокой биологической продуктивностью. Согласно мнению Gessner (1953) оно может являться одним из наиболее богатых озер по разнообразию фитопланктона. Уже в середине XX в. в фитопланктонном сообществе преобладали сине-зеленые водоросли вида *Microcystis*. Фитопланктон характеризовался крайне неоднородным распределением как по площади, так и с глубиной, в значительной степени определяемым градиентом солености (Gessner, 1953).

Озерная фауна представлена 7 основными группами: двустворчатые моллюски, брюхоногие моллюски, десятиногие ракообразные, усоногие ракообразные, кольчатые черви, бокоплав, равноногие ракообразные и плоские черви (Rojas et al., 1996). Наиболее многочисленны мидия *Mytella maracaiboensis*, неритида *Neritina reclivata*, корабельный червь *Psiloteredo healdi*, мелкий краб *Rhithropanopeus harrisi*, баянус *Balanus amphitrite*, nereис *Nereis* sp., анопила *Anopsilana crenata*.

Озеро богато рыбой, однако в связи с увеличивающимся токсическим загрязнением рыбная ловля на озере постепенно исчезает. Еще на начало XXI в. здесь работало около 20000 рыбаков.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

На берегах оз. Маракайбо проживает более 5 млн. человек. Только в г. Маракайбо на сегодняшний день насчитывается более 1.5 млн. жителей. Значительная часть населения региона занята в сельском хозяйстве, на выращивании сахарного тростника и какао, а также в животноводстве. На водосборе развиты предприятия горно-добывающей промышленности. На озере идет активный лов рыбы. Однако, основным занятием проживающего на побережье населения в последние 100 лет является нефтедобыча (рис. 2.7). На озере построено более 12000 платформ, связанных 15100 км трубопроводов (Gundlach et al., 2001). Близ города Ла-Салина, возведен искусственный бетонный остров площадью 48 га, на котором возник новый порт по вывозу нефти. Инфраструктура, направленная на транспортировку нефти в регионе, оценивалась на начало 2000-х гг. в 2 млрд. долларов (Findikakis et al., 2001).



Рис. 2.7. Нефтедобыча на озере. Фото агентства Reuters.

Наряду с нефтедобычей в быстро растущих городах, и, прежде всего, в самом крупном на побережье г. Маракайбо происходит развитие различных отраслей обрабатывающей промышленности. Только за последние 20 лет население г. Маракайбо выросло фактически вдвое с 890 до 1600 тыс. человек (Kiage et al., 2009)

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Огромной проблемой оз. Маракайбо является длительная (уже около столетия) разработка нефтяных месторождений в его акватории.

Проблема еще больше усилилась после строительства в конце 1950-х – начале 1960-х гг. порта Пуэрто Миранду. Для успешного функционирования порта был прорыт канал глубиной около 13 м, что увеличило приток соленых вод в северную часть озера. К северу от порта был построен огромный нефтехимический комплекс Эль Табласо. Строительство порта и комплекса сопровождалось увеличением численности населения г. Маракайбо и, вследствие этого, масштаба сточных вод, разгружаемых в озеро. В результате нефтедобычи и нефтепереработки, а также огромного количества плохо очищенных сточных вод, вода озера характеризуется высоким содержанием токсических веществ. Наблюдения со спутников подтверждают наличие регулярных нефтяных пятен на поверхности озера (Hu Ch et al., 2003). Согласно данным PDVSA (1998) на озере с начала 1995 г. по осень 1998 г. было пролито около 3850 баррелей нефти, причем основные разливы происходили из-за аварий на трубопроводах. При удвоении нефтедобычи, произошедшей на озере с 1971 по 1998 г. количество аварий выросло приблизительно на 25%. Однако в силу повышения экологического контроля над предприятиями нефтяного комплекса, объемы разливов существенно снизились (Gundlach et al., 2001). Практически все нефтяные пятна достаточно быстро убирались, однако регулярные разливы успевают нанести значительный ущерб экологии озера.

Еще одной опасностью, связанной с нефтедобычей, является наблюдаемое в последние годы понижение дна оз. Маракайбо, происходящее в результате значительных объемов откаченной за столетие нефти. Для предотвращения вторжения морских вод, связанного с понижением дна, правительство Венесуэлы было вынуждено построить глиняную плотину. Предполагается, что в сейсмически неустойчивом районе плотина представляет значительную опасность. В случае ее разжижения она погребет под собой часть побережья с проживающими на нем жителями.

Наряду с нефтедобычей и промышленным загрязнением, значительное воздействие на экологию озера оказывают сточные воды, поступающие с речным стоком с плотно заселенного водосбора. Около 85% сточных вод Венесуэлы поступают в водоемы без соответствующей очистки (Leng et al., 2004). В результате в озеро попадают бытовые,

промышленные и сельскохозяйственные стоки, загрязненные, прежде всего, биогенными веществами. Наложение дополнительного биогенного притока на естественный высокий уровень содержания биогенных веществ в озере приводит к его крупномасштабной эвтрофикации. Согласно Gundlach et al. (2001) около 10% поступления в озеро фосфора происходит за счет стоков г. Маракайбо, остальные 90% поступают с речным стоком с водосбора.

Одним из наиболее ярких проявлений эвтрофирования оз. Маракайбо явилось наблюдавшееся в 2004 г. крупномасштабное распространение ряски *Lemna obscura*, покрывавшей в начале летнего сезона около 15 % площади его поверхности (Leng et al., 2004) в его северной и северо-западной части или около 135 млн м³ воды (Kiage et al., 2009). Быстрое распространение макрофита вызвало неудобства для судоходства, особенно для небольших рыболовных судов (Campbell, 2004). Несмотря на предпринятые меры борьбы, макрофит продолжал быстро распространяться (рис. 2.8). Никакие химические или биологические способы борьбы действенны не были, единственным продуктивным методом оказался механический сбор сорняка с его последующим удалением. В результате правительство Венесуэлы было вынуждено ежемесячно тратить около 2 млн. долларов на очистку озера (Kiage et al., 2009). Государственная компания «Петролеос де Венесуэла» создала фонд очистки озера размером 750 млн. долларов (рис. 2.9). Особенно сложным оказался сбор сорняка в центре озера, для которого было необходимо использование специально оборудованных судов.

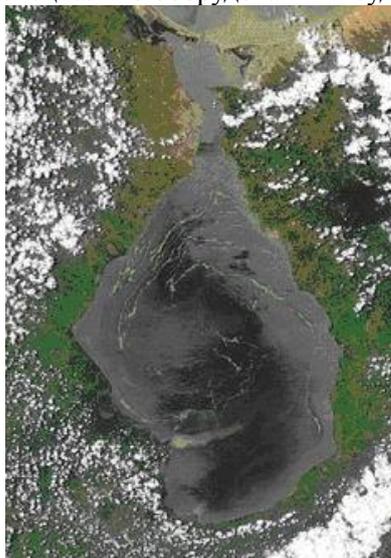


Рис. 2.8. Оз. Маракайбо в период цветения *Lemna obscura*. Фото NASA



Рис. 2.9. Уборка сорняка на оз. Маракайбо. Фото из ст. Leng et al., 2004

Сорняк, родиной которого являются пресные водоемы Техаса и Флориды, вероятно, попал в озеро на днище приходящих в Венесуэлу судов. По ряду гипотез вспышка 2004 г. была вызвана дождливой весной, в течение которой существенно увеличился пресный приток в озеро. Более легкая пресная вода, как описано выше, концентрируется в эпилимнионе, тогда как биогенные вещества скапливаются в глубинных соленых слоях. Чрезмерный приток пресной воды вызвал частичное перемешивание слоев с последующим поступлением биогенных веществ к поверхности, что и явилось причиной столь масштабной вспышки.

В 2006, а затем в 2007 гг. проблема с распространением ряски *Lemna obscura* повторилась, хоть и не в столь крупных масштабах. Эти вспышки также следовали за дождливыми веснами. Максимальное распространение сорняка в летний сезон составило 7% площади озера (Kiage et al., 2009). Покрову макрофита в очередной раз была подвержена северная, наиболее индустриально освоенная, часть водоема.

Доминирует точка зрения, что ряска безопасна для рыб, однако ее активный рост и последующее разложение снижает запасы кислорода в воде. При определенных условиях в ней могут концентрироваться тяжелые металлы и бактерии, такие как сальмонелла и холерный вибрион. Однако, несмотря на это, возможно ее полезное использование в качестве корма для птицы или при производстве бумаги (Leng et al., 2004).

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

Меры, необходимые для улучшения эколо-

гического состояния озера можно разделить на две группы (Findikakis et al., 2001):

- инженерные решения, предполагающие изменения батиметрии водоема и направленные на снижение солености озера и, соответственно, градиента плотности, ответственного за аноксичность гипolimниона;
- меры по управлению водосбором, включающие строительство очистных сооружений и контроль за точечными и площадными источниками загрязнения, позволяющие снизить, прежде всего, биогенную нагрузку на озеро.

Снижение солености озерной воды, кроме улучшения экологического состояния водоема позволит также использовать ее для ирригационных нужд. Предлагаются инженерные решения, как без навигационных ограничений, так и с частичными навигационными ограничениями и даже с закрытием канала. Последние варианты предполагают, однако, огромные изменения местной инфраструктуры и частичное переселение жителей, что практически исключает их реализацию. На сегодняшний день меры по управлению водосбором являются более рентабельными и эффективными, нежели инженерные решения. Однако в оптимуме должны быть приняты меры, относящиеся к обеим группам.

2.3. ОЗЕРО НИКАРАГУА (КОКИБОЛЬКА, МАР ДУЛЬЧЕ)

Озеро Никарагуа – самое крупное озеро Центральной Америки, расположенное в Никарагуа (рис. 2.10). Исконное название озера – Кокиболька или Мар Дульче, что означает "сладкое море". Его координаты: 11°00'-12°05'с.ш.; 84°46'-85°56'з.д., урез воды находится на высоте 32 м над уровнем моря. Озеро имеет достаточно правильную овальную форму. Его морфометрические характеристики сильно различаются у разных авторов. Согласно данным Ahlgren I., et al. (1995), представляющимся наиболее точными, площадь зеркала озера составляет 7700 км², его средняя глубина – 13 м, максимальная – 43 м, объем заключенной воды – 108 км³. На озере расположено множество островов, в том числе наиболее крупные острова вулканического происхождения - о-в Ометепе, состоящий из двух вулканов Мадера и Консепсьон, и о-в Запатера.

В юго-восточной части находится архипелаг Солентинаме, состоящий из 36 островов, также вулканического происхождения, а на северо-востоке – архипелаг Нанситал. В центральной части озера близ крупных островов разбросано множество мелких, входящих в группу Гранадских островов.



Рис. 2.10. Озеро Никарагуа.

Чаша озера имеет тектоническое и вулканическое происхождение, одновременно. Регион, где оно расположено, подвержен частым землетрясениям и вулканизму. Над озером поднимается ряд вулканических конусов, самым высоким из которых является действующий влк. Консепсьон (1557 м), извержения которого были отмечены уже в XXI в. Полоса невысоких гор (до 900 м) отделяет озеро от Тихого океана. Согласно мнению геологов ранее на месте озера был большой морской залив, со временем благодаря тектоническим движениям проход к морю закрылся, и образовалось современное озеро.

Площадь водосбора системы оз. Манагуа – оз. Никарагуа – р. Сан-Хуан - составляет 41000 км² из которых около 70% расположено в Никарагуа и около 30% - в Коста-Рике (Montenegro-Guillén S. 2003). При этом частный водосбор оз. Никарагуа составляет 23844 км², Манагуа – 6692 км², р. Сан-Хуан – 10937 км². В пределах водосбора распространены разнообразные ландшафты - от тропических переменно-влажных и влажных лесов в пониженной части водосбора до субарктических ландшафтов высоко в горах. Значительные площади занимают также луга, заболоченные и сельскохозяйственные

земли. Из-за большого диапазона экосистем и связанных с ними сред обитания водосбор озера отличается богатейшей биологической вариативностью.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

В доиспанский, доколониальный период на побережье озера Никарагуа проживали индейские племена, в том числе ацтеки. Европейцы появились в регионе в начале XVI в., и с 1522 г. началось активное завоевание территории. В 1524 г. на северо-западном берегу озера был основан первый никарагуанский город – Гранада. Поскольку на территории Никарагуа не было обнаружено крупных месторождений ни золота, ни серебра, регион превратился в аграрную колонию Испании. С конца 16-го века для работы на плантациях (индиго, сахарного тростника и какао) стали завозить из Африки негров-рабов, хоть их рабочая сила использовалась здесь в сравнительно небольших масштабах. С 1570 по 1821 годы Никарагуа находилась в составе испанского генерал-капитанства Гватемала. Ее территория была поделена между помещиками-латифундистами, которые практиковали энкомьенду и пеонаж. Согласно энкомьенде местные жители «поручались» к энкомьендеро и обязаны были платить налог и выполнять повинность (работа на рудниках). Пеонаж предполагал наличие также обширного класса зависимого или полужависимого крестьянства, преимущественно подёнщиков, исполняющих барщину или платящих оброк.

В XIX в. на территории Центральной Америки начались активные войны за независимость. В результате этих войн территория Никарагуа в 1821 г., после провозглашения независимости от Испании, была включена в Мексиканскую империю, с 1823 по 1838 год – входила в состав Соединённых провинций Центральной Америки, и с 1838 г. была объявлена независимой республикой. Однако большую часть XIX в. страна находилась под сильнейшим влиянием США и Великобритании, а в начале XX в. была оккупирована США. После национально-освободительной борьбы под руководством Сандино страна в 1934 г. возвратила себе независимость, с этого времени начинается длительный период правления клана Сомосы, сменившийся периодом нестабильности, сопровождавшимся гражданскими войнами. В 1990 г. в результате демократических выборов

к власти пришло новое, проамерикански настроенное правительство и период гражданских войн закончился, однако в 2006 г. в результате выборов вновь победил лидер Сандинистского фронта национального освобождения Даниэль Ортега, возглавлявший Никарагуа в 1985—1990 гг.

Озеро Никарагуа играет важную роль в жизни людей, проживающих по его берегам. Оно является источником как питьевого, так и сельскохозяйственного водоснабжения и рыбных ресурсов. Кроме того, озеро и питающие его реки имеют значительный гидроэнергетический потенциал. До строительства Панамского канала через оз. Никарагуа проходил путь, связывающий Атлантический океан с Тихим. После строительства Панамского канала транспортное значение оз. Никарагуа резко снизилось. На сегодняшний день особенно усилилась эстетическая роль озера - оно является прекрасным водоемом, привлекающим своей красотой массы туристов, приносящих местной экономике значительную прибыль.

Климат. Характеристики термического режима.

Регион, в котором расположено озеро, отличается влажным жарким климатом. Количество выпадающих осадков изменяется от 1200 мм/год на северо-западе (Малакатля) до 4000 мм на юго-востоке, в Коста-Рике (верховья р. Рио Фро) (рис. 2.11). Температура воздуха колеблется в пределах 25-32°C. Для озера характерны частые ветры, дующие на запад, в сторону Тихого океана. Периодически случаются мощные шторма. Средне годовая температура воды составляет 29°C.

Характеристики водного режима и водного баланса

Оз. Никарагуа питают многочисленные реки и ручьи, наиболее крупные из которых – р. Туле, Камастро, Тепенагуасапа, Акоюпе, Маяс, Ояте, Малакатя, Фрио и др. Река Типитапа соединяет оз. Никарагуа с соседним оз. Манагуа, однако сток по ней наблюдается лишь в годы высокой влажности. Отток из оз. Никарагуа происходит по р. Сан-Хуан, несущей свои воды в Карибское море, ее средний расход воды составляет 476.6 м³/сек (Montenegro-Guillén, 2003). Несмотря на территориальную близость оз. Никарагуа и Тихого океана, связь между ними отсутствует.

Внутригодовое распределение осадков в бассейне оз. Никарагуа

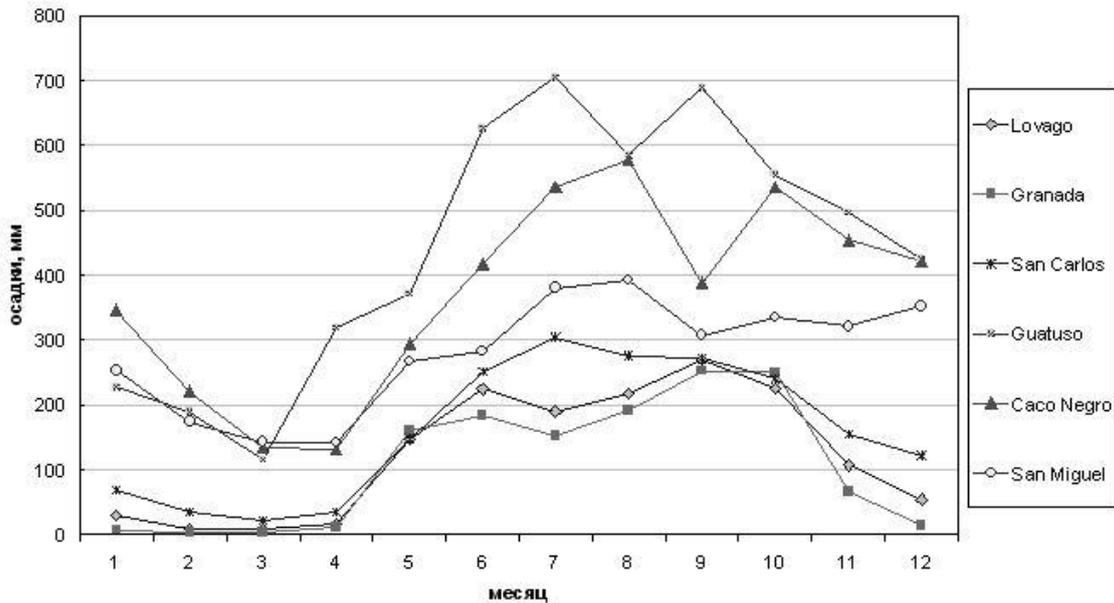


Рис. 2.11. Внутригодовое распределение осадков в бассейне оз. Никарагуа. По данным Montenegro-Guillén, 2003

Приходная часть водного баланса озера на 46% состоит из осадков, выпадающих на его поверхность (12.65 км^3), на 31% из речного стока с водосбора (8.45 км^3), еще 0.16 км^3 периодически поступает из оз. Манагуа, 6.18 км^3 или 22% составляет грунтовый приток. В расходной части водного баланса испарение составляет 46% или 12.6 км^3 , отток - 54% или 15 км^3 (Montenegro-Guillén, 2003).

Годовая амплитуда колебаний уровня воды оз. Никарагуа составляет около 2 м, а за весь период наблюдений - 4.27 м (Montenegro-Guillén, 2003). Минимальный зарегистрированный уровень был отмечен в 1886 г. - 29.57 м, максимальный - в 1861 г. - 33.84 м. Из-за сильных восточных ветров, наблюдающихся в регионе обычно с января по май и достигающих скорости до 40 м/с (Davies, 1976) на озере достаточно часто наблюдаются шторма, придающие ему сходство с морем.

Основные характеристики качества вод

Гидрохимия оз. Никарагуа изучена достаточно слабо. Озеро хорошо насыщено кислородом, особенно в поверхностном слое, где его концентрация составляет 74-173% насыщения, что свидетельствует об активно идущих процессах фотосинтеза (Bussing, 2008). Средне годовая концентрация хлорофилла-а в озерной воде оценивается в 13 мкг/л. По своему

трофическому статусу озеро может быть причислено к категории мезотрофных.

Основные биологические особенности

На озере Никарагуа произрастает богатая водная растительность, в том числе широко распространившийся водный гиацинт (*Eichhornia crassipes*) и водный салат (*Pistia stratiotes*). Оба вида приурочены к устьевым участкам рек, где они формируют обширные заросли. Озерная фауна состоит из представителей подкласса веслоногих ракообразных, отряда ветвистоусых рачков и личинок комаров-звонцов. Средне годовая первичная продуктивность озера высокая и составляет $2300 \text{ мг С/м}^2 \text{ день}$, в том числе бактериальная продуктивность - $625 \text{ мг С/м}^2 \text{ день}$. (Ahlgren I., et al., 1995). Его первичная и бактериальная продуктивность существенно ниже, чем в оз. Манагуа.

В оз. Никарагуа проживает около 45 видов рыбы (Villa, 1971, Davies, 1976), представляющих 27 родов и 16 семейств. Многие виды имеют морское происхождение или толерантны к соленой воде. Кроме того, здесь обитает 16 видов цихлид, в том числе речной вид *Theraps underwoodi* (McCrary et al., 2005). Большинство никарагуанских цихлид являются эндемиками. К эндемикам относится и представитель семейства харациновых - астианакс (*Astyanax cocibolca*) (Bussing, 2008). Среди других видов рода астианакс - широко

распространенный в пресных центрально-американских водах *Astyanax aeneus*. Также в озере распространены планктоноядные виды семейства сельдевых - *Dorosoma chavesi* и отряда атериноподобных - *Atherinella sardina*. (Bussing, 2008), представитель отряда окунеобразных - снук (*Centropomus parallelus*) (Davies, 1976). Среди вселенных видов – искусственно разводимая в клетках на аквафермах тилапия, активно используемая в коммерческих целях.

Однако, основной особенностью оз. Никарагуа является наличие в нем пресноводной акулы (*Carcharhinus nicaraguensis Gill et Bransford*). Это крупная рыба, достигающая 2.5-3 м в длину, родственная бычьей акуле (*C. leucas*). Первые научные сведения об озерных акулах относятся к 1877 г. Акулы оз. Никарагуа отличаются ужасной прожорливостью и агрессивностью. До их активного вылова, начавшегося в 1970-е гг., они водились в озере в больших количествах. К началу XXI в. акулы стали большой редкостью.

Существует несколько теорий попадания акул в озеро, хоть ни одна не имеет строгого научного доказательства. Согласно более старой, геологической, теории ранее на месте озера был большой морской залив, со временем проход к морю закрылся, и образовалось озеро, в котором до сих пор живут акулы, приспособившиеся с годами к пресной среде. Однако данная теория не объясняет, почему акул нет в рядом расположенном оз. Манагуа, также являющимся по геологическим данным остатком морского залива. Причем разница ихтиофауны этих двух озер весьма очевидная.

Согласно второй, более новой теории, акулы проникли в оз. Никарагуа из Карибского моря. По утверждению туземцев в озере обитает два вида акул: краснобрюхая «тинторерос» и белобрюхая «визитанте», или «иммигранте». Туземцы говорят, что «визитанте» мельче и "живей" «тинторерос», так как они приплывают в озеро по р. Сан-Хуан, избилующей порогами. Даже в наши дни туземцы не меньше опасаются акулы из р. Сан-Хуан, чем «тинторерос», проживающей в самом оз. Никарагуа. После подтверждения родства никарагуанской и бычьей акул, теория проникновения акул в озеро из Карибского моря по р. Сан-Хуан считается наиболее правдоподобной (Thorson, 1982). Однако, по данной теории, остается до конца непонятным,

что именно привлекает акул в оз. Никарагуа. Акулы-самки, пойманные в озере, иногда оказывались с зародышами, но размножаются они там или нет, до сих пор неизвестно. По мнению Thorson (1982) размножение акул происходит в устье р. Сан-Хуан, после чего они возвращаются в озеро.

Кроме акулы из морских обитателей в озере встречаются также тарпан (*Megalops atlanticus*) - большая морская рыба из семейства сельдевых, ближайшая родственница акул - пила-рыба (*Pristis perotteti* и *Pristis pectinatus*) и их неизменные спутники – прилипалы.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне

На водосборе оз. Никарагуа проживает чуть более миллиона человек, около $\frac{3}{4}$ из которых живет в Никарагуа и около $\frac{1}{4}$ - в Коста-Рике. Из-за длительного периода гражданских войн и нестабильности, Никарагуа является одной из беднейших стран Центральной Америки с аграрной экономикой, ВВП на душу населения в 2009 году составлял в стране 2800 долларов США. Экономика Коста-Рики базируется на туризме, сельском хозяйстве и производстве и экспорте электроники, ВВП на душу населения составляет в стране 10900 долларов США. Плодородные почвы вокруг озера обеспечивают процветание в регионе сельского хозяйства. Здесь производятся кофе, бананы, сахарный тростник, хлопок, рис, кукуруза, табак и соя. Разводится мясо-молочный скот и свиньи, а также птица. В Никарагуанской части бассейна сельское население составляет 55%, а в Коста-Риканской – 85%. В промышленном секторе имеет развитие переработка сельхозпродукции, пищевая и текстильная промышленность, лесопилки и ряд отраслей добывающей промышленности.

Несмотря на размер озера и его связь с морем, транспортная инфраструктура развита достаточно слабо. Наиболее крупным портовым городом является Гранада, наряду с которым на озере еще три порта: Сан-Карлос, Сан-Хорхе и Сан-Мигель. До строительства Панамского канала существовали планы соединения Тихого и Атлантического океана каналом, проходящим через озеро Никарагуа, так называемого Никарагуанского канала. С этой целью еще в 1830 г. по повелению голландского короля Вильгельма II была произведена первая попытка топографического исследования центрально-американского перешейка. Большинство проектов,

предложенных в середине XIX в., проходили через озеро Никарагуа при этом по одним проектам озеро предполагалось расширить (Бланше), по другим – осушить шлюзами, направив его воду в два океана, и утилизировать осушенное русло для русла канала (Вирле д'Ау). После строительства Панамского канала никарагуанские проекты стали не актуальны, однако периодически они вновь привлекали к себе внимание. Интерес к использованию озера как транспортной магистрали особенно усилился к концу XX - началу XXI века. Проведенное в 1970 г. технико-экономическое обоснование транспортной системы через оз. Никарагуа и р. Сан-Хуан свидетельствовало об экономической и финансовой выгоде такого строительства. Однако, использование водной системы для транспортных целей может ухудшить ее экологическое состояние. Кроме того, планы транспортного строительства входят в противоречие с планами гидроэнергетического строительства на р. Сан-Хуан, которое может сократить норму стока на 1/3, что негативно скажется на навигации (Montenegro-Guillén, 2003).

Оз. Никарагуа является источником воды для питьевых и сельскохозяйственных нужд. По берегам озер Никарагуа и Манагуа и на равнине Леон-Ченандега есть около 742 000 гектаров земли, подходящих для ирригации. Объем доступной воды в этих областях оценивается в 0.745 км³/год, его достаточно для орошения 138 000 га земли (Montenegro-Guillén, 2003). Таким образом, около 600 000 га земли нуждаются в дополнительных водных поставках. С целью решения этой проблемы было предложено много проектов, большинство из которых предполагали использование воды оз. Никарагуа. Так недавняя ирригационная стратегия тихоокеанского региона Никарагуа предполагает переброску вод р. Сан-Хуан в Сан Исидро и поднятие уровня оз. Манагуа за счет переброски в него части воды из оз. Никарагуа по руслу Тамариндо. Это позволит оросить 600 000 га земель, расположенных вокруг и выше озера. Согласно данному проекту предполагается строительство плотин на р. Тамариндо с последующей выработкой электроэнергии. Кроме того, проект позволяет полностью обеспечить питьевые нужды г. Манагуа. Однако, как и большинство других инженерных решений, проект предусматривает заметное снижение уровня воды в р. Сан Хуан, что крайне негативно скажется на

навигации.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

По сравнению со многими крупными центрально-американскими озерами, оз. Никарагуа считается не сильно загрязненным. Однако его экологическое состояние значительно ухудшилось за последние десятилетия. Качество озерной воды тем более важно, что она активно используется в регионе на питьевые нужды. Главную угрозу качеству озерной воды представляют плохо обрабатываемые городские и сельскохозяйственные стоки, токсичные стоки с открытых горных выработок, загрязнение, поступающее воздушным путем, а также сильно распространившиеся на озере в последние десятилетия аквафермы тилапии.

Согласно оценкам выполненным Никарагуанским Институтом природных ресурсов (IRENA), еще в начале 1980-х гг. в озеро ежедневно попадало 32 тонны неочищенных стоков, разгружаемых в питающие озеро реки и непосредственно в сам водоем. С тех пор из-за экономических проблем в стране ситуация на озере не улучшилась, и необходимой очистки стоков по-прежнему не проводится. Среди основных точечных источников загрязнения – города Сан Микелито, Сан Хорхе, Гранада, Хуигальпа, Сан Карлос, Эль Кастильо, Сабалос и Сан Хуан дель Норте. Самым вредным производством была признана «Pennwalt Chemical Corporation».

Большое количество промышленных и коммунальных сточных вод сказалось на ухудшении качества воды озера, прежде всего на увеличении токсического, а также биогенного загрязнения. Кроме промышленных и коммунальных стоков, значительное биогенное загрязнение вызывают также попадающие в озеро сельскохозяйственные стоки. Они содержат огромное количество смываемых с полей удобрений, пестицидов и других химикалий, широко используемых в сельском хозяйстве. В департаментах Чонталес, Боако и Ривас без очистки поступают в воду также практически все стоки животноводства. Сельскохозяйственные стоки попадают, прежде всего, в южную часть озера и в вытекающую из него р. Сан-Хуан. Разгружающиеся здесь реки собирают свои воды не только с территории Никарагуа, но и расположенной южнее Коста-Рики, где сточные воды очищаются также плохо. Согласно материалам исследовательского цен-

тра внутренних вод Никарагуа воды р. Сан-Хуан значительно загрязнены пестицидами, активно используемыми при выращивании бананов.

Вселение в озеро тилапии с целью повышения его рыболовного потенциала и активное ее выращивание в клетках на аквафермах крайне негативно отразилось как на качестве воды, так и на местном населении цихлид, оказавшемся неконкурентоспособным и неприспособленным к новым болезням, принесенным этим видом. Если до вселения тилапии цихлиды составляли более 2/3 общей биомассы рыбы, то сейчас их доля существенно снизилась. Согласно мнению McKaye et al. (1995) из-за вселения тилапии сократились по численности как минимум 16 видов цихлид. Биологическая вариативность водоема пострадала также за счет скрещивания местных видов с тилапиями, сбегавшими с акваферм. В озере искусственно разводится около 5 млн. килограмм рыбы, что вносит в него ежедневно около 40000 килограммов удобрений, которые не могут быть ни собраны, ни дезинфицированы. Такая разгрузка сравнима с необрабатываемыми отходами города с населением около 85000 человек (Homizak J., 2001). С начала 2000-х годов проблеме сокращения биологического загрязнения и сокращения вариативности озера в связи с вселением тилапии было уделено много внимания (McKaye et al. 1995, Homizak J., 2001, McCrary et al., 2005), и было принято решение о пересмотре практики ее разведения.

Коммерческий лов рыбы, в том числе рыбы-пилы, особенно интенсивно развивающийся с 1970-х гг., причинил большой урон рыбным запасам озера. Мясо, получаемое от этих рыб, используется как внутри страны, так и экспортируется за рубеж. Также «сверхэксплуатируется» акула, мигрирующая между Карибским морем и оз. Никарагуа (Thorson 1982). Вылов акулы очень поощрялся, так как она представляла опасность для отдыхающих на озере. К настоящему времени в озере осталось совсем немного акул, которые из-за своей малочисленности уже практически не опасны.

Поскольку местные вулканические почвы характеризуются легкой смываемостью, среди других угроз качеству воды – значительная эрозия, связанная с вырубкой лесов, развитием сельского хозяйства и добывающей промыш-

ленности, дорожным строительством и сведением кустарника в городских поселениях (Montenegro-Guillén, 2003). Большая часть смываемого материала оседает в озере, кроме того, из-за эрозии происходит постепенное заполнение наносами русла р. Саг-Хуан, глубины которой в последние годы снижаются. Информации по количеству приносимых в озеро осадков нет, однако рассчитанные данные по смыву с бассейна для притоков р. Сан-Хуан составляют 817 тонн/км² год для водосбора р. Сан-Карлос и 216 тонн/км² год для водосбора р. Сарапики (Montenegro-Guillén, 2003).

Еще одной угрозой водной среде является развитие на побережье горно-добывающей промышленности, что приводит к утрате водных и прибрежных сред обитания, исчезновению многочисленных разновидностей рыбы, млекопитающих, птиц и беспозвоночных.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

Оз. Никарагуа было признано уникальным природным объектом мирового значения. Расположенный на озере остров Ометепе провозглашен естественным заповедником и памятником культурного наследия страны. В октябре 1994 г. организации UNEP и GS/OAS подписали совместное Соглашение, согласно которому они должны поддержать Коста-Рику и Никарагуа в выполнении Проекта экологического управления и жизнеспособного развития бассейна реки Сан-Хуан. Главными приоритетами проекта явились: управление и охрана водных ресурсов на уровне частных водосборов, сохранение биологической вариативности, стимулирование экономической деятельности, борьба с бедностью и усиление законодательства, позволяющего урегулировать спорные вопросы на водосборе. Под руководством мэров муниципалитетов, окружающих оз. Никарагуа, в январе 2001 г. в коалиции с ведущими представителями законодательной и исполнительной властей разработана дальнейшая программа развития Бассейна р. Сан-Хуана - Стратегическая Программа Действия, защищающая качество воды озер Никарагуа и Манагуа. Однако успешное продвижение программы тормозится ограниченностью финансовых и людских ресурсов, а также недостаточными пока сведениями о процессах, происходящих в озерах.