

Глава 1. КРУПНЕЙШИЕ ОЗЕРА РИФТОВЫХ ОБЛАСТЕЙ

Под рифтами принято понимать крупные линейные впадины в земной коре, образующиеся в местах разрыва коры в результате её растяжения или продольного движения. Протягивающиеся на сотни и тысячи километров рифтовые зоны Земли, являются местом образования наиболее древних и крупных тектонических котловин, занимаемых озерами. Наиболее протяженной является ныне активная система Восточно-Африканских рифтов, огромные расселины-грабены которой простираются более чем на 6 тыс. километров от юго-восточной Турции и северной Сирии до реки Замбези на юге Африки. Ширина образующих её грабенов варьирует от 1-2 до десятков километров. Впадины имеют плоское дно и крутые, обрывистые борта высотой до 1.5-2 км. В пределах Африки Зона Разломов расходится на две ветви: Великие Африканские озера Танганьика, Альберт, Эдуард, Киву расположены по ее западному ответвлению, оз. Турхана (Рудольф) по Восточному, на юге при схождении двух ветвей расположено оз. Ньяса (Малави). Восточно-Африканская Зона Разломов в своём современном виде начала формироваться с олигоцена одновременно с ростом крупных поднятий и горообразованием в восточной части Африки и Аравии, при этом новейшие разломы частично использовали направления более древних разломов, вплоть до докембрийских.

Другой крупнейшей рифтовой системой Земли является Байкальская, так называемый «пассивный рифт» в котором на сегодняшний день практически отсутствует вулканизм и есть только активные тектонические движения и землетрясения. До сих пор нет единого мнения о происхождении Байкальской рифтовой системы, согласно одной из теорий она образовалась в результате сдвигового движения по огромному разлому, пересекающему Евразию с юго-запада на северо-восток, другая теория объясняет ее образование поднятием под рифтом горячей мантии - плюма. Согласно последней теории рифт считается активным, что объясняет достаточно широко развитый четвертичный вулканизм в Монголии. Протяженность Байкальской Рифтовой Зоны составляет около 2.5 тыс км, в ее пределах расположено два крупнейших водоема - оз. Байкал и оз. Хубсугул. Оз. Байкал расположено в самой

глубокой части рифтовой впадины, его наибольшая глубина находится на отметке 1164 м ниже уровня моря.

Отличительной особенностью озер рифтовых областей являются их древность, вытянутость вдоль линии разлома, колоссальные глубины и огромные объемы заключенной воды. Вследствие этого практически все эти озера характеризуются древней богатой и разнообразной флорой и фауной на фоне относительно невысокой продуктивности, и до сегодняшнего дня сохраняют на большей части своей акватории олиготрофный статус. Оз. Виктория, хоть и лежит в пределах Африканской рифтовой зоны, но располагается не в самом разломе. Поскольку оз. Виктория также входит в систему Великих Африканских озер, оно рассматривается в данной главе, хоть его морфометрические характеристики резко отличаются от других рифтовых озер, и, вследствие этого, большинство проходящих в озере процессов имеют совсем иное течение. В отличие от своих соседей оз. Виктория на сегодняшний день глубоко эвтрофный водоем, максимально испытывающий на себе негативные последствия антропогенной деятельности.

1.1. ОЗЕРО БАЙКАЛ

Озеро Байкал – одно из крупнейших пресных озер земного шара, являющегося самым большим хранилищем чистой пресной воды. Исключительная древность этого озера, огромные глубины, своеобразие фауны и флоры, отличающейся глубоким эндемизмом – все это резко выделяет Байкал среди прочих озер и придает ему особый уникальный характер. В 1996 г. оз. Байкал и непосредственно примыкающая к нему территория внесены в список Участков Всемирного природного наследия.

В настоящее время в литературе накопилось огромное число работ, посвященных всестороннему изучению этого озера. Наиболее значимые экспедиции по изучению Байкала начали проводиться уже в XVIII веке и продолжают по настоящее время, причем с 1987 г. на Байкале развернуты крупномасштабные международные исследования. В 1990 г. официально открыт Байкальский международный центр экологических исследований (Грачев, 2002). В последние годы вышел ряд трудов, обобщающих многолетние исследования озера, из них в первую очередь следует

назвать «Атлас Байкала» (1993) и обширный энциклопедический справочник «Байкал. Природа и люди» (2009), в которых отражен уровень современных знаний о Байкале. Тем не менее, Байкал постоянно ставит новые задачи и проблемы, требующие дальнейшего изучения.

Физико-географическая характеристика Байкала

Оз. Байкал расположено в центральной Азии в южной Сибири в районе с резко континентальным климатом, его координаты - $51^{\circ} 29'$ - $55^{\circ} 46'$ с.ш. и $103^{\circ} 43'$ - $109^{\circ} 56'$ в.д. Оз. Байкал и окружающие его горы возникли в результате разломов и передвижения земной коры, здесь проходит граница крупных тектонических структур. Котловина Байкала является центральным, крупнейшим и древнейшим звеном Байкальской рифтовой зоны, возникшей и развивающейся одновременно с мировой рифтовой системой. Байкальская рифтовая зона протянулась более чем на 2000 км от оз. Хубсулуг на юго-западе до р. Олекмы на северо-востоке при общей ширине от 100-150 км до более 300 км. Само озеро расположено в самой глубокой рифтовой впадине суши: его наибольшая глубина находится на отметке 1164 м ниже, а поверхность воды на 456 м выше уровня Тихого океана. Под современной поверхностью дна озера лежит слой озерных осадков мощностью до 4-5 км. Таким образом, Байкальская депрессия является самой глубокой на континентах Земли (Кожов, 1972). Впадины байкальского типа окружают котловину Байкала практически со всех сторон: с северо-запада – Баргузинская, с юго-запада – Тункинская и Хубсугульская (они служат как бы продолжением Байкальской), с севера – Верхне-Ангарская, с запада – Маломорско-Бугульдейская, Онотская и ряд других более мелких впадин. Горные хребты окружают впадины Байкальской системы. На западном побережье к озеру вплотную подходят Приморский и Байкальский хребты, максимальная высота которых 2678 м, с восточной стороны озеро обрамляют хребты Баргузинский, Улан-Бургасы, на юге и юго-востоке – Хамар-Дабан, вершина которого Мунгу-Сардык («вечно снежный») возвышается до высоты 3491 м над уровнем моря. На вершинах хребтов весьма отчетливо видны следы локального, горно-долинного оледенения. За последние 250 тыс. лет было не менее пяти серьезных похолоданий. Байкальская горная область обладает высокой сейсмичностью и это тоже является одной из характерных особенностей этого района.

Основной этап развития озерной котловины приходится на эоцен-нижний плиоцен (55-5 млн лет назад). Возраст Байкала по геологическим исследованиям оценивают в 20-25 млн лет, когда началось заполнение его котловины. Современные очертания Байкал приобрел сравнительно недавно – может быть, несколько миллионов лет назад (Галазий, 1988, История..., 1990).

Современная котловина Байкала представлена тремя впадинами – Южной, Средней и Северной, которые отделяются подводными порогами и перешейками или седловидными формами рельефа (рис. 1.1). Между Северной и Средней впадинами проходит подводный Академический хребет и перешеек между Ушканьими островами и полуостровом Святой Нос, а между Средней и Южной впадинами располагается Бугульдейка – Селенгинский перешеек. По последним данным, максимальная глубина Северной впадины составляет 903 м, Средней – 1637 м и Южной – 1446 м, а средние глубины – соответственно 576, 853 и 843 м. (Байкал ..., 2007).

Среди озер мира Байкал по площади (31570 км²) занимает седьмое место после Каспия, Верхнего, Виктории, Гурона, Мичигана и Танганьики, по глубине (максимальная глубина - 1637 м, средняя -758 м) - первое место, а по объему водной массы (23015 км³) - второе после Каспия. Общий объем содержащейся в Байкале воды составляет около 20% от всей пресной воды планеты, находящейся в ее озерах и реках.

В Байкал впадает более 300 рек и речек, из них крупнейшей является р. Селенга. Она собирает воды через свои многочисленные притоки с обширной территории восточной части Центральной Азии. Водосбор р. Селенги составляет 446.9 тыс. км² и занимает основную часть общего водосбора оз Байкал -588тыс. км² (рис. 1.2). Из других крупных рек следует отметить р. Верхняя Ангара и р. Баргузин. Со всеми притоками Байкал получает около 57.8 км³ воды в год. Время, в течение которого происходит полное замещение вод Байкала водами притоков, составляет 300 лет (Кожов, 1972). Сток из озера осуществляется по р. Ангара, которая течет на север и через 1864 км сливается с Енисеем. Река Ангара зарегулирована плотиной Иркутской ГЭС, поэтому в 1963 г. уровень Байкала повысился на 1.36 м. При наличии плотины Иркутской ГЭС вековые колебания уровня озера составляют 3.1 м.

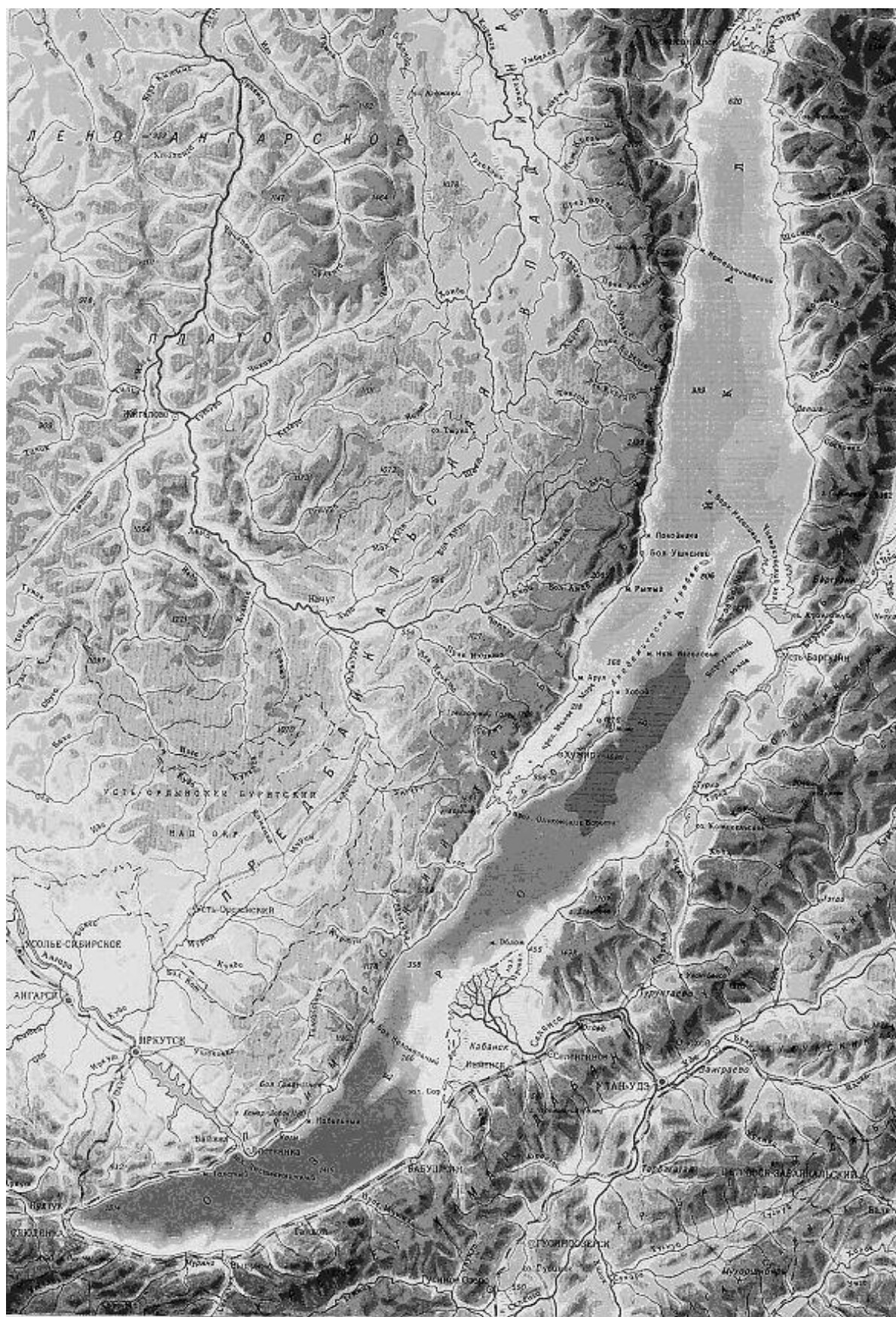


Рис. 1.1. Озеро Байкал. Источник: (<http://baikal.ru/ru/baikal/maps/rezko.html>)

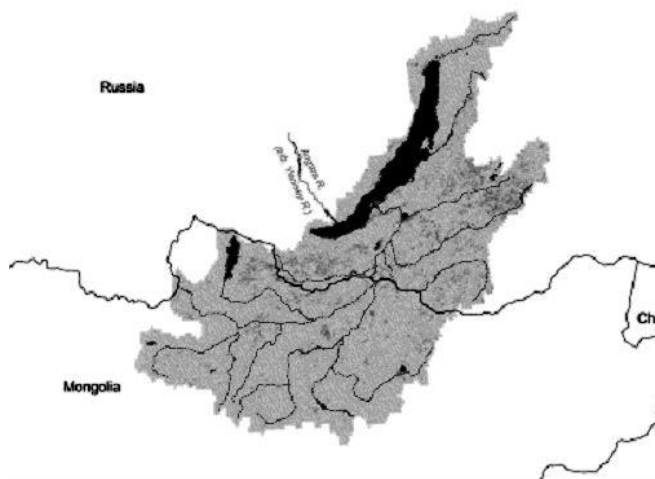


Рис. 1.2. Бассейн оз. Байкал. Источник: Watersheds of the World...

На долю России приходится 53.6% водосбора Байкала, а на долю Монголии – 46.4%. В пределах России 73% площади водосбора Байкала находится на территории Республики Бурятия и Читинской области, где берут начало два крупных правых притока Селенги – реки Чикой и Хилок – 21%. На территорию Иркутской области приходится лишь 6% водосборной площади. Хотя Республика Бурятия занимает значительную территорию водосбора, она не оказывает существенного влияния на экологию Байкала, так как ее промышленный и сельскохозяйственный потенциал невелик. Общее население Республики составляет чуть более 1 млн человек. Потенциальную опасность в качестве источника загрязнения представляет р. Селенга. В верховья р. Селенги поступают загрязнения с территории Монголии. На Селенге расположена столица Республики Бурятия – г. Улан-Уде (370 тыс. чел.), где действуют городские очистные сооружения. На Селенге находится также Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат, однако это предприятие с 1990 г. не сбрасывает в р. Селенгу промышленные стоки. Иркутская область обладает мощным промышленным и сельскохозяйственным потенциалом, ее население составляет 2.8 млн. чел., однако на ее площадь приходится лишь небольшая часть бассейна озера Байкал. Существенными источниками загрязнения, расположенными непосредственно на берегу Байкала в Иркутской области, являются пос. Слюдянка, г. Байкальск (Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат) и пос. Култук, общее население в которых составляет около 50 тыс. чел. (Грачев, 2002).

Климат водосбора оз. Байкал резко континентальный с длинной, очень холодной и сухой зимой и коротким прохладным летом. Средне-многолетние параметры климата в бассейне озера представлены на рис. 1.3. На озере нередко бывает тихая погода, но из долин в сторону озера дуют сильные ветры. Наиболее известны из них баргузин, дующий из долины Баргузина в юго-западном направлении поперек Байкала, и сарма, дующий из долины р. Сармы.

Своеобразие температурного режима оз. Байкал обусловлено не только климатическими условиями, свойственными югу Восточной Сибири, но прежде всего необычной глубиной озера и резким преобладанием глубинной зоны над мелководьем. Ледовый покров в Южном Байкале устанавливается чаще всего 5-10 января и полностью разрушается около 10-20 мая. Северный Байкал покрывается льдом в глубоководной области 1-5 января, освобождается ото льда 1-10 июня, иногда позже. Толщина ледового покрова в Южном Байкале – 0.8-1 м, в Северном – 1.2-1.5 м. Лед на Байкале явление особенное, огромные поля его прозрачны, на малых глубинах можно видеть дно и его обитателей. После вскрытия озера ото льда проходит 40-50 и более дней, прежде чем наступает весенняя гомотермия. В Южном Байкале она приходится в среднем на третью декаду июня, а в Северном – на 10-15 дней позднее. Летнее прогревание открытых районов Южного Байкала обычно отмечается в середине и конце августа и достигает 12-15°С, а нередко и выше. В Северном Байкале температурный максимум сдвинут на более поздний срок и не превышает 10-11°С. Осенняя гомотермия озера сопровождается значительными ветрами, сгонами и нагонами вод, выходом на поверхность глубинных холодных вод.

Гидрохимическая характеристика Байкала

Вода Байкала отличается исключительной прозрачностью – до 40 м, и только ближе к берегу она обычно уменьшается до 22-25 м. Байкальские воды относятся к числу маломинерализованных. Общая минерализация воды невелика – 100 мг/л, вода гидрокарбонатно-кальциевая. Распределение главных ионов по акватории, по глубине и по сезонам года достаточно постоянное. Это подтвердили и последние исследования Байкала с применением самых современных методов. Нарушения постоянства содержания главных ионов отмечаются локально – вблизи наиболее крупных

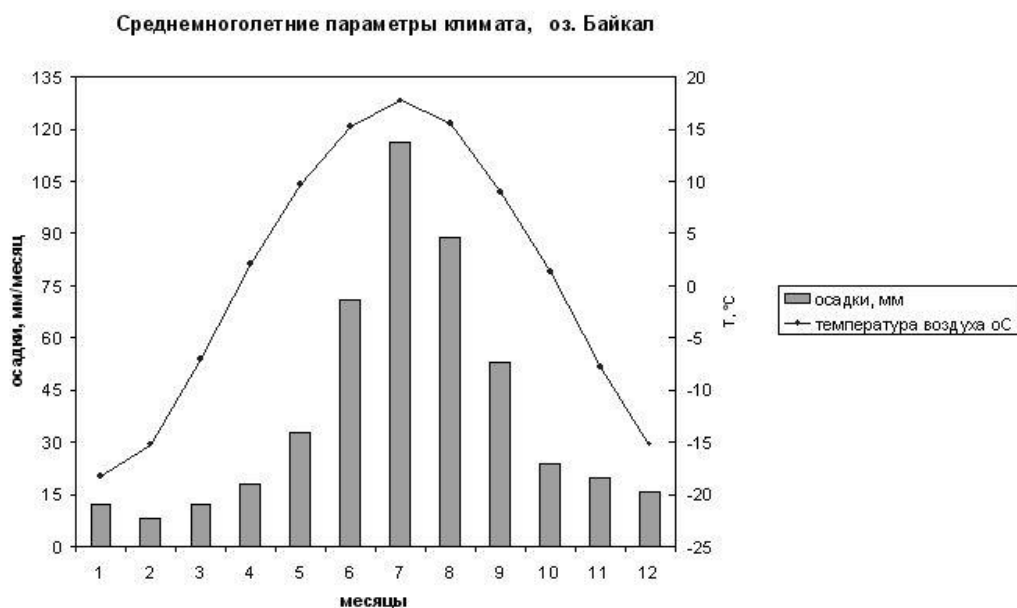


Рис. 1.3. Среднемесячные параметры температуры воздуха и осадков, ст. Иркутск

притоков озера (Байкал..., 2009). Байкальские воды бедны соединениями железа, марганца, алюминия и биогенными элементами. Так, содержание общего фосфора не превышает 9-17 мг/м³ (Кожова, Бейм, 1993). Отмечаются крайне малые концентрации кремния в воде озера 1.07 мг/л по сравнению со средним содержанием его в притоках (4.4 мг/л). Это связано с тем, что кремний в озере активно потребляется диатомеями. После отмирания они опускаются на дно, образуя в глубоководной области ил с весьма значительной примесью створок диатомей (Кожов. 1972).

Одной из уникальных особенностей озера является высокая концентрация кислорода в воде на всех глубинах. Содержание его изменяется в среднем от 9 до 14.5 мг О₂/л. Насыщение воды кислородом меняется от 85 до 100%, в периоды интенсивного развития фитопланктона оно достигает 105-115%, а в придонной области не опускается ниже 75%. Концентрация кислорода максимальна у поверхности и снижается с глубиной. В летний и ранне-осенний период максимум концентрации кислорода может быть смещен в более глубокие слои (до 25-50 м). Весной и осенью в придонной зоне усиливаются механизмы водообмена, обеспечивающие поступление сюда вод из верхних горизонтов, обогащенных кислородом. В толще воды ниже 200 м в отличие от верхних слоев сезонные изменения концентрации кислорода отсутствуют.

Величина рН в поверхностном слое воды изменяется в узких пределах 8.2-8.3, а в период развития фитопланктона может достигать 8.5. В придонной области эта величина не опускается ниже 7.45. Для байкальской воды характерно небольшое содержание органического вещества. Так, перманганатная окисляемость изменяется от 1-1.6 мг О₂/л на поверхности до 0.4-0.5 в придонной зоне. Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) в среднем за год колеблется в пределах 0.64-0.79 мг О₂/л, с глубиной оно уменьшается до 0.34-0.47 мг О₂/л (Вотинцев. 1961, Байкал ..., 2009).

Характеристика биоты Байкала

Байкал выделяется среди других озер своими удивительными эндемичными фауной и флорой, эволюция которых тесно связана с историей самого озера. В озере насчитывается более 2491 вида и разновидности животных и более 1000 видов растений, из которых 85% характерны только для Байкала. Такое разнообразие водной фауны и флоры трудно найти в любых иных пресноводных бассейнах. Поскольку ежегодно описываются десятки новых видов микроорганизмов, простейших и многоклеточных животных и растений, приведенные цифры биоразнообразия нельзя считать окончательными.

Биологическая продуктивность толщи вод озера выше, чем бентали. Несмотря на большое разнообразие байкальской флоры, в открытой

пелагиали озера обитает около 200 видов планктонных водорослей, причем только 10 из них имеют значительную частоту встречаемости, высокое доминирование и играют превалирующую роль в создании первичного органического вещества. По приуроченности максимального развития к тому или иному сезону года водоросли можно разделить на следующие комплексы: 1. подледный ранневесенний комплекс: *Aulacoseira baicalensis* (диатомовые, эндемик), *Aulacoseira skvortzowii (islandica)* (диатомовые, эндемик), *Stephanodiscus meyerii* (диатомовые, эндемик), *Gymnodinium baicalense* (динофитовые, эндемик), *Synedra acus* (диатомовые); 2. летний комплекс: *Chrysidalis* sp. (золотистые), *Chroomonas acuta* (криптофитовые), *Ankistrodesmus pseudomirabilis* (зеленые); 3. осенне-зимний комплекс: *Cyclotella baicalensis* (диатомовые, эндемик), *Cyclotella minuta* (диатомовые, эндемик) (Байкал..., 2009). Численность каждого вида изменяется в очень широких пределах – на несколько порядков.

Особенностью озера является подледное «цветение» воды – массовое развитие диатомовых и перидиней. Для подледного фитопланктона температурный оптимум составляет 0.1-1°С, повышение температуры воды на 4-5° вызывает его отмирание. Подледный максимум развития водорослей наблюдается не ежегодно, но в годы обильного развития их биомасса может достигать 5-6 г/м³. В такие годы воды Байкала приобретают эвтрофный характер. От высокой биомассы водорослей в подледный период зависит жизнь не только в данный, но и в последующие годы. Высокие урожаи диатомовых захватывают одновременно значительную или даже большую часть открытого коренного Байкала и обширные мелководья.

В летний период различия в фитопланктоне мелководной прибрежной зоны и коренного открытого Байкала видны очень четко. Комплекс развивающихся в прибрежной зоне водорослей в общих чертах аналогичен летнему фитопланктону обычных озер и водохранилищ. В открытой пелагиали в холодные годы доминируют эндемичные байкальские, а также обычные озерные виды, для которых характерен низкий температурный оптимум.

Сезонная и межгодовая динамика фитопланктона прослеживается и по концентрации хлорофилла «а». На рис. 1.4 приводятся при-

меры урожайного (1979) и неурожайного (1980) годов. Подо льдом содержание хлорофилла «а» в урожайные годы повышается до 6 мг/м³ (абсолютный максимум 16.5 мг/м³), в неурожайные годы оно в десятки раз меньше (максимум 0.56 мг/м³). В период открытой воды максимальные концентрации хлорофилла «а» составляют 1-2 мг/м³, а чаще встречающиеся величины не превышают 0.5 мг/м³. Суточная первичная продукция органического вещества, определенная радиоуглеродным методом, подо льдом в урожайные годы бывает 54.4 мг С/м³, в неурожайные – не более 2.90, при открытой воде соответственно до 95.3 и 22.9 мг С/м³. О.М.Кожова и А.М.Бейм (1993) объясняют более высокий максимум первичной продукции в период открытой воды по сравнению с подледным большей физиологической активностью летне-осеннего комплекса водорослей, что связано с их более мелкими размерами.

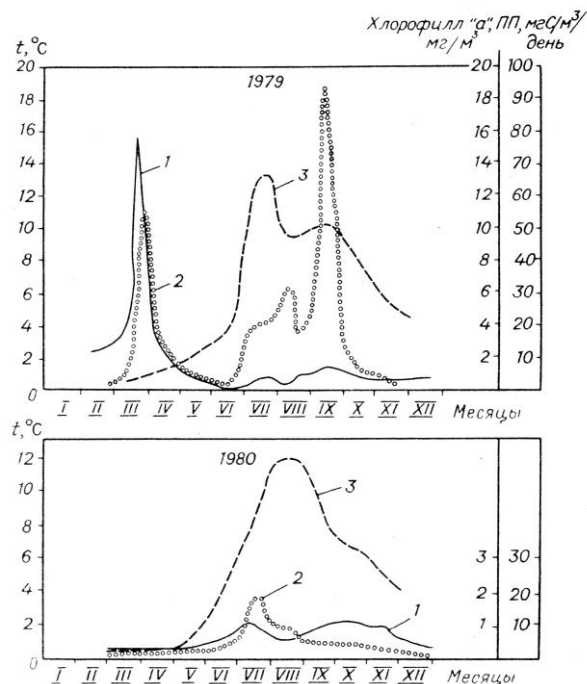


Рис. 1.4. Примеры сезонной динамики хлорофилла «а» и первичной продукции в поверхностном слое воды. Южный Байкал. Район пос. Большие Коты: 1- хлорофилл-а, мг/м³; 2 – первичная продукция, мгС/м³ день; 3 – температура воды, °С. Источник: Кожова, Бейм, 1993.

В состав зоопланктона Байкала входят жгутиковые, инфузории, коловратки и ракообразные. Видовой состав зоопланктона по сетным данным представлен 209 видами и подвидами: коловратки – 142, веслоногие – 21, ветвистосые – 45, бокоплавы – 1. Основная часть этих

видов населяет побережье и заливы. В открытой глубоководной части озера отмечено 80 видов коловраток, 11- ветвистоусых, 3 – каланоид, 4 – циклопов и один вид амфипод. Основную роль в зоопланктоне открытого Байкала играет эндемичная копепода *Epischura baicalensis*, являющаяся фитофагом и основным «биологическим фильтром», кроме того она служит пищей пелагических рыб – омуля, голомянок, бычков. Широко распространена также палеарктическая копепода *Cyclops kolensis*. Средний размер тела этих копепод – около 1 мм. Характерна для пелагиали озера своеобразная эндемичная амфипода *Macrohectopus branickii* (юр как называют ее рыбаки) с характерным размером тела порядка 2-3 см, которая населяет, как и эпишура, всю водную толщу озера и является одним из главных пищевых компонентов омуля. Коловратки, в том числе эндемичные, также являются распространенным компонентом зоопланктона.

Кроме эндемизма представителей зоопланктона, следует отметить своеобразие его трофической структуры, выраженной в ведущей роли одного вида – эпишуры, которой принадлежит ключевое место в трофической сети пелагиали озера Байкал. Ее средняя биомасса в начале лета в верхнем 50-метровом слое изменяется по годам от 2 до 11 г/м², а в период максимального развития (летом и осенью) – от 6 до 24 г/м². В составе зоопланктона она составляет в среднем за 1984-1993 годы 59% от общей численности и 77% от общей биомассы, в то же время для *Cyclops kolensis* эти величины составляли 7% и 5% соответственно (Афанасьева, 1998). Средне-многолетняя общая биомасса зоопланктона в слое 0-250 м для периода с 1981 по 2003 г. составляла 16.4 г/м², причем эта величина колебалась от 10-15 г/м² в «бедные» годы до 30 г/м² - в «богатые».

Важнейшая особенность Байкала – это сложная по сравнению с другими озерами структура донных биоценозов. Они образуют резко различающиеся по структуре бентосные зоны с разным соотношением флоры и фауны и группируются в две принципиально различающиеся макрозоны: незначительную по площади прибрежно-шельфовую с преобладанием продуцентов, преимущественно донных водорослей, и наибольшую по площади глубоководную с преобладанием макробеспозвоночных. Первая зона занимает немногим более 1% общей площади озера, хотя в биологии Байкала она играет существенную роль. В настоящее время из бо-

лее 1000 таксонов водорослей более половины и даже местами две-третьи являются бентосными, жизнь которых тесно связана с дном. Вместе с тем среди беспозвоночных бентосные организмы по числу видов в десятки раз превышают количество свободно перемещающихся видов. Однако биологическая продуктивность бентосных организмов на порядок меньше, чем немногочисленной по числу видов планктонной группы, а первичная продукция органического вещества главным образом обеспечивается планктонными водорослями.

Фитобентос в озере представлен синезелеными, золотистыми, диатомовыми, красными, зелеными и харовыми водорослями, У самого уреза воды широко распространена нитчатая зеленая водоросль *Ulothrix zonata*. Ниже на глубине до 2-2.5 м на твердом грунте доминирует зеленая *Tetraspora cylindrica* var. *bullosa* и диатомовая *Didymosphenia geminata*. Далее до глубины 15-20 м доминируют по биомассе виды эндемичной зеленой водоросли *Draparnaldioides*. Водоросли встречаются и до глубины 60-115 м – это в основном зеленая *Chaetomorpha baicalensis* var. *curta*. С глубиной уменьшается видовое разнообразие, но увеличивается число эндемиков – до 46-69%. Биомасса донных водорослей резко уменьшается от глубины 2.5 до 15 м - от 300 до 9 г/м².

Кроме водорослей, в Байкале обнаружено 20 видов цветковых водных растений – рдест, тростник, водяная гречиха, рогоз, роголистник и т.д. Однако они произрастают только в заливах и в дельтах впадающих рек и занимают в среднем около 1 % площади озера. В открытой акватории озера высшие водные растения отсутствуют.

Биомасса беспозвоночных различается не только на разных глубинах, но и на разных типах грунтов. Наиболее богатая жизнь имеет место на каменистых грунтах прибрежной (литоральной) зоны – до 20 м глубиной – как по числу видов фауны, так и по биомассе. Здесь обитает множество видов гаммарид, планарий, олигохет, моллюсков, распространены личинки ручейников и хирономид, мшанки, а также растут целые рощи губок. Богата и разнообразна жизнь на мягких грунтах, здесь преобладают моллюски, олигохеты и гаммариды. В прибрежной зоне биомасса макробиобентоса варьирует от 4 до 50-80 г/м², иногда более 100. На глубине 20-70 м таксономическое разнообразие беспозвоночных самое высокое, хотя био-

масса снижается до 5-30 г/м². Глубже 70 м дно заселено довольно однообразно и обеднено по видовому составу и биомассе. Здесь живут во множестве олигохеты и гамариды, иногда встречаются моллюски, хирономиды, тубеллярии. Биомасса не превышает 10-15 г/м². На глубине свыше 250 м дно населено своеобразной фауной, что также является замечательной особенностью Байкала. Здесь практически полная темнота, давление 100-160 атмосфер, низкая температура воды. И в то же время здесь существует настоящее царство червей и гаммарид. У гаммарид вместо глаз хорошо развиты антенны как органы осязания и обоняния. Цвет тела бледно-серый или бледно-розовый. Биомасса бентоса здесь составляет всего 1 г/м². Следует отметить, что в Байкале биомасса зообентоса даже в прибрежной зоне круглый год держится приблизительно на одном уровне, колебания ее по сезонам незначительны (Кожов, 1972, Пути..., 1987, Кожова, Бейм, 1993).

56 видов рыб обитает в Байкале. Большую часть из них составляют бычки-подкаменщики (местное название широколобки). Они представлены 32 видами, из которых 29 – эндемики. Бычки, в основном, типичные обитатели дна, заселившие все глубины. Среди них встречаются как крупные (длиной до 35 см), так и самые мелкие формы байкальских рыб (длиной до 5 см). Виды родов *Abysocottus* и *Cottinella* в основном живут на максимальных глубинах и являются наиболее глубоководными рыбами пресных вод земного шара. Два вида бычков – желтокрылый и черногривый – обитают в толще воды.

Самая интересная и во многом еще загадочная рыба Байкала – голомянка. Голомянки – большая и малая – живут только в Байкале, их размеры не более 24 см, они без чешуи и прозрачные, кроме того, они содержат до 35 % целебного жира, богатого витаминами. Это самая многочисленная рыба в Байкале, ее запасы составляют около 150 тыс. тонн, но она не образует скоплений или косяков, поэтому промысловым ловом не охвачена. Голомянка – единственная в наших широтах живородящая рыба. Любое давление в толще воды даже на глубине 1000-1400 метров эта маленькая рыбка переносит вполне благополучно, оптимальная температура для неё – до 5° С.

Наиболее ценным объектом рыбного промысла на Байкале является сиговая рыба – байкаль-

ский омуль. Предполагают, что омуль попал в Байкал сравнительно недавно, вероятно, в ледниковый или послеледниковый период. Он хорошо освоил новую для себя экологическую нишу, претерпел значительные изменения и сейчас может считаться эндемичной рыбой. Различают четыре популяции омуля – селенгинская, чивыркуйская, северобайкальская и посольская. Иногда выделяют еще баргузинскую популяцию, но она практически прекратила свое существование из-за загрязнения реки древесиной. Осенью во время нереста каждая популяция идет в свою реку. Сейчас на Байкале работают рыбопроизводные заводы, где в искусственных условиях выращивают рыбу. Это помогло увеличить общую биомассу омуля к 1990-м годам до 20-26 тыс. т, а возможные уловы – в пределах 2-3 тыс. т. Надо отметить, что промышленный лов постепенно сокращается, но увеличивается любительский лов по лицензиям. Кроме омуля, к промысловым рыбам относятся также байкальский сиг, плотва, елец, окунь, щука, налим, язь, карась. Ранее промысловыми были байкальский осетр, таймень и ленок, которые в настоящее время вошли в списки редких и исчезающих видов.

Большой интерес вызывает эндемичный байкальский тюлень или нерпа, единственное водное млекопитающее, живущее в Байкале. Питаются они в основном голомянками (80% рациона) и бычками. Существует мнение, что байкальская нерпа произошла от общего с северным кольчатым тюленем предка и проникла из Ледовитого океана по Енисею и Ангаре в ледниковый период. По другой версии нерпа проникла в озеро по Лене, в которую был сток из Байкала. Нерпа способна нырять на глубину до 300 метров, при нырянии у нее прекращаются обменные процессы, и она переходит на внутриутробное дыхание, а стенки кровеносных сосудов при этом освобождаются от холестерина. Максимальная продолжительность пребывания под водой – 65 мин, но обычно она бывает под водой до 20-25 мин. Максимальная скорость плавания у нерпы достигает 25 км в час. Численность зверя оценивается в 80-100 тыс. голов. Промысел ее ведется издавна, но в настоящее время он не очень развит, промысловые артели ежегодно добывают до 2.5 тыс. голов.

Источники и уровень загрязнения Байкала

Интенсивное развитие народного хозяйства в

Байкальском регионе началось в 1950-х годах. В 1956 г. появился мощный антропогенный фактор – зарегулирование р. Ангары плотиной Иркутской ГЭС, что отразилось на уровненом режиме Байкала и сказалось на состоянии прибрежных районов озера. Тогда же появились первые источники загрязнения в связи со строительством Транссибирской железной дороги. Начались берегоукрепительные работы, которые проводились в районе выхода Байкало-Амурской магистрали на побережье, а также в районе Южного Байкала, где проходит линия Круглобайкальской железной дороги. Усилилось влияние химизации сельского хозяйства, транспортных перевозок, коммунального хозяйства, роста туризма. В 1966 г. был пущен в эксплуатацию целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБЛ) и был построен город Байкальск, которые расположены на берегу озера, что привело к поступлению дополнительных минеральных и органических веществ со сточными водами. В 1974 г. был пущен в эксплуатацию Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат (ЦКК) в 60 км от устья р. Селенги. Нужно отметить, что в настоящее время (с 2008 г) Байкальский ЦБК перешел на новую тех-нологию, почти прекратив сбрасывать сточные воды, а Селенгинский ЦКК уже с 1990 г. не сбрасывает сточные воды в р. Селенгу. Тем не менее, весь водосбор озера энергично развивается в социально-промышленном плане, здесь почти 159 промышленных предприятий (алюминиевые, целлюлозно-бумажные комбинаты и т.д.), что не может не сказаться на уровне загрязнения Байкала.

Как было уже отмечено антропогенные загрязнения пока существенно не изменили содержания главных ионов в водах Байкала, оно практически постоянное на всех глубинах и одинаково в Северной, Средней и Южной котловинах Байкала за последние столетия. Все это объясняется тем, что Байкал является чрезвычайно инерционной системой (Грачев, 2002).

Большое количество чужеродных для Байкала примесей поступает с водами реки Селенги, и они интенсивно перерабатываются и захораниваются в так называемых «барьерных зонах», в области смешивания речных и озерных вод, под действием физических и биологических факторов.

Содержание тяжелых металлов как в воде, так и в биоте Байкала практически не изменилось по сравнению с периодом, предшествующим бурному экономическому развитию Сибири (Вет-

ров, Кузнецова, 1997). Концентрация тяжелых металлов в водах Байкала невелика, поэтому их существенного накопления в биоте не происходит. Содержание цинка, меди и свинца в мышцах омуля во много раз меньше гигиенических нормативов, установленных для пищевых продуктов.

В настоящее время особое внимание уделяется исследованиям загрязнения озера токсическими органическими веществами и в первую очередь хлорорганическим соединениям, многие из которых производятся и применяются в больших количествах. Эти вещества обладают выраженной мутагенной и канцерогенной активностью и накапливаются в организмах. К их числу относятся такие пестициды, как гексахлоран и ДДТ, а также использовавшиеся в промышленности в больших масштабах полихлорбифенилы (ПХБ). Полихлорированные дибензфураны (ПХДФ) и дибенздиоксины (ПХДД) образуются при горении любой органики в присутствии хлора в любой форме. Поскольку лесные и другие пожары происходили и происходят постоянно, эти вещества нельзя отнести к разряду чужеродных соединений, но поскольку они сверхвысокотоксичны, определение их содержания в воде озера должно быть постоянным. Надо отметить, что многие из хлорорганических соединений найдены в Байкале, хотя и в очень небольших концентрациях (рис. 1.5). К сожалению, пока неизвестны источники поступления этих веществ, в числе которых могут быть и конкретные предприятия региона. Для населения Байкальского региона представляет интерес содержание хлорорганических соединений в омуле и других рыбах. Эти концентрации невелики и не создают непосредственной опасности для здоровья людей (Грачев, 2002).

В самом Байкале есть источники постоянного поступления загрязняющих веществ. Это прежде всего метан, который образуется из органического вещества в осадках озера и выделяется со дна в водную толщу в виде факелов из пузырьков метана, которые достигают высоты в несколько сотен метров. Если около факелов концентрация растворенного метана может быть высокой, то в среднем по озеру она остается фоновой, что обусловлено высокой активностью метанотрофных бактерий. В Байкале также имеются значительные природные нефтепроявления. Несмотря на постоянное поступление нефти, она также быстро разрушается в самом озере нефтеокисляющими бактериями.

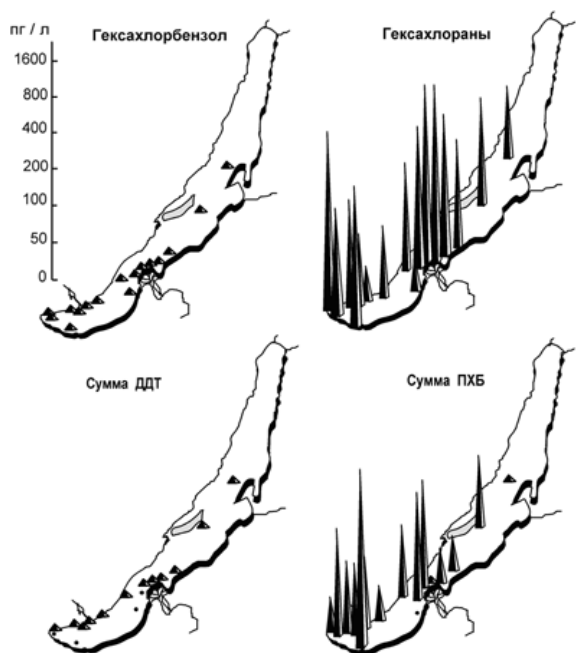


Рис. 1.5. Распределение хлорорганических соединений в поверхностных водах Байкала.
 Источник: Iwata et al., 1995.

Кроме химического загрязнения, озера часто подвергаются биологическому загрязнению, связанному с вселением новых видов в водные экосистемы, которые при благоприятных условиях могут перестраивать всю сложившуюся в озере систему трофических связей. С проблемой биологического загрязнения Байкала связано появление в нем донного высшего растения – элодеи канадской. На ее массовое развитие в прибрежной зоне и заливах обратили внимание еще в 1970-х годах. Элодея – многолетнее растение из семейства водокрасовых. Ее родина – Северная Америка. Трудно сказать, как она появилась в Байкале, возможно вместе с акклиматизированными в Байкале рыбами из приуральских озер, где массовое развитие элодеи канадской было отмечено еще в начале XX века. В Байкале элодея в настоящее время встречается в значительных количествах на многих мелководьях практически по всему периметру озера, образуя сомкнутые поселения с покрытием 100%. Плотность её зарослей может достигать 5 кг/м². Отмечено, что элодея может подавлять развитие рдестовых сообществ.

Вселение новых видов рыб в озера бассейна Байкала для повышения их рыбопродуктивности осуществлялось начиная с 1930-х годов. Сейчас из таких вселенцев постоянно встречаются в самом Байкале пелядь, восточный лещ, амурский сазан, амурский сом и ро-

тан-головешка. Как правило, они проникли и освоились в прибрежном мелководье и приобрели довольно существенное значение в рыбном хозяйстве. Исключение составляет лишь ротан-головешка, который был случайно завезен при акклиматизации сазана. В 1970-х годах он отмечен в дельте Селенки и в настоящее время стал наиболее многочисленной рыбой в протоках Селенги и в заливах Селенгинского мелководья и периодически встречается на ранее не свойственных ему глубинах – до 75 м. Он является всеядной рыбой. Специалисты считают, что ротан представляет определенную опасность для экосистемы Байкала, в отличие от других вселенцев (Кожова, Бейм, 1993, Граев, 2002). Последствия вселения новых видов чрезвычайно трудно прогнозируемы, поэтому необходимо предотвращать возможное биологическое загрязнение озера.

В настоящее время Байкал все еще сохраняет свои природные качества, однако антропогенное воздействие на него усиливается, особенно на отдельные его районы, и возникает напряженная обстановка во взаимоотношениях человека и озера. Байкал необходимо охранять, но эта работа сопряжена с огромными финансовыми расходами, вызывает определенную задержку социально-экономического развития территории. Уникальность экологической системы озера Байкал недавно признана юридически. В 1996 г. озеро и примыкающая к нему территория были включены в Список участников природного наследия ЮНЕСКО. В 1999 г. принят закон Российской Федерации «Об охране озера Байкал».

Закон РФ «Об охране озера Байкал» стал первым опытом решения экологических проблем с помощью ограничения хозяйственной деятельности. Кроме действующих запретов на территориях национальных парков и заповедников Прибайкалья, в природоохранной практике появилась новая категория особо охраняемых природных объектов – Центральная экологическая зона Байкальской природной территории, которая включает акваторию озера, его бассейн и земли за пределами бассейна – до 200 км на северо-запад от него. Сейчас важно не только сохранить природные ландшафты этой территории, но и развивать экологически безопасную экономику. Охрана Байкала и рациональное использование его ресурсов – предмет пристального внимания и комплексных исследований десятков институтов Сибирского отделения Российской Академии наук и ряда университетов.

1.2. ОЗЕРО ХУБСУГУЛ

Озеро Хубсугул расположено на севере Монголии и является вторым по величине пресноводным озером Центральной Азии. Его координаты: 50°27'-51°37'с.ш.; 100°10'-100°47' в.д., урез воды находится на высоте 1645 м над уровнем моря. В переводе с тюрского «хубсугул» означает «озеро синей воды». Оз. Хубсугул принадлежит к наиболее древним озерам мира, его возраст оценивается разными авторами от 2 до 5 млн. лет. Оно занимает древний грабен, ограниченный с севера субширотным хр. Мунку-Сардык, а с запада - крутыми склонами хребтов Хорьдыл-Сарьдаг и Баян-Ул, абсолютная высота которых достигает 3000-3200 м. Восточный берег озерной котловины ограничен относительно пологими склонами высоко лежащего полоскогорья, образованного молодыми вулканогенными породами. Ее отдельные вершины поднимаются до 2000 м. В южной части Хубсугульская котловина сужается, и озеро образует Хатгальский залив, из которого вытекает р. Эхин-Гол (Лимнология ..., 1994). Это один из трех параллельных тектонических бассейнов, расположенных в южной части Байкальской Рифтовой системы.

Площадь оз. Хубсугул составляет 2760 км², протяженность - 136 км при ширине от 20 до 37 км (Лимнология ..., 1994). Средняя и максимальная глубины - 138 и 262 м, соответственно. Амплитуда ежегодных колебаний уровня - 0.5-2 м. Объем заключенной воды - 381 км³ (Mitamura et al., 2010). На озере четыре острова, самый крупный из которых, о-в Далайн-Хуйс-Арал площадью около 7 км², расположен в центральной части водоема и имеет округлую форму (рис. 1.6). В его центре возвышается гора, заросшая лиственным лесом, и поднимающаяся над уровнем воды на 174 м. Следующими по величине являются острова Елисин-Хупсун и Бага-Крй.

Оз. Хубсугул питают 96 рек и ручьев, большинство из которых носят временный характер и наполняются водой на непродолжительный период (до 1-2 месяцев). Количество притоков на восточном берегу в 2-3 раза больше, чем на западном. Наиболее крупными притоками с северной стороны являются - рр. Их-Ховогол, Ханкагол, Манкарингол, с восточной - р. Их-Долбайгол, с южной - р. Алак-Тсаргол, с западной - рр. Джикликгол, Увур-Хашимгол, Ходонгол. В зимний период многие реки перемерзают до дна, за исключением тех, кото-

рые подпитываются родниками. Отток из озера происходит по р. Эхин-гол, притоку р. Селенги, впадающей в оз. Байкал.

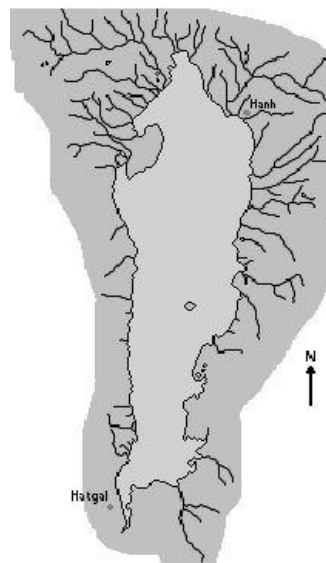


Рис. 1.6. Озеро Хубсугул. Источник: LBRI&ILECF. 1991.

Комплекс ландшафтов вокруг озера уникален и неподражаем по своей красоте. Практически весь бассейн озера является Национальным Парком. Это переходный район от зоны среднеазиатских степей к сибирской тайге. Водосбор находится в регионе с широким распространением вечной мерзлоты, которая опускается в ряде районов на глубины 100-200 м. Имеется ряд чередующихся зон растительности: степь, лесостепь, тайга, лесотундра и альпийская тундра. Степные участки расположены преимущественно в нижней части южных склонов, где отсутствует мерзлый слой, обеспечивающий в течение летнего сезона растительность дополнительной влагой. Склоны северной, восточной и западной экспозиции занимают таежные леса, под которыми находится около 55% площади водосбора. Основной породой (90-95%) является лиственница (*Larix sibirica*), также распространена береза (*Betula platyphylla*) и кедр (*Pinus sibirica*). В плоских понижениях речных долин находятся степные ландшафты, сочетающиеся с заболоченными землями и прибрежной растительностью. Альпийская зона начинается на высоте от 2300 м и характеризуется лишайниково-моховой растительностью. Максимальной высоты в пределах водосбора достигает хребет Мунку-Сардык, 3491 м, самая высотная часть Восточного Саяна. На склонах Мунку-Сардыка известны четыре ледника. По

горному узлу Мунку-Сардык проходит российско-монгольская граница.

На водосборе проживает 60 разновидностей животных и произрастает около 750 видов древесной, кустарниковой, моховой и лишайниковой растительности, из которых около 20% эндемики. Среди млекопитающих здесь обитают архар или горный баран (*Ovis ammon*), сибирский горный козел (*Capra sibirica*), кабарга (*Moschus moschiferus*), бурый медведь (*Ursus arctos*), ирбис (*Uncia uncia*), кабан (*Sus scrofa*), сибирский лось (*Alces alces pfizenmayeri*), северный олень (*Rangifer tarandus*).

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Водосбор озера заселялся с древних времен, однако, несмотря на это, оз. Хубсугул остается одним из наименее заселенных (после озер Восток и Таймыр) крупнейших озер мира. Суровый климат региона неблагоприятен для активного освоения территории. Морозные малоснежные зимы ограничивают развитие сельского хозяйства, так что на протяжении практически всей истории заселения, на водосборе проживало весьма ограниченное количество людей, единственным занятием которых было кочевое животноводство. В регионе разводят овец, монгольского яка и лошадей. Многовековой уклад жизни сохранился до сегодняшнего дня. Пейзажи вокруг озера представляют собой практически девственную природу, лишь в самые последние годы затронутую антропогенем. Вокруг озера появились предприятия горно-добывающей промышленности и два небольших города.

Озеро играет важную роль в жизни людей, проживающих на его берегах. Оно является источником питьевого и технического водоснабжения, кроме того, в нем сосредоточено около 70% всех запасов пресной воды Монголии. Важнейшее значение оз. Хубсугул связано с тем фактом, что оно лежит в верховьях бассейна оз. Байкал, и вытекающая из него р. Эхин-гол является притоком р. Селенги, впадающей в это величайшее на Земле озеро. И оз. Байкал и оз. Хубсугул принято рассматривать как неотъемлемое всемирное достояние, священную и невозполнимую ценность человечества.

Климат. Характеристики термического режима

Климат региона сугубо континентальный, ха-

рактеризующийся большими амплитудами температур в течение года от -49°C зимой до $+35^{\circ}\text{C}$ летом. В зимнее время над регионом стоит Сибирский антициклон, определяющий ясную и морозную погоду, так что зима продолжительная, холодная и малоснежная. Средняя температура января $-23 - -25^{\circ}\text{C}$. Весной антициклон разрушается и в регионе формируется область низкого давления. Это период активного формирования циклонов. В регионе стоит прохладная, облачная погода. В теплый период выпадает около 80% годовых осадков с максимумом в июле и августе. Средняя температура июля $+13^{\circ}\text{C}$ (Cherkasov et al., 1973). Количество годовых осадков небольшое и изменяется в пределах от 300 до 430 мм (рис. 1.7), основная их масса выпадает в течение теплого сезона с максимумом в июле, когда их количество может составлять до 120 мм.

Многолетние наблюдения за климатическими параметрами, проводящиеся в бассейне озера, свидетельствуют о наблюдающемся за прошедшие 40 лет повышении температуры воздуха, которое составляет около 2°C , и, прежде всего, проявляется в зимние и весенние месяцы. Кроме того, в течение последних 10 лет наблюдалось удлинение вегетационного сезона, составившее приблизительно один месяц. Поскольку с ростом температуры происходит увеличение испарения, изменения в климатических условиях аридной Монголии могут неблагоприятно сказаться на развитии сельского хозяйства. К тому же, постепенное оттаивание вечной мерзлоты, как результат повышения средних температур, может привести к снижению запасов влаги в деятельном слое почвы, тогда как при обычных условиях протаивающая лишь в теплый сезон мерзлота обеспечивала растения дополнительной влагой (Asia Center..).

Озеро димиктическое. Суровые климатические условия, большая глубина и особенности строения котловины обуславливают медленный, незначительный и неоднородный по акватории прогрев водных масс в весенне-летний период. (Лимнология ..., 1994). Лед начинает сходить в мае, и озеро полностью освобождается ото льда к середине июня. Летние температуры воды поднимаются до $11-14^{\circ}\text{C}$, лишь в неглубоких бухтах вода прогревается до 18°C . Температурная стратификация в безледный период отмечается лишь в верхнем 50-метровом слое, ниже которого наблюдается гомотермическое состояние водных масс (Цэрэнсодном, 1976). С конца октября на озере появляется шуга и

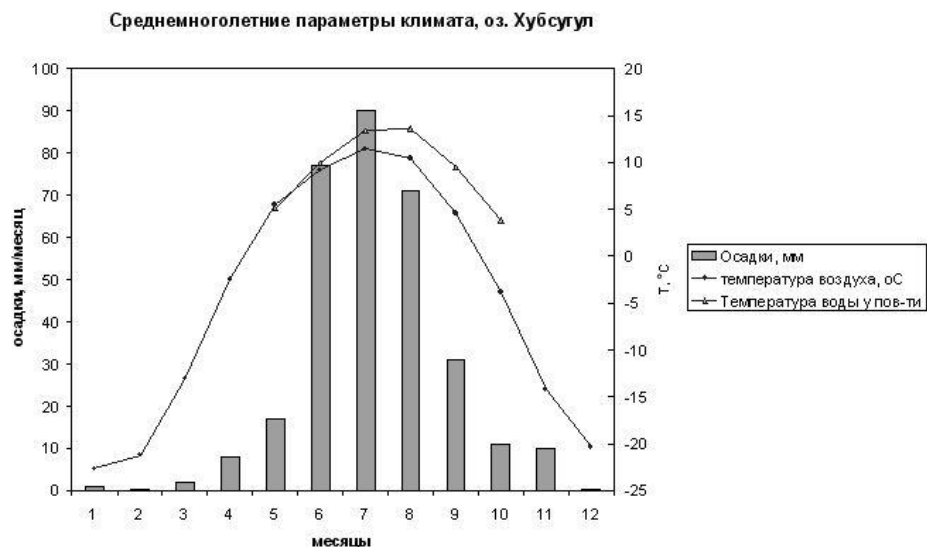


Рис. 1.7. Климатические параметры оз. Хубсугул, ст. Natgal, по данным ИЛЕС.

блинчатый лед, полное замерзание обычно происходит в конце ноября. Толщина льда составляет около 1.4 м, так что по льду прокладывается автомобильный зимник. По сравнению с оз. Байкал на льду оз. Хубсугул меньше снега и трещин, но бывают мощные надвиги льда у западного берега, высота которых достигает 5 метров. Восточный берег из-за сильных западных ветров при замерзании озера отличается наплесковым льдом, покрывающим скалы местами до высоты 10–12 м.

Характеристики водного режима и водного баланса

Площадь бассейна оз. Хубсугул лишь в 1.8 раза превосходит площадь его водной поверхности. В связи с этим, в водном балансе озера значительная роль принадлежит осадкам (45%). Согласно расчетам, выполненным Cherkasov et al., (1973), осадки на поверхность озера составляют $0.88 \text{ км}^3/\text{год}$, поверхностный приток - 0.95 км^3 . Испарения с водной поверхности оцениваются в 1.42 км^3 и отток по р. Эхин-гол - 0.62 км^3 . Невязка баланса составляет около 8% и, согласно мнению Cherkasov (1973), включает подземный приток, недоучет конденсации и ошибки расчетов.

Внутригодовые колебания уровня воды имеют четкий сезонный ход. Его повышение начинается в мае и связано со снеготаянием на водосборе, в течение лета, за счет выпадения основной доли осадков, поддерживается высокий уровень воды, его максимум обычно приходится на конец лета - начало осени. Расходная

часть начинает превосходить приходную часть баланса с конца октября. В течение всей зимы и начала весны наблюдается низкий уровень воды (Cherkasov et al., 1973). Резких перепадов в течение года обычно не наблюдается, общая амплитуда составляет 0.6-1 м.

С начала 2000-х гг. наблюдается некоторое повышение уровня воды озера и снижение его годовой амплитуды.

Основные характеристики качества вод

Главной особенностью и ценностью оз. Хубсугул является его кристально-чистая вода. Прозрачность очень высокая и составляет в центральной части 22-24 м, а у побережья 13-15 м, наиболее высокие значения наблюдаются в зимние месяцы. Цвет в прибрежных районах зеленовато-синий, в центральных - голубой. Показатель кислотности среды рН - 6.9-8.2 (рис. 1.8). Минерализация низкая, в поверхностном слое она составляет от 65 до 280 мг/л при среднем значении 220 мг/л (Лимнология ..., 1994). Благодаря распространению в южной и юго-восточной части бассейна известняков и доломитов наблюдается повышенное содержание в воде карбонатов и гидрокарбонатов, их масса превышает 90% от общей массы анионов. Среди катионов преобладает Ca^{2+} (около 55% от суммы катионов), магний (около 35%). Общая жесткость воды в летний период изменяется в пределах 0.34-2.5 мг-экв./л, а в зимний - 1.1 - 3 мг-экв./л (Лимнология ..., 1994).

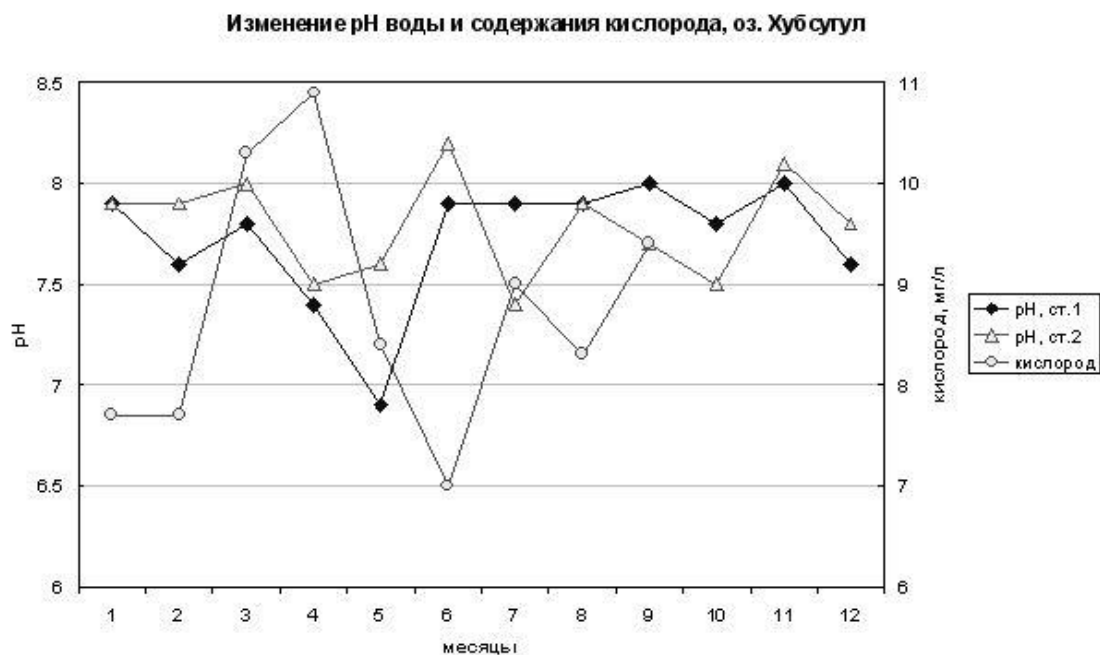


Рис. 1.8. Гидрохимические параметры воды оз. Хубсугул по данным ИЛЕС.

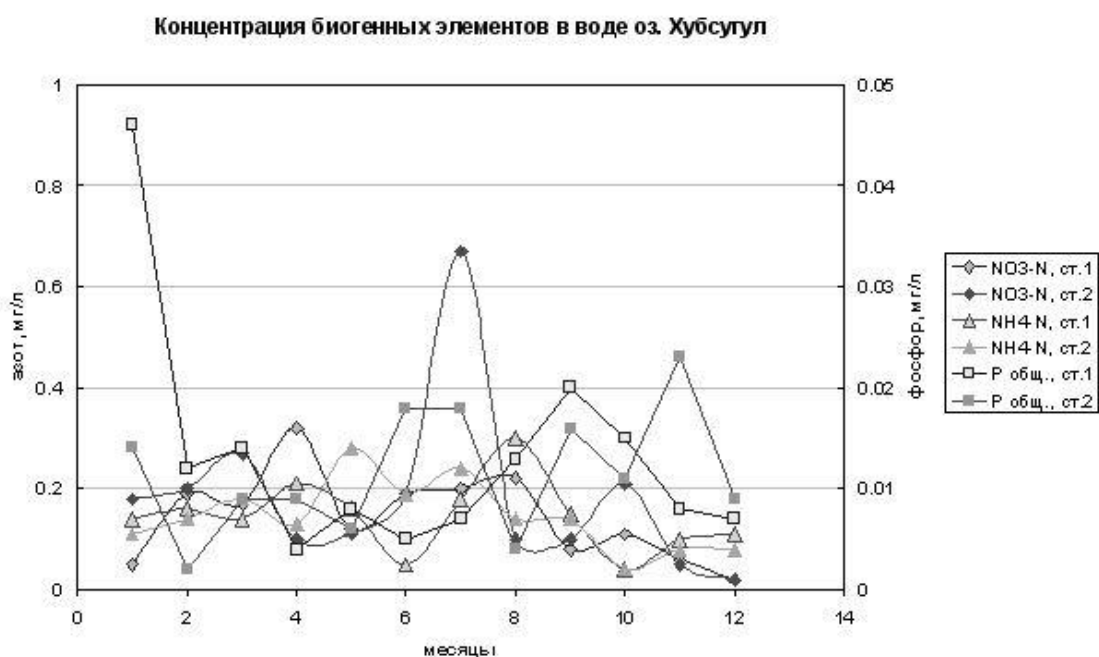


Рис. 1.9. Концентрация биогенных элементов в оз. Хубсугул по данным ИЛЕС.

Концентрация растворенного кислорода высокая по всему водному столбу, и слабо изменяется в течение года. Даже подо льдом она сохраняется у поверхности на уровне 9.88-11.4 мг/л (85-95% насыщения), а на глубине 100-200 м, у дна, - 9.06-9.53 мг/л (83-86% насыщения). В летнее время года у поверхности

концентрация составляет 8.1-11.4, а у дна – 9.84-10.14 мг/л. (Kozhova et al., 1994). Перманганатная окисляемость не превышает 5 мгО/л. Содержание биогенных веществ низкое. Концентрация нитратов (NO₃-N) составляет 20-300 мкг/л, более высокие значения наблюдаются весной и летом; аммония (NH₄-N) – 50-300 мкг/л; общего фосфора - 4-40 мкг/л (рис. 1.9).

Средняя концентрация хлорофилла-а - 0.35 мкг/л (LBRI&ILECF. 1991). По всем показателям озеро относится к классу олиготрофных водоемов.

Основные биологические особенности

Согласно (LBRI&ILECF. 1991) в озере выявлено 55 видов плавающих макрофитов, 33 погруженных, 2 вида мха и 10 видов фитопланктона. Среди воздушно-водных макрофитов доминируют: злаки (Poaceae), астровые (Asteraceae), осоковые (Cyperaceae).

В фитопланктоне преобладают диатомовые и зеленые водоросли, также есть несколько представителей динофлагеллят, золотистых, сине-зеленых и криптофитовых водорослей (Mitamura et al., 2010). Среди зеленых представлены характерные для большей части Сибирского региона *Dictyosphaerium pulchellum*, *Monoraphidium* sp. из динофлагеллят - *Peridinium bipes*, (Бондаренко, 2006). Также фитопланктон представлен диатомовыми - *Cyclotella ocellata*, *Amphora pediculus*, *Fragilaria leptostauron*, *Fragilaria pinnata*, *Achnanthes* spp, *Caloneis* sp., *Cocconeis* sp., *Cymbella* sp., *Denticula* sp., *Diatoma* sp., *Didymosphenia* sp., *Diploneis* spp., *Epithemia* sp., *Gomphonema* spp., *Gyrosigma* sp., *Navicula* spp., *Neidium* sp., *Nitzschia* spp., *Pinnularia* spp, *Simonsenia* sp., *Surirella* sp., *Synedra* sp. (Генкал и др., 2006); зелеными: *Oocystis sobitaria*, *O. mongolica*, *Crucigenia quadrata*, криптофитовыми - *Chroomonas* sp., среди динофлагеллят - *Glenodinium* sp., *Gymnodinium fuscum*, *Peridinium* sp. Первичное производство низкое и составляет 2-5 мгС/м³ день (Kozhova et al., 1994). Биомасса фитопланктона изменяется в пределах 20-450 мкг/л (LBRI&ILECF. 1991). По всей видимости, одним из лимитирующих производство биогенных элементов является фосфор, содержание которого в воде очень небольшое.

Общая численность бактерий в воде невысокая и находится в пределах 0.11-0.73 млн.кл./мл при среднем значении 0.35 млн.кл./мл. Наибольшее их количество обнаруживается в верхних слоях центрального глубоководного района. Распределение бактерий по вертикали большую часть вегетационного сезона почти равномерное. Максимум развития микроорганизмов приходится на июль (Путянина, 1973).

Озерная фауна представлена как минимум 287 видами (Kozhova et al., 2000). По разнообразию

она значительно уступает родственной ей фауне оз. Байкал, особенно среди бокоплавов семейства Gammaridae, моллюсков, малощетинковых червей (Oligochaeta) и триклад (Tricladida). Кроме того, ей характерна значительно более низкая степень эндемизма (10-20%). Общими видами, встречающимися как в обоих озерах, так и характерными для Сибирской и Евразийской фауны, являются нематоды, две разновидности малощетинковых червей, три разновидности комаров-звонцов, и одна - морских клещей. Среди аборигенных байкальских видов - 3 вида круглых червей семейства Mermithidae, доминирующая в пелагиальном зоопланктоне копепода - *Mixodiptomus kozhovi* и один моллюск подрода *Achoanomphalus*. В зоопланктоне среди веслоногих ракообразных также доминируют космополит - *Cyclops abyssorum*, среди ветвистоусых раков - *Daphnia longispina hyalina*, среди коловраток: *Kellicottia longispina*, *Filinia longiseta*, *Conochilus unicornis*, *Synchaeta* sp. (Kozhova et al., 1994, Mitamura et al., 2010). Бентос представлен гидрами, круглыми и малощетинковыми червями, ракушниковыми остракодами, бокоплавами (Kozhova et al., 1994), среди брюхоногих моллюсков - катушками и представителями рода *Choanomphalus*, среди двустворчатых моллюсков - представителями родов *Pisidium*, *Sphaerium*, *Euglesa*, *Henslowiana* (Слугина З.В., 2001). Средняя биомасса зообентоса составляет 5.5 г/м² (Kozhova et al., 1994).

Палеолимнологические исследования показывают, что озерная фауна оз. Хубсугул имеет относительно недавнее развитие, около 12000 лет, так как в период оледенения экосистема озера испытала на себе коллапс, его продуктивность была катастрофически снижена, и озеро являлось практически необитаемым. Наряду с изменениями температурного режима, причинами гибели фауны явилось значительное падение в этот период уровня озера (на 170-190 м, согласно различным оценкам) и изменения его гидрохимии (Karabanov et al., 2004). В течение верхнего плейстоцена площадь его водной поверхности была в 3-4 раза меньше сегодняшней, озеро являлось бессточным, и его минерализация была существенно выше сегодняшней (Fedotov et al., 2002). Террасы, относящиеся к середине плейстоцена, расположены приблизительно на 120 м ниже современного уреза воды. В начале голоцена климат стал более теплым и

влажным, уровень озера резко повысился, и оно было повторно заселено космополитическими разновидностями из небольших озер и рек, протекающих в его бассейне.

Для озера характерны рыбы реофильного комплекса (Дашдорж, 1973). Рыбная фауна представлена ленком (*Brachymystax lenok*), сибирским и косоогольским хариусами (*Thymallus arcticus*, *T. arcticus nigrescens*), сибирской плотвой (*Rutilus lacustris*), налимами (*Lota vulgaris*, *Lota lota*), речным окунем (*Perca fluviatilis*), тайменем (*Hucho taimen*), обыкновенным и озерным гольяном (*Phoxinus phoxinus*, *P. percnurus*), сибирским гольцом (*Noemacheilus Barbatulus toni*), сибирской шиповкой (*Cobitis taenia sibirica*), а также завезенным из Байкала в 1956 г. омулем (*Coregonus autumnalis*). (LBRI&ILECF. 1991, Лимнология ..., 1994). Многие рыбы, населяющие озеро, размножаются в реках. Хищных рыб два вида: окунь и налим. Наиболее многочисленны - ленок и косоогольский хариус, которые заселили литораль до глубины 50 м. Косоогольский хариус - эндемичная форма сибирского хариуса, отличающаяся более темной окраской, и внесенная в Красную книгу Монголии. Рыбная продуктивность составляет около 300 тонн. Озерная рыба, в сравнении с рыбой р. Селенги, характеризуется несколько замедленным ростом, более поздним созреванием и пониженной плодовитостью.

Водосбор озера Хубсугул характеризуется богатством орнитофауны, здесь насчитывается около 170 видов птиц, в том числе такие редкие, как лебедь-кликун (*Cygnus cygnus*), эндемик горных озер Центральной Азии горный гусь (*Anser indicus*), дрофа (*Otis tarda*), горный гриф (*Aegypius monachus*), орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*), скопа (*Pandion haliaetus*). На островах озера известны три колонии серебристых чаек, по оценке 1996 г. их количество превышает 3500 птиц. Также здесь обитает 18 видов куликов, азиатский бекасовидный и большой веретенник (*Limnodromus semipalmatus*, *L. limosa*), вальдшнеп (*Scolopax rusticola*), лесной дупель (*Gallinago megalo*), хрустан (*Eudromias morinellus*), турухтан (*Philomachus pugnax*), горный дупель (*G. solitaria*), азиатский бекас (*G. stenura*), большой улит (*Tringa nebularia*), малый зуек (*Charadrius dubius*), травник (*Tringa totanus*), фифи (*T. glareola*), поручейник (*T. stagnatilis*), черныш (*T. ochropus*), перевозчик (*Actitis hipoleucos*), большой кроншнеп (*Numenius arquata*) и бекас

(*Gallinago gallinago*), чибис (*Vanellus vanellus*). (Скрябин, Тупицын, 1998)

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне. Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Площадь водосбора оз. Хубсугул составляет 4920 км² (включая само озеро). Здесь проживает около 7000 человек. Основные населенные пункты - Ханх - в северной части озера, Хатгал - в южной части озера; их развитие в значительной степени определяется пограничным положением и торговлей с Россией. На севере и юге озера имеются нефтяные поля Хатафал и Ханх. Эксплуатируется более 30 месторождений фосфоритов.

Озеро используется как источник воды; коммунальный водозабор составляет 1.43 м³/сек. Развита навигация, однако количество судов и моторных лодок очень невелико. В конце 1990-х гг. для туристических целей на Хубсугул были поставлены два катера. В 2000 г. возобновились рейсы судна морского типа "Сухэ-Батор", судно курсирует нерегулярно, по предварительному заказу. Грузооборот составляет 20000-30000 тонн/год. В последние годы на озере активно развивается рекреация. В 2006 г. на Хубсугуле в Ханхе открылась первая монголо-российская туристическая база «Серебряный берег», ориентированная в первую очередь на обслуживание российских туристов.

Несмотря на слабое антропогенное развитие в последние десятилетия в регион возникает ряд экологических проблем. Прежде всего, они связаны с началом эксплуатации месторождений фосфоритов в регионе. Эксплуатация месторождений может нарушить естественную среду оз. Хубсугул, и, в конечном счете, озера Байкал, связанного с ним рекой Эхин-гол. Местные власти предпринимают ряд усилий для решения этой проблемы, но степень индустриального влияния на среду все еще остается недостаточно изученной. Нагрузка на водосбор происходит также и из-за длительного выпаса.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

С 1950-х гг. изучением оз. Хубсугул и его бассейна наряду с монгольскими специалистами активно занимались ученые из Советско-

го Союза. В 1959-60 гг. началась совместная работа экспедиции Монгольского и Иркутского государственных университетов. В 1962 г. на озере был открыт гидрометрический пост. Результатом 25-летней деятельности Советско-монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции явилось издание Атласа озера. С 1970-х гг. работами по озеру занимались также ученые Советско-Монгольской комплексной биологической экспедиции и Совместной Советско-Монгольской геологической и палеонтологической экспедиции АН СССР. После распада СССР, с начала 1990-х к работам на озере и в пределах его водосбора подключились ученые из Америки и Японии.

В 1992 г. весь водосбор озера был включен в состав Национального Парка Хубсугул (838.1 тыс. га). Территория парка включает оз.о Хубсугул, прилегающие к нему с запада высокогорья и верховья р. Эйхен-Гол. С 1999 по 2001 гг. внутренний департамент США и ИМВЕС работали в сфере модернизации Национального Парка. Был построен туристический центр, производилось обучение штата сотрудников, были проведены работы для повышения доходов от Парка. С 2002 г. Глобальная Служба по Окружающей Среде (GEF) стала основным спонсором программ по долгосрочным научным исследованиям в окрестностях оз. Хубсугул. Финансовая поддержка работ осуществлялась Мировым Банком. С 2007 по 2012 гг. проводится новая программа, направленная на изучение изменений климата в бассейне озера, влияния этих изменений на выпас, особое внимание уделяется проблемам динамики вечной мерзлоты. С Монгольской стороны в программе принимают участие Академия Наук Монголии и Национальный Университет. Научные исследования ведутся также учеными из Японии, России, Норвегии, Германии, Нидерландов, Кореи, Тайваня и США. Работы проходят под патронажем ЮНЕСКО, которая курирует глобальную систему по изучению водных ресурсов Азии.

ВЕЛИКИЕ АФРИКАНСКИЕ ОЗЕРА

К Великим Африканским озерам относятся несколько крупных озёр, находящихся в Восточно-Африканской зоне разломов и вокруг



Рис. 1.10. Район Великих Африканских Озер
Источник: Nyamweru, 1983.

нее (рис. 1.10). Это оз. Виктория, второе по величине зеркала пресноводное озеро в мире оз. Танганьика, второе по глубине и объему, а также озёра: Ньяса (Малави), Альберт, Киву и Эдуард. Некоторые к числу Великих Африканских озёр относят только озёра Виктория, Альберт и Эдуард, поскольку лишь они имеют сток в Белый Нил. Озера Танганьика и Киву имеют сток в систему р. Конго, а Ньяса — в р. Замбези через р. Шире. Основные морфометрические характеристики Великих Африканских озёр приводятся в табл. 1.1

Таблица 1.1. Морфометрические характеристики Великих Африканских Озер

НАЗВАНИЕ ОЗЕРА	ПЛОЩАДЬ ВОДНОГО ЗЕРКАЛА, КМ. КВ.	ПЛОЩАДЬ ВОДОСБОРА, КМ. КВ.	НАИБОЛЬШАЯ ГЛУБИНА, М	СРЕДНЯЯ ГЛУБИНА	ОБЪЕМ, КМ. КУБ.
Виктория	68800	184000	84	40	2760
Танганьика	32600	263000	1470	570	18880
Ньяса (Малави)	29500	100500	706	292	8400
Альберт	5300	18223	58	25	133
Киву	2370	7000	489	240	560
Эдуард	2325	12096	112	17	39.5

1.3. ОЗЕРО ВИКТОРИЯ

Озеро Виктория (Виктория Ньянца, Укереве, Налубаале) - наибольшее из Великих Африканских озер, его площадь водной поверхности составляет 68800 км². Это второе по величине пресноводное озеро в мире, уступающее лишь оз. Верхнему (82367 км²). Озеро протягивается с севера на юг на 320 км, с запада на восток на 275 км, и имеет трапецевидную форму. Его координаты: 0°30'с.ш.-3°12'ю.ш.; 31°37'-34°53' в.д., урез воды находится на высоте 1134 м над уровнем моря. Максимальная глубина – 84 м, средняя – 40 м, объем заключенной воды 2760 км³. Танзания, Уганда и Кения расположены по берегам озера и контролируют 49%, 45%, и 6% его водной поверхности, соответственно (рис. 1.11). Площадь бассейна оз. Виктория сравнительно небольшая, менее чем в 3 раза превышает площадь водной поверхности озера.

Оз. Виктория лежит в обширной депрессии между Восточным и Западным отрогами Большого Рифта, в окружении плоских или слабо-всхолмленных равнин, поверхность которых, полого понижаясь, плавно уходит под воду. Берега преимущественно низкие, часто заболоченные, перед ними простирается широкая полоса мелководья. Высокие обрывистые берега характерны лишь для юго-западного участка побережья, к югу от устья р. Кагеры. На хорошо увлажненных северном и западном берегах распространены папирусовые болота, перемежающиеся с тропическими лесами и сельскохозяйственными угодьями. На юге и востоке, где климат более засушлив, преоблада-

ют саванные ландшафты. Наиболее крупные заливы – Кавирондо на северо-востоке, Спик на юго-востоке, Смит-Саунд на юге. На озере более 3000 островов общей площадью более 6000 км², многие из них обитаемы. На севере острова образуют архипелаг Сесе. На юге выделяется большой о-в Укереве (> 1000 км²).

Котловина озера имеет тектоническое происхождение. Начало ее формирования относится к середине четвертичного периода. Ранее на месте озера с востока на запад протекали две большие реки, заканчивающиеся, повидимому, в обширном озерном водоеме. Тектонические движения подняли восточный борт рифа, сток в западном направлении был прегражден, и реки повернули вспять. Однако в восточных частях речных долин уклон остался прежним, поэтому поворот стока привел к затоплению средних отрезков долин. Здесь возникли мелководные озера-болота, которые явились зачатками современного озера. После тектонического опускания территории, сопряженного с продолжающимся поднятием восточного борта Западного рифта, заключенные в речных долинах озера вышли из берегов, затопили водоразделы и слились друг с другом в единое озеро – Виктория. Возраст озера оценивается различными авторами в 400000 или в 750000 лет. Первоначально озеро, скорее всего, не имело стока; р. Виктория-Нил, раньше начинавшаяся севернее оз. Виктория, постепенно отодвинула свой исток на юг, перепилив невысокий водораздел, ограничивающий с севера озерную котловину (Дмитриевский, Олейников, 1979).

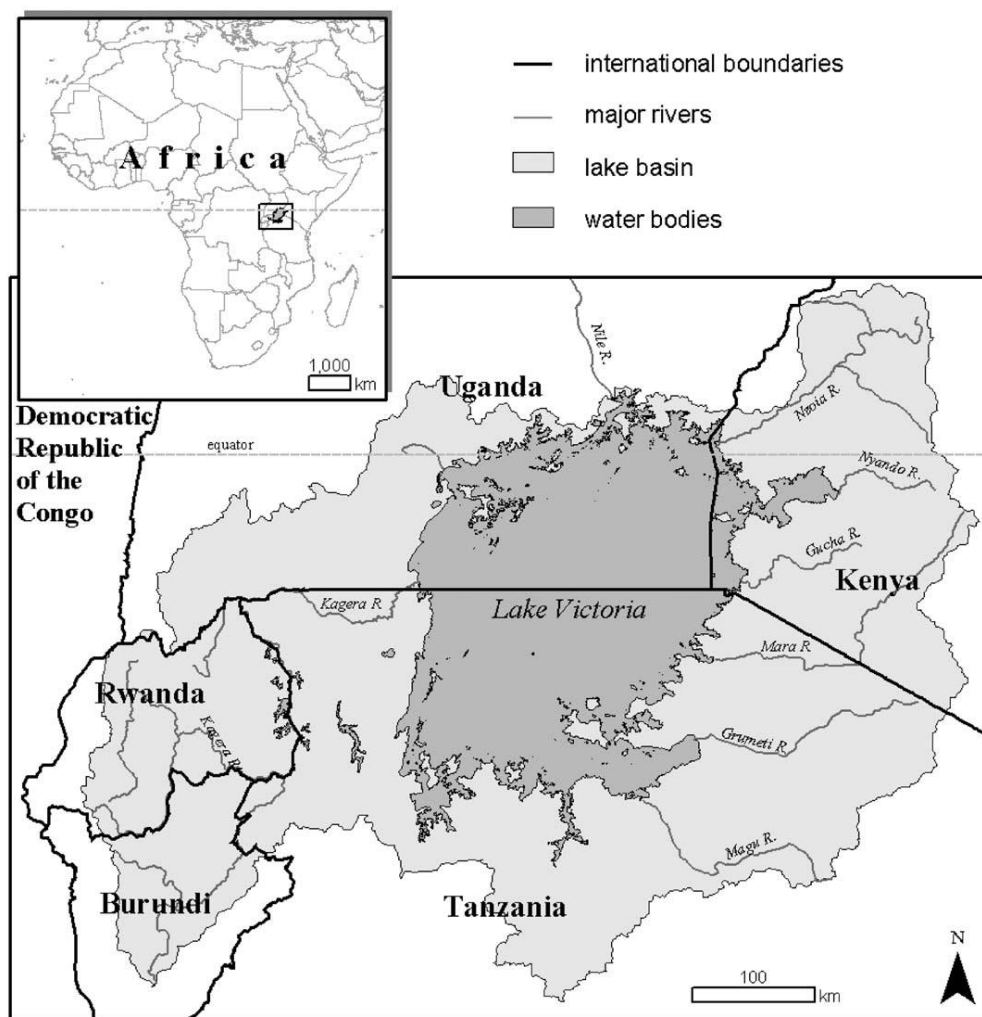


Рис. 1.11. Озеро Виктория. Источник: Albright et. al., 2004

Будучи относительно неглубоким водоемом, оз. Виктория является сильно чувствительным к изменениям климата. Согласно исследованиям шурфов, отобранных на дне озера, за время своего существования оно высыхало три раза. Эти циклические пересыхания, скорее всего, совпадают с прошедшими фазами оледенения. Последний период пересыхания озера происходил от 17300 до 14700 лет назад.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Изначально берега оз. Виктории населяли народы, родственные бушменам и готтентотам, а с угандийской стороны – пигмеи и койсанские племена. Все они занимались охотой и собирательством. Затем в 1-м тысячелетии до н. э. с Эфиопского нагорья пришли кушитские племена, а к началу н. э. пришли племена банту. Первые письменные сведения об оз. Виктория

относятся к XII в., когда его берегов достигли арабские торговцы. На карте 1169-х гг., известной как Ал Идризи, достаточно точно нанесены очертания озера как источника Нила. Из европейцев первым берегов озера в 1858 г. достиг британский исследователь Джон Хеннинг Спек, который и дал озеру его современное имя, назвав его в честь королевы Виктории.

С 1890 г. начинается колониальный период развития народов, населяющих побережье оз. Виктория, когда Восточная Африка явилась объектом соперничества между европейскими державами, в первую очередь Британии и Германии. С конца XIX в., со времени прихода европейцев, берега озера активно заселялись, а озерные ресурсы активно использовались. Уже в 1897—1901 годах была построена железная дорога и линия связи от озера Виктория до Момбасы. Англичане-поселенцы создавали в

регионе крупные плантационные хозяйства, в том числе для производства экспортных культур — чая, кофе, сизаля, а на территории Уганды внедрялось выращивание хлопчатника. Британцы создавали предприятия по переработке сельхозпродукции, производству потребительских товаров. Благодаря созданию определенной инфраструктуры, население, проживавшее по берегам озера, начало быстро расти. В 60-е годы XX века терпит крах колониальный режим и объявляется независимость для стран Восточной Африки. После объявления независимости страны региона столкнулись с массой трудностей, так что данный период изобилует большим количеством межэтнических конфликтов и военных столкновений. В 1978-79 гг. происходит война между Танзанией и Угандой, в конце 1980-х гг. гражданская война в Уганде, с 1998 по 2002 г. Уганда вовлечена во Вторую конголезскую войну. В начале XXI века политическая обстановка в регионе по-прежнему остается нестабильной. В Уганде лишь к 2008 г. заканчивается 20-летняя Гражданская война, а в Кении в 2007 г. вспыхивает новый межэтнический кризис. Однако в сфере управления водными и рыбными ресурсами оз. Виктория страны региона достигают определенных соглашений уже к середине 90-х годов XX века.

Самое крупное африканское озеро, являющееся источником Белого Нила, оз. Виктория имеет огромное значение в жизни и экономике стран Восточной Африки, прежде всего подходящих к его берегам Танзании, Уганды и Кении.

На сегодняшний день бассейн оз. Виктория является одним из наиболее густо населенных регионов мира. Озеро и питающие его реки снабжают водой около 35 млн. человек, проживающих на его водосборе. Согласно East African Community, озеро обеспечивает коммунальный водозабор 5 млн. человек, городского и сельского населения, проживающего на его берегах. Продажа рыболовной продукции является основным источником валюты для стран Восточной Африки. В рыбной отрасли занято около 3 млн. человек (ЕАС 2006). Благодаря плотинам, построенным на р. Виктория-Нил, население Уганды обеспечивается электроэнергией, выработка которой составила на уровень 2007 г. 380 МВт, в планах правительства на ближайшие годы увеличить

потребление гидроэнергии до 1200 МВт (Government of Uganda, 2007). В будущем Уганда предполагает экспортировать электроэнергию в Танзанию и Руанду (Lubovich, 2009). Хотя на сегодняшний день основным потребителем гидроэнергии является Уганда, значительный гидроэнергетический потенциал существует также у Кении. Согласно расчетам ЕАС, Кения может производить 278 МВт гидроэнергии за счет притоков оз. Виктория - Сонду-Мириу, Каджа, Нзоя и Яла (ЕАС 2006).

Сложно преувеличить экологическую роль водоема. Его воды и окружающие озеро заболоченные земли являются местообитанием множества рыб и птиц, многие из которых на сегодняшний день уже отнесены к редким и исчезающим видам. Благодаря своим огромным размерам озеро определяет погодные условия близлежащих территорий, играя ключевую роль в пространственном перераспределении осадков за счет фрикционных и термических контрастов между поверхностью воды и суши (Mukabana and Pielke 1996), а также является источником значительной влажности и латентного тепла окружающих территорий. Связь между температурами поверхности воды оз. Виктория и окружающим климатом особенно выражена в связи с его значительным высотным положением, которое определяет сильные ветра в регионе (Anyah and Semazzi 2004).

Характеристики термического режима

Оз. Виктория расположено в зоне действия экваториального климата. Среднегодовое параметры климата в его бассейне представлены на рис. 1.12. Большинство авторов относят оз. Виктория к мономиктическому типу. Полное перемешивание всего объема воды происходит один раз в год, частичное – несколько. Прямая температурная стратификация удерживается большую часть года и нарушается зимой. Термоклин обычно находится на глубине 30-40 м. В июне - июле стабильный термоклин ломается под воздействием юго-восточного течения, и в конце июля озеро на некоторое время становится изотермальным. (Talling, 1966). Температура эпилимниона колеблется в пределах 23.8-26°C; температура придонных вод примерно на 1°C ниже, чем поверхностных.

Среднегодовое параметры климата, ст. Kisumu

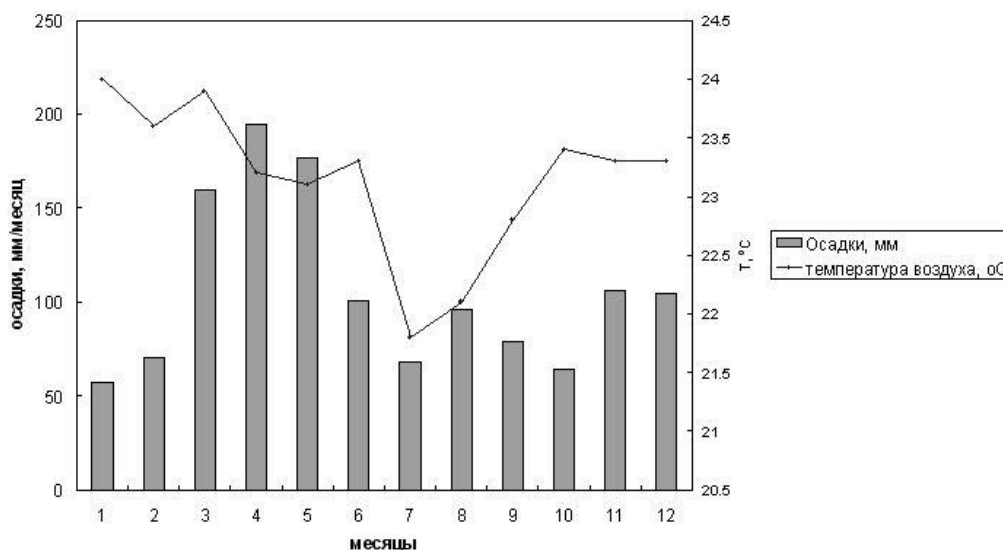


Рис. 1.12. Среднегодовое параметры климата, ст. Kisumu, по данным ИЛЕС.

Водный баланс. Уровенный режим

Особенностью оз. Виктория является значительное доминирование осадков в приходной части его водного баланса, составляющих в среднем около 86% (Okonga, 2001). За период наблюдений с 1950 по 2000 гг. годовой слой осадков варьировал в промежутке 886-2609 мм. Среди многочисленных рек, впадающих в озеро, крупнейшая – Кагера (самый удаленный от устья исток Нила), а также крупные реки: Исонга (на юге); Мбалагети и Грумети (на юго-востоке), Мара и Гори (на востоке), Нзоя (на северо-востоке), Катонга (на северо-западе). Вытекает из озера река Виктория-Нил. 80% расходной части водного баланса испаряется. За период наблюдений с 1950 по 2000 гг. годовой слой испарения варьировал в промежутке 1108-2045 мм (COWI, 2002).

Река Виктория Нил, покидая оз. Виктория в его Угандийской части, течет на север, в направлении к озеру Альберт из которого уже вытекает Белый Нил. В 1954 г. на р. Виктория-Нил была построена плотина Оуэн Феллс с целью выработки электроэнергии на нужды Уганды и Кении. В 2002 г. в Уганде было завершено строительство второго гидроэнергетического комплекса на р. Нил и построена плотина Киира, расположенная на 1 км ниже по течению плотины Оуэн Феллс (Налубаале).

Согласно структуре водного баланса речной сток вносит лишь небольшую часть водной

поставки и его вариации не значительно влияют на изменение уровня озера, тогда как годовые вариации осадков почти полностью определяют уровенный режим. Особенно большую роль играют затяжные ливневые дожди, выпадающие с марта по май и менее продолжительные дожди, выпадающие с октября по декабрь, так называемый период «коротких дождей» (ЕАС 2006). Согласно Awange et al. 2008 даже непродолжительные засухи в бассейне оз. Виктория могут иметь длительные последствия, которые требуют значительного времени для их преодоления.

Уровень воды оз. Виктория обычно слабо изменяется в течение года (в пределах 0.5-1 м). На рис. 1.13 представлен график исторических наблюдений за уровнем оз. Виктория. Как видно из графика, в начале XX в. уровни были существенно ниже, чем в его второй половине. Изменение уровня произошло после строительства плотины Оуэн Феллс, до этого на озере наблюдались значительные колебания уровня воды в зависимости от водности года, дамба снизила амплитуду этих колебаний. В начале 1960-х гг., вскоре после строительства плотины наблюдалось резкое повышение уровня, повышение совпало также с увеличением осадков в этот период. Высокие уровни воды держались до конца XX в., с начала XXI в. уровень озера начал снижаться, и к 2005 г. его средняя отметка находилась более чем на 1 м ниже средней отметки, наблюдавшейся в

График уровня воды оз. Виктория, 1900-2010 г.

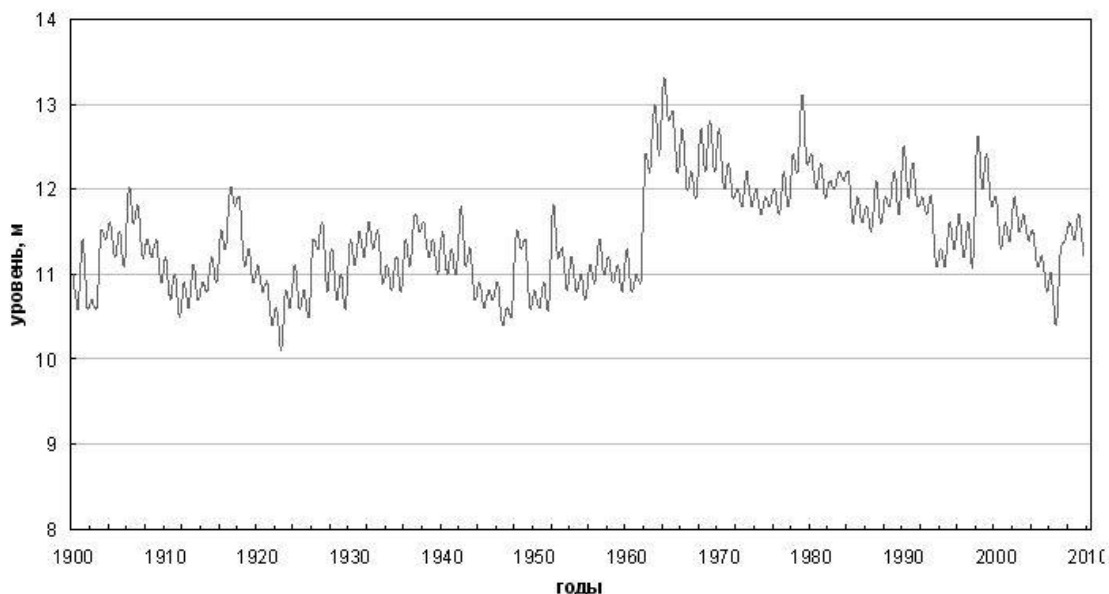


Рис. 1.13. Изменения уровня воды оз. Виктория. По данным USDA, TOPEX/Poseidon, Jason-1, OSTM historical archive.

1980-90-х гг. Уровень, достигнутый к 2006 г., явился наименьшим за последние 80 лет наблюдений.

Существенное падение уровня оз. Виктория, наблюдавшееся в начале XXI в. затронуло экономику ряда стран восточной Африки. Из-за низких уровней на 30% снизилась выработка электроэнергии в Уганде (Lubovich, 2009) - во многих регионах страны ее подача происходила нормировано, по пять часов в день. Выработка электроэнергии была сокращена с 265 МВт в 2003 г. до 185 МВт в 2006 г (Arunio, 2007). Значительные трудности, связанные с ростом цен на энергию, ощущались и в промышленном секторе. В Танзании был вынужден прекратить работу один из трех водозаборов. Коммунальный водозабор был снижен с 42 до 38 тыс м³/день (Lubovich, 2009). Кроме того, большие потери понесла сфера водного транспорта. Многие суда вынужденно загружались не в полном объеме. Падение уровня привело к осушению примыкающих к озеру болотистых территорий, поросших папирусом, являющихся буферной зоной, задерживающей значительную часть биогенного притока. Сухой папирус и торф сжигался с целью использования земель под сельскохозяйственные нужды. Громадный урон был нанесен местной фауне, рыбам и птицам,

средой обитания которых были заросли папируса.

В связи с серьезностью возникших проблем был произведен анализ причин, вызвавших столь быстрое и резкое падение уровня. Независимый гидролог Дэниэлл Калл (Kull, 2006), проживающий в Найроби рассчитал, что в связи со строительством нового гидроэнергетического комплекса, включающего плотину Киира, строительство которой завершено в 1999 г. (рис. 1.14), Уганда в начале 2000-х гг.



Рис. 1.14. Дамбы на р. Виктория-Нил. Источник: Lake Victoria... 2007

спустила вдвое больше воды, чем было оговорено в международном соглашении по озеру. Таким образом, по его мнению, она несет первоочередную ответственность за наблюдавшееся падение уровня. Согласно его оценкам в течение 2004-06 гг. две угандийские дамбы (Киира и построенная ранее Налубаале) сбрасывали в среднем около 1250 м³ воды в секунду, что на 55% больше, чем позволяют наблюдаемые в эти годы водные уровни. Обвинения в сторону Уганды прозвучали и от Генерального секретаря восточно-африканского Сообщества Аманья Мушега. Согласно отчету Power Planning Associates (PPA) дамбы ответственны за 59% произошедших потерь (Lake Victoria... 2007).

Угандийские власти отрицали заключения Д. Калла и настаивали на утверждении, что в падении уровня виновна только наблюдавшаяся в регионе засуха. Постоянный Секретарь Министерства по Окружающей среде Кариса Кабагамбе утверждал, что в 2004-06 гг. произошло снижение осадков в бассейне на 15%, так что именно длительная засуха явилась причиной понижения уровня большинства озер региона. После публикации Калла большинство гидрологов (Kiwango and Wolanski, 2007, Awange et al., 2008 и др.) также пришли к выводу, что снижение уровня озера в большей степени произошло из-за чрезмерных водовыпусков. Kiwango и Wolanski, 2007 утверждают, что уровень озера в начале XXI в. сохранился бы около средних значений, если бы водовыпуски после строительства плотин происходили согласно принятой кривой. С их точки зрения проблема возникла из-за сложности управления двумя дамбами одновременно. Претензии ряда гидрологов были высказаны в связи с нежеланием Уганды предоставлять материалы по водовыпускам. Согласно недавнему докладу Miller N.L., 2009 дамбы являлись повинной в снижении уровня оз. Виктория 2004-2006 г. на 55%, тогда как засуха - на 45%. На 19 внеочередной встрече ЕАС (19th Extraordinary Meeting of the EAC Council of Ministers) было принято решение установить «независимый и прозрачный механизм» контроля за уровнями воды представителями всех трех прибрежных стран (ЕАС, 2008).

К счастью, в конце 2006 г. в регионе выпали значительные осадки, и уровень воды вновь начал расти.

Согласно Miller N.L., 2009 глобальные изменения климата могут значительно сказаться на уровненом режиме оз. Виктория, приводя к увеличению испарения, количества засух и паводков. По прогнозам экваториальные ледники, включая г. Килиманджаро, могут полностью растаять к 2020 г., что приведет к снижению притока. Однако, как уже было отмечено выше, основную составляющую приходной части водного баланса озера играют осадки. Температура поверхности моря увеличивается на глобальном уровне, в том числе в Индийском океане, что изменит количество выпадающих осадков в регионе оз. Виктория. В ответ на нагрев тропосферы циркуляция индийского муссона может ослабнуть, изменив направления потоков влаги над Восточной Африкой. Anyah and Semazzi 2004 отмечают, что температуры воздуха в Угандийской части бассейна с 1960-х до 1990-х гг. увеличились на 0.5°C, что достаточно много для региона с небольшими амплитудами внутригодовых температур. ЕАС, 2006 оценивает увеличение температуры в бассейне озера между 1950 и 2000 г. в 1°C. Согласно исследованиям Anyah and Semazzi 2004 более высокие температуры над озером хорошо коррелируют с увеличением количества выпадающих осадков, а модельные расчеты показывают, что при повышении температуры на 1.5°C может происходить удвоение выпадающих осадков. При этом с ростом температуры значительно увеличится испарение, играющее основную роль в расходной части водного баланса. Поскольку озеро в очень большой степени определяет климат окружающего региона, любые, даже небольшие, изменения температуры и осадков могут повлечь за собой непредсказуемые последствия в масштабах бассейна.

Основные характеристики качества вод

Вода оз. Виктория отличается повышенной жесткостью, легкой щелочностью, рН колеблется в пределах 7.2-8.6. Электропроводность составляет 95-120 мкС/см, содержание основных ионов в мг/л: Na⁺ - 9; K⁺ - 4.1; Ca²⁺ - 3.9; Mg²⁺ - 2.7; HCO₃⁻ - 54.9; SO₄²⁻ - 2.5; Cl⁻ - 3 мг/л., прозрачность 0.5-2 м (Visser, Villeneuve, 1975, Bugenyi, Lutalo-Bosa, 1990, Mavuti, Litterick, 1991, ILEC).

Основные биологические особенности

Среди высшей водной растительности оз. Виктория доминируют воздушно-водные

макрофиты: рогоз (*Typha* spp.), тростник (*Phragmites* spp.), папирус (*Cyperus papyrus*), рдест (*Potamogeton* sp.); плавающие: воссия (*Vossia* sp.); погруженные: роголистник (*Ceratophyllum demersum*), гидрилла (*Hydrilla verticillata*), горец (*Polygonum* spp.). Фитопланктон представлен сине-зелеными: *Microcystis aeruginosa*, *Lyngbia limetica*, *Anabaena circinalis*, *Spirulina* spp., *Merismopedia* sp., зелеными: *Scenedesmus* spp., *Staurastrum* sp., *Ankistrodesmus falcatus*, *Coelastrum* sp., *Pediastrum* sp., диатомовыми: *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Synedra* sp., *Melosira nyassensis*, динофлагеллятами: *Ceratium* sp. (Nzombo, 2005) Первичная продуктивность согласно данным Gikumu-Njuru, 2006 на начало XXI в. составляет 217-646 мг O₂/м³ час. Зоопланктон состоит из 3 основных групп: веслоногие ракообразные - *Thermocyclops emini*, *T. oblongatus*, *Mesocyclops equatorialis*, ветвистоусые рачки - *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma excisum*, *Moina macrouris*, коловратки - *Brachionus caudatus*, *B. calyciflorus* (ILEC, 1984). Среди других планктонных организмов встречаются ресничные черви, водяные клещи, ракушниковые, остракоды, и личинки толстохоботных комаров (Mavuti, Litterick, 1991). Среди бентоса доминирующими видами являются брюхоногие моллюски (*Melania tuberculata*, *Bellamya* sp.), двукрылые (*Chaoborus* sp.), комары-звонцы, двустворчатые моллюски (*Corbiculina* sp., *Caelatura* sp.), малощетинковые черви (Mothersill, Freitag, Barnes, 1980).

Большинство видов рыб оз. Виктория появилось от двух миллионов до десяти тысяч лет назад из западных рек, которые позже затопили образовавшуюся депрессию, сформировав озеро. Для ихтиофауны характерна высокая степень эндемизма: хромисовые эндемичны на 90%, остальные виды на 58%. Кроме того, рыбное население проявляет определенное родство и с ихтиофауной Нильского бассейна. Высокая степень эндемизма связана, по всей видимости, с длительным периодом изоляции - озеро имеет сток по р. Виктория-Нил сравнительно недавно. Возможные в прошлом периоды обмеления озера привели к господству здесь двоякодышащих и илолюбивых рыб. В оз. Виктория до сих пор живёт рыба ланг, появившаяся в регионе 300 миллионов лет назад. Она может вдыхать и задерживать воздух в жабрах, как в лёгких. Это редчайшая

рыба, являющаяся связующим звеном между обычными рыбами и наземными животными.

Среди рыбного населения оз. Виктория в настоящее время доминируют: нильский окунь (*Lates niloticus*), тилапия (*Oreochromis leuconiticus*, *O. niloticus*), представители семейства карповых (*Rastrineobola argentea*, *Labeo shilbe*), также многочисленны представители семейства цихлид (*Haplochromis* spp.), алестид (*Alestes baremose*), клариевых (*Clarias* spp.), африканских двулегочниковых (*Protopterus aethiopicus*), косатковых сомов (*Bagrus docmac*), анабасовых (*Clarias* sp.). Семейство хромисовых представлено 64 видами, осталось 14 видов барбусов. Такие виды как *Protopterus*, *Clarias*, *Stenopoma* неплохо приспосабливаются к состоянию недостатка кислорода, тогда как *Barbus*, *Labeo*, *Clarias*, мигрируют в период наводнения из озера в реки, где и размножаются (Balirwa, Bugenyi, 1989). В водах оз. Виктория водится огромное количество крокодилов.

Оз. Виктория является одним из самых рыбопроизводительных пресноводных водоемов мира. Местными наиболее ценными видами рыб являются здесь тилапия *Oreochromis esculentus*, омена или дагаа *Rastrineobola argentea*, багрус *Bagrus dormac*, мозамбикский клариас *Clarias mossambicus*, протоптерус *Protopterus aethiopicus*, шильб полосатый *Schilbe mystus* и синодонтис *Synodontis* sp.. Кроме того, в 1950-1960 гг. в озеро были подселены также нильский окунь и тилапия. Если еще в 1960-70-е гг. около 80% биомассы в озере составляли местные виды цихлид, то с конца 1970-х гг. ведущее положение занимают вселенцы, и, прежде всего, нильский окунь, достигший к 1980-х гг. 60% от общего вылова. За свое вкусное мясо он имеет прибыльный рынок за границей, особенно в Европе, Азии и на Ближнем Востоке. Высокое коммерческое использование имеет также нильская тилапия, используемая как продовольствие на местном рынке. Среди местных видов наибольшее коммерческое использование после произошедшего в озере катастрофического изменения структуры рыбного населения имеет дагаа.

Ежегодные уловы на оз. Виктория с конца 1980-х гг. находятся в пределах 500 000 – 750 000 тонн, а в 2006 г. по данным Lake Victoria Fisheries Organization (LVFO) уловы были подняты до 1 060 000 тонн. LVFO –

Рыболовная Организация Озера Виктория, сформированная после подписания в 1994 г. трехстороннего Соглашения между Кенией, Танзанией и Угандой с целью скоординированного и рационального управления его рыбными ресурсами и рыбной ловлей. Рыбная ловля оз. Виктория, разделенная между Кенией, Танзанией и Угандой, обеспечивает для этих стран огромный источник дохода, занятости, продовольствия и валютного обмена. Доходы от рыбной ловли составляют от 300 до 400 миллионов долларов США, из которых 250 млн. приходится на экспорт нильского окуня (Uganda Coalition for Sustainable Development 2007; EAC 2006). В рыболовных коллективах занято около 200 тыс. человек.

Виды-вселенцы и крупнейшая потеря биологического разнообразия

В связи с подселением чужеродных видов оз. Виктория перенесло самую высокую, зарегистрированную для озерных экосистем, утрату видового разнообразия. Существовавшая в естественных условиях рыбная фауна озера отличалась высокой степенью вариативности. В озере обитало около 500 видов рыб, в том числе очень многообразно было семейство цихлид, представленное приблизительно 400 видами. Подселение чужеродных видов с целью увеличения уловов было начато в 1950-х гг., когда в озеро были добавлены несколько видов тилапии *Oreochromis niloticus*, *O. leucostictus*, *Tilapia zillii*, *T. rendalli*. Однако наиболее трагичным оказалось предпринятое в начале 1960-х гг. вселение нильского окуня *Lates niloticus*. Его взрослая особь может достигать 195 см в длину и 200 кг веса. Половозрелого состояния окунь достигает на 3 год жизни, тогда как ее общая продолжительность составляет 16 лет. Окунь отличается высокой продукционной способностью, самки выметывают до 16 млн. яиц одновременно и способны к икрометанию, когда их рост достигает 50-80 см. Рацион взрослой рыбы составляют более мелкие виды рыбы, насекомые и крупные ракообразные, молодые особи питаются планктоном.

До начала 1980-х гг. нильский окунь присутствовал в озере в сравнительно небольших количествах, после чего началось его массовое расселение, приведшее к абсолютному доминированию. Быстрое распространение нильского окуня происходило в силу его активного хищничества, кроме того, оно совпало с чрез-

мерным отловом в 1970-е гг. местных хищников - цихлид рода хаплохромисов, так что окунь перестал испытывать какую-либо конкуренцию в борьбе за пищу. В результате, за 30 лет доля цихлид сократилась с 80% в 1960-е гг. до 1% к концу 1980-х. Около 200 видов местных цихлид теперь являются почти полностью утраченными в естественной среде и встречаются, преимущественно, в зоопарках и аква-риумах. Некоторые виды цихлид выжили в близко расположенных, так называемых спутниковых озерах, как Кьога, Эдуард и Альберт. К сожалению, в силу высоких доходов, приносимых от продажи нильского окуня экономике стран, расположенных по берегам оз. Виктория, необходимых мер по ограничению численности этого вида не предпринималось. Более того, в конце 1970-х-начале 1980-х гг. изменения в озерной фауне не воспринимались как катастрофичные, понимание трагедии пришло лишь к 1990-м гг. К концу 1980-х гг. практически исчезла и одна из двух местных разновидностей тилапии – нгге (*Oreochromis esculentus*), уступившая место вселенцу – нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*). Тилапия нгге, отличавшаяся более высокими вкусовыми качествами, проиграла в конкурентной борьбе из-за своих менее высоких скоростей размножения. Кроме того, нильская тилапия негативно сказалась на местных популяциях благодаря активному скрещиванию с ними. К счастью, тилапия нгге смогла выжить в близко расположенных к оз. Виктория небольших озерах и прудах. В 1988 г. Всемирный Союз по охране редких и исчезающих видов (World Conservation Union Red Book of Endangered Species) занес в Красную Книгу несколько сотен видов рыб, обитавших в озере Виктория, под грифом «исчезающие».

К началу 2000-х гг. благодаря высоким нормам вылова, а также из-за активного распространения водного гиацинта, создающего для окуня неблагоприятную среду, популяция Нильского окуня стала истощаться. В 1999-2001 гг. рыбные запасы нильского окуня оценивались в 1.29 млн. тонн, тогда как в 2005-06 г. – в 0.82 млн. тонн (Lubovich, 2009). В результате сокращения нильского окуня увеличилась численность некоторых местных видов цихлид, в особенности разновидностей, питающиеся зоопланктоном, таких как *Rastrineobola argentea*. В уловах доля нильского окуня снизилась с 60% на уровень 1980-х до 25-30% на уровень второй

половины 2000-х гг., в то же время существенно поднялась доля дагаа - с 25 до 50-55%, соответственно.

Антропогенная активность в бассейне

Регион Великих Африканских озер – один из наиболее населенных регионов мира. Площадь водосбора оз. Виктория составляет 184000 км², здесь проживает около 35 млн. человек (Onganga, Righa 2009), из которых около 85% приходится на Танзанию, Уганду и Кению и еще около 15% на Руанду и Бурунди, также частично входящих в бассейн оз. Виктория. Норма прироста численности населения составляет 3-4% в год. По побережью размещается ряд крупных городов, таких как Кисуму, Кампала, Энтеббе, Джинджа, Букоба, Мванза и Мусома, с населением от 0.2 до 2 млн. человек, связанных между собой морскими дорогами. В последние десятилетия урбанизация имеет очень высокие темпы, в бассейне уже насчитывается 87 больших городов (из них 51 в Кении, 30 в Танзании и 6 в Уганде). Большинство жителей живет намного ниже черты бедности и без постоянного доступа к электричеству. Внутренний Валовой Продукт на человека составлял в 2009 г. в Танзании 1400 долларов США, в Уганде - 400 и в Кении – 1200, однако большинство жителей имели доход от 90 до 270 долларов США в год. Лишь около 17% местного жилья охвачено системами канализации, даже в городах к коллекторной сети подключено менее 30% резидентов. 80% жителей одного из наиболее крупных в бассейне кенийских городов - Кисуму (700 тыс. человек) используют выгребные туалеты (Onganga, Righa 2009). Городские системы очистки стоков крайне неэффективны и порой не работают по несколько месяцев. В результате значительная часть необработанных нечистот во время ливней смывается в реки и затем в озеро. Из-за быстрого роста городов, существующие системы канализации не справляются с постоянно растущим объемом стоков, часто происходит их прорыв и перелив сточных вод. Кроме того, во время ливней часть нечистот попадает в грунтовые воды и в плохо защищенные колодцы, используемые для питьевого водоснабжения. При этом грунтовые воды являются единственным источником водоснабжения для 75% жителей Кисуму. А необработанные воды – 70% населения региона (Machiwa 2002). В результате периодически возникают вспышки тифа, лихорадки, холеры, дизентерии и малярии (Lubovich, 2009).

Согласно историческим свидетельствам вокруг озера с давних времен развивалось сельское хозяйство. Из-за быстрого прироста населения, нуждающегося в продуктах питания, развитие сельского хозяйства с целью увеличения урожайности в последние десятилетия идет по пути использования пестицидов и удобрений. Эти агрохимикаты очень богаты биогенными веществами, поступающими затем со стоком в озеро. Экономическое развитие в бассейне включает также рыбную ловлю, лесоводство, туризм, гидроэнергетику и транспорт. Оз. Виктория по его единственному выходу на севере, р. Виктория-Нил, является водным путем к Судану и Египту.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Интенсивный рост численности населения, сопровождающийся активным хозяйственным развитием в бассейне, привел к серьезным экологическим проблемам на озере Виктория. Среди мероприятий, приведших к наибольшим экологическим последствиям:

- бурный рост городов, сопровождающийся увеличением плохо очищенных и, в ряде случаев, неочищенных промышленных и коммунальных стоков;
- расширение сельскохозяйственных площадей, сопровождающееся ростом сельскохозяйственных стоков;
- сплошная вырубка лесов по всему побережью, приводящая к увеличению почвенной эрозии. В 2000 гг. сведения лесов в Кении происходило со скоростью 0.5-0.9% в год, в Уганде – более 1%, и в Танзании – 0.1-0.4% (Olago, 2009);
- деградация примыкающих к озеру болотистых земель. На сегодняшний день по оценкам Kayombo, Jorgensen, 2005 около 75% этих земель испытывают на себе антропогенное давление и 13% полностью деградировали.

Кроме того, как уже было описано выше, огромное давление на озеро оказало развитие рыбной ловли и рыбной промышленности. Рыбная промышленность производит огромное количество отходов. На сегодняшний день из-за низкого качества или отсутствия систем очистки стоков на большинстве рыбоперерабатывающих предприятий значительная их часть поступает обратно в озеро, привнося туда

огромное количество биогенных веществ. Согласно Gumisiriza et al., 2009 на озере существует 31 предприятие рыбной промышленности, которые ежегодно суммарно производят 36 000 тонн твердых отходов и 1 838 000 тонн жидких. С целью заинтересовать производителя не выкидывать, а использовать рыбные отходы, была предложена дальнейшая система их переработки для производства комбикормов, органических удобрений, биохимических изделий, а также биоэнергии (Gumisiriza et al., 2009). До конца 2000-х гг. самостоятельные попытки утилизации отходов чаще всего оказывались нерентабельными.

Эвтрофикация В связи с высокой плотностью населения и быстрым развитием экономики в регионе, в течение последних десятилетий происходит неуклонный рост поступления в озеро с водосбора биогенных веществ, приводящее к проявлению его антропогенной эвтрофикации. Важнейшими источниками поступления биогенных веществ являются коммунальное и сельское хозяйство. С начала XX столетия до 1980 гг. их поступление возросло почти в 3 раза (TED Case Studies: Lake Victoria). Рост, главным образом, происходил с середины XX века. Согласно оценкам LVEMP с городскими стоками ближайших к озеру поселений в него за год поступает 3028 тонн общего азота и 2686 тонн общего фосфора. Согласно оценкам COWI, 2002, - 3505 и 1624 тонн, соответственно, еще 49509 тонн общего азота поступает с водосбора и 102151 – из атмосферы, фосфора – 5693 и 24398 тонн, соответственно. Промышленные стоки добавляют 414 тонн азота и 342 тонн фосфора. По мнению Kiwango and Wolanski, 2007 80% фосфора, привносимого в озеро с водосбора, имеют муниципальное и промышленное происхождение, а 75% азота приносится с сельскохозяйственными стоками.

Содержание биогенного вещества в воде озера Виктория особенно велико в мелководных заливах, вблизи крупных городов и в устьях рек. Измерения, произведенные для Танзанийской части водоема показывают максимальный приток азота в зал. Мванза, побережье которого наиболее густо населено (Pascal et al., 2007). Внутригодовое распределение концентрации азота свидетельствует о его повышении во влажный сезон. Максимальные значения азота наблюдались в период менее продолжительных зимних дождей, а также продолжительных весенних, концентрации в сухой

сезон были в 3-7 раз ниже (Pascal et al., 2007). Концентрация фосфатов в озере составляет на начало XXI в. 20-56 мкг/л (Gikumu-Njuru, 2006). При этом согласно оценкам Vincent et al., 2007, производившим оценку биогенного притока с Кенийской части водосбора, концентрация фосфатов в сточных водах находится в пределах 1.59-33.03 мг/л, а в речных (Awachi Seme, Nyando, Sondu Miriu, Awachi and Yala) – 0.45-6.51 мг/л. Наиболее высокие концентрации были обнаружены в сточных водах, разгружаемых в зал. Хома (Homa Bay). Во влажный сезон концентрации были выше. За последние десятилетия концентрация фосфатов значительно повысилась в глубинных слоях. Накопление фосфора в донных осадках за прошлое столетие удвоилось. Согласно Vincent et al., 2007 содержание фосфатов в донных осадках наиболее загрязненных заливов Кенийской части водосбора составляет до 56.6 мг/кг. Соотношение TN:TP для оз. Виктория оценивается в 40-50, в прибрежных участках оно выше.

В 1960 гг. концентрация хлорофилла-а в пелагиальных водах согласно данным Talling, 1965, 1966 составляла 1.2-5.5 мкг/л, а у берегов – до 20 мкг/л. В самых загрязненных участках она не превышала 70 мкг/л. К концу XX века средние по озеру концентрации хлорофилла возросли до 10-20 мкг/л, а у побережья – до 20-80 мкг/л. В 1997 г они составили в воде зал. Мванза - до 170 мкг/л, а зал. Марчисон. – до 300 мкг/л (COWI, 2002). В открытой части водоема наибольшие значения хлорофилла-а обычно наблюдались в короткий период стратификации, с августа по сентябрь. Прозрачность в среднем по озеру снизилась с 5 м в начале 1930-х до 1 м в 1990-х гг (TED Case Studies: Lake Victoria). В заливах она теперь не превышает 0.5 м. Продуктивность фитопланктона выросла к концу столетия по сравнению с 1960-ми гг. в 5 раз (GIWA 2006), а его видовой состав резко изменился. Диатомовые, доминировавшие в 1960-е гг., уступили место сине-зеленым (*Microcystis*, *Anabaena*). Доля сине-зеленых возросла до 45-65%, а диатомовых сократилась до 20-40% (Gikumu-Njuru, 2006). Согласно мнению Mugidde, 2001, лимитирующая роль в развитии водорослей переходит от питательных веществ к поступлению света.

Процесс эвтрофирования особенно четко проявлялся с 1980-х гг. На протяжении нескольких десятилетий наблюдался чрезмерный рост таких водорослей, как *Microcystis aeru-*

ginosa, *Anabaena circinalis*, *A. sporoides*, а также, в наиболее загрязненных заливах (зал. Ньянца), такого чрезвычайно опасного вида как *Cylindrospermopsis africana*. (Gikumu-Njuru, 2006). Фикотоксины, выделяемые некоторыми сине-зелеными водорослями, опасны для рыбы, поскольку разрушительно действуют на ее печень. С середины 1980-ых гг. сине-зеленые формировали обширные плотные ковры на поверхности озера. Их бурное развитие приводило к кислородному дефициту. В ряде районов содержание кислорода на глубине 25 м упало до 3 мг/л (Onganga, Righa 2009). Около половины водоема испытывали кислородное голодание на глубине превышающей 30 м, длящееся в течение нескольких месяцев (Njiru et al., 2001), тогда как в 1960-е гг. оно имело очень ограниченное распространение, лишь в придонных слоях (GIWA 2006). В период кислородного голодания значительная часть озера становится теперь непригодной для проживания рыб. В мелководном зал. Ньянца (средняя глубина 7 м), соединенном с озером относительно узким каналом Русинга, в связи с поднятием во время штормов к поверхности глубоких аноксичных вод в конце XX столетия происходило несколько крупномасштабных заморов рыбы. В 1984 г. в результате замора погибло около 2400 тонн рыбы (Ochumba, P.V.O., 1990).

Эвтрофирование водоема создает массу проблем и для водопользователей. Токсины, выпускаемые сине-зелеными крайне вредны для млекопитающих, а также для человека. Качество воды катастрофически снизилось, по мере дальнейшего эвтрофирования водоема требуется все более дорогостоящая очистка воды, используемой на коммунальные нужды. Вместе с тем, происходит постоянное засорение водозаборных фильтров. Наиболее эвтрофированными областями озера Виктория являются заливы Винам, Мерчисон, Наполеон и Мванза. Самый высокий уровень эвтрофированности наблюдается в прибрежной зоне.

Заиление С целью расширения сельскохозяйственных площадей на водосборе оз. Виктория были сведены значительные площади лесов. На сегодняшний день около 1/3 площади бассейна занимают сельскохозяйственные земли. В результате сведения лесов и слабой сельскохозяйственной практики резко увеличилась эрозия почв. К значительным негативным последствиям привело сведение деревьев в непосредственной близости к озеру. По

различным оценкам в водоем поступает от 690 млн. до 19 800 млн. тонн наносов за год (Lubovich, 2009). Даже наименьшее из приводимых значений свидетельствует о серьезности проблемы заиления. Согласно Majaliwa et al. (2001) наибольшая эрозия почв происходит при выращивании зерновых, тогда как культивация кофе и бананов почти не задевает почвенный слой. Вместе с почвенным покровом из-за эрозии в водоемы поступает огромное количество биогенного вещества. По расчетам, приводимым COWI 2002 нормы осадконакопления составляют 0.1 мм/год. К сожалению, из-за сохраняющейся тенденции расширения сельскохозяйственных площадей, ситуация в ближайшее время не улучшится. Скорость расширения составляет 2.2% (Kayombo, Jorgensen, 2005). Кения, Танзания и Уганда стремятся увеличить производство ряда культур, прежде всего кофе и чая, приносящих валютные прибыли. Кроме всего, активно развивается животноводство.

Рост токсического загрязнения Из-за низкого качества обработки промышленных стоков озеро испытывает на себе токсическое загрязнение. Масштабы этого загрязнения плохо изучены, однако есть надежда, что пока оно еще не велико. Очистительные системы, используемые в бассейне, включают: фильтрацию и окислительные пруды при обработке муниципальных стоков; анаэробные и аэробные окислительные пруды при обработке промышленных стоков. Однако большинство стоков остаются неочищенными.

Из-за наличия на водосборе месторождений золота в воду озера поступают соединения ртути, используемой при его добыче. Месторождения золота активно разрабатываются в Танзании, в 2005 г. экспорт минерального сырья, прежде всего золота, принес стране 642 млн. долларов (Yager 2007), это около 42% от общей валютной прибыли. В воде и донных отложениях зал. Мванза обнаружены следы таких тяжелых металлов как хром, свинец, кадмий, медь и цинк (Kishe and Machiwa, 2001). Пока что они находятся в неопасных количествах. По данным Tole and Shitsama, 2001, средняя концентрация тяжелых металлов в водах зал. Минам составила 0.12-0.45 мг/л Pb, 0.01 мг/л Cd, 0.16-1.82 мг/л Cr, в донных осадках – 21.2-76.2 мг/л Pb, 0.4-2.8 мг/л Cd, 37.6-394 мг/л Cr (Kayombo S., Jorgensen S.E., 2005). Концентрация металлов увеличивается вблизи городов, что свидетельствует о их индустриальном

происхождении. Одним из загрязнителей в последние десятилетия становятся нефтепродукты, попадающие в воду из трюмов крупных судов и с переливных станций.

Агрохимикаты также были обнаружены в озере, пока в небольших количествах. В законодательстве прибрежных стран прописано ограничение их использования в сельском хозяйстве, так что Танзания, Уганда и Кения стараются придерживаться установленных норм. Согласно данным Henry & Kishimba 2002 концентрация в нильском окуне эндосуфана, В-эндосуфана и эндосульфана составили 0.01-0.03 мг/л. Кроме того, с водами р. Нзоя обнаружено поступление в озеро пестицидов: ДДТ - 0.3 мг/л, ДДЕ - 0.3 мг/л, Токсафен - 0.2 мг/л. На обнаружение в воде остатков пестицидов, сельскохозяйственного происхождения, указывают также Getenga et al., 2004; Henry and Kishimba, 2002. Большая часть токсичных загрязнителей попадает в литоральную зону.

Водный гиацинт С 90-х годов XX века на оз. Виктория борются с агрессивными поселениями водного гиацинта (*Eichhornia crassipes*) – плавающего макрофита с чрезвычайно высокой скоростью роста, способного удваиваться в размере каждые 6-18 дней (NASA, 2007). Растение может вырастать до 80 см над поверхностью воды. Его листья достигают 10-20 см в диаметре, прямостоячие толстые стебли имеют длину до полуметра. Связываясь воедино растения формируют плотные ковры. Семена гиацинта отличаются высокой живучестью, они могут сохраняться в иле или на дне озера до 30 лет, быстро прорастая при благоприятных условиях. Уроженец Америки водный гиацинт, был случайно вселен в озеро еще в начале XX века. В отсутствие естественных врагов он хорошо прижился. Однако экологическую проблему водный гиацинт стал представлять лишь к концу XX века. Наблюдавшееся с середины XX в. быстрое эвтрофирование водоема создало благоприятную среду для огромных скоростей расселения этого сорняка. С конца 1980-х годов скопления водного гиацинта блокируют передвижение водного транспорта, затрудняют лов рыбы, создают проблемы для гидроэнергетики и коммунального водозабора. Особенно страдают рыбаки. Владельцы небольших лодок практически не могут протиснуться по озеру. Задержки коммерческого транспорта приводят к

гниению улова и потерям заработка. Возникающий из-за массового распространения сорняка кислородный дефицит вызывает рыбные заморы. Заросли водного гиацинта, являясь благоприятной средой для размножения паразитических проститов рода *Plasmodium*, вызывающих малярию, провоцируют эпидемии этого заболевания.

Применение водного гиацинта крайне ограничено. Для того, чтобы его можно было использовать в качестве животных кормов, он имеет слишком высокое содержание кремния, оксалата кальция, калия и невысокие содержание протеина. В качестве удобрений водный гиацинт не может использоваться из-за слишком высокого соотношения углерод/азот, что требует добавления дополнительных азотистых удобрений (Makhanu 1997).

Большие скопления водного гиацинта впервые были отмечены в оз. Виктория в 1988 г., предположительно, он появился в озере из р. Кагера, устье которой расположено в Угандийской части водоема. Сорняк покрывал сплошным покровом прибрежные мелководные зоны вдоль Угандийского берега с глубинами до 6 м. Постепенно инвазия стала распространяться по всему озеру к берегам Кении. К 1995 г. под водным гиацинтом находилось около 90% береговой линии Уганды. Наиболее крупная вспышка наблюдалась в 1997 г. Согласно оценкам Мирового Банка эта вспышка нанесла прибрежным государствам урон от 6 до 10 млн. долларов. Активность в Кенийском порту Кисуму была снижена на 70% (Mailu 2001).

Борьба с водным гиацинтом велась с начала 1990-х годов, преимущественно ручным способом. В середине 1990-х вопросами удаления сорняка занялись участники LVEMP-I (Lake Victoria Environmental Management Program) и Американское Агентство Международного Развития (U.S. Agency for International Development funding for coordination efforts by Clean Lakes). В результате совместных усилий правительства трех прибрежных стран предложили для борьбы с сорняком следующие методы:

1. Механические усилия по сбору гиацинта. Для этого в Кенийском Индустриальном Научно-исследовательском Институте (Kenya Industrial Research and Development Institute KIRDI) был разработан специальный комбайн. Механический метод является весьма эффективным,

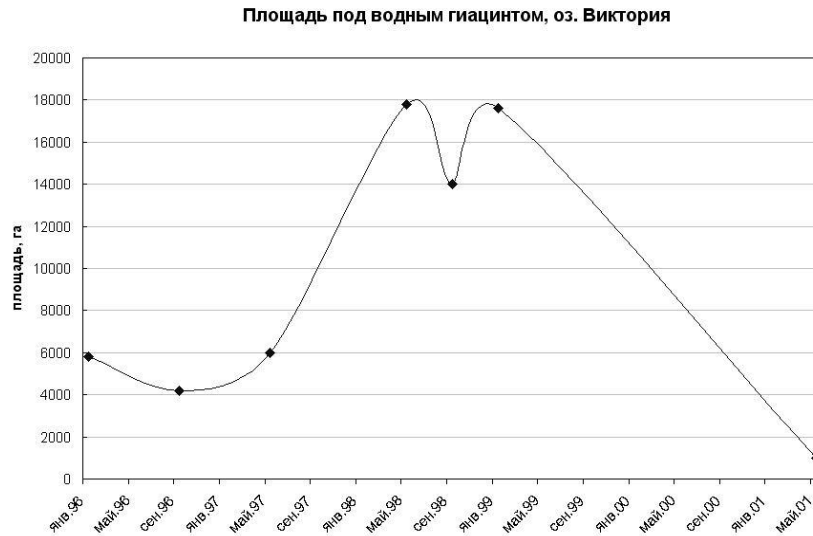


Рис. 1.15. Динамика площадей, занятых водным гиацинтом, на озере Виктория, 1996-2001 гг., по данным Albright et al., 2004.

но дорогостоящим, обработка 1 гектара обходится около 3000 американских долларов (World Bank 2000). В качестве чрезвычайной меры механический метод стал активно использоваться в Кенийской части бассейна с июня 2000 г.

2. Программы химического контроля, предполагающие использование гербицидов в открытой части водоема для минимизации их вредного влияния на жителей. Цена этого метода оценивалась в 100-300 долларов на гектар. Данный метод не имел поддержки из-за возможности накопления гербицидов в тканях рыб, являющихся основным продуктом экспорта.

3. Биологический контроль, который включал программы по вселению долгоносика *Neochetina eichhorniae* и *Neochetina bruchi*. Его взрослые особи питаются листьями растения, а личинки – побегами. Урон, наносимый долгоносиками, делает растение неспособным к цветению и размножению. Стоимость данного метода составляла 30-50 долларов США. Биологический контроль был признан самым успешным. Сокращение поселений гиацинта при его использовании составляло от 30 до 50%. Долгоносика начали вселять в озеро с 1995 г. Сложностью использования биологического метода явилась необходимость четкой координации между правительствами. К 2000 г. программы биологического контроля, механические усилия по сбору гиацинта, естественные изменения уровня воды и волновая

деятельность на некоторое время значительно снизили распространение сорняка, ограничив его наиболее мелководными участками. Площади, занимаемые сорняком, удалось уменьшить на 90%. В 1998 г. сорняком была покрыта площадь в 172 км² (Albright et al., 2004), к 2000 г. удалось сократить ее до 5 км² (рис. 1.15), на декабрьских снимках 2005 г. заливы кажутся почти чистыми (Peterson G., 2007) (рис. 1.16). Ряд авторов среди факторов, сказавшихся на распространении водного гиацинта, указывает эль-ниньо, проявившийся в регионе в конце 1997 - начале 1998 гг. (Albright et al., 2004, Williams et al., 2005, Wilson et al., 2006). Сильные ветры, вызванные эль-ниньо, способствовали развитию волновой деятельности, в результате растения, поврежденные долгоносиком, подвергались еще более мощному воздействию волн (Wilson et al., 2006). Ветровой деятельностью можно объяснить и наблюдавшееся перемещение гиацинта от танзанийского побережья к кенийскому (залив Винам) в 1998 г. (Albright et al., 2004). По мнению Albright et al., 2004, и Williams et al., 2005, при иных погодных условиях успешность биологического контроля могла бы быть значительно ниже.

Таким образом, к началу 2000-х годов сложилось представление о том, что борьба прошла достаточно успешно. Однако благоприятный период длился недолго и совпал с низкими уровнями воды, после повышения уровня, наблюдающегося в конце 2006 г., гиацинт

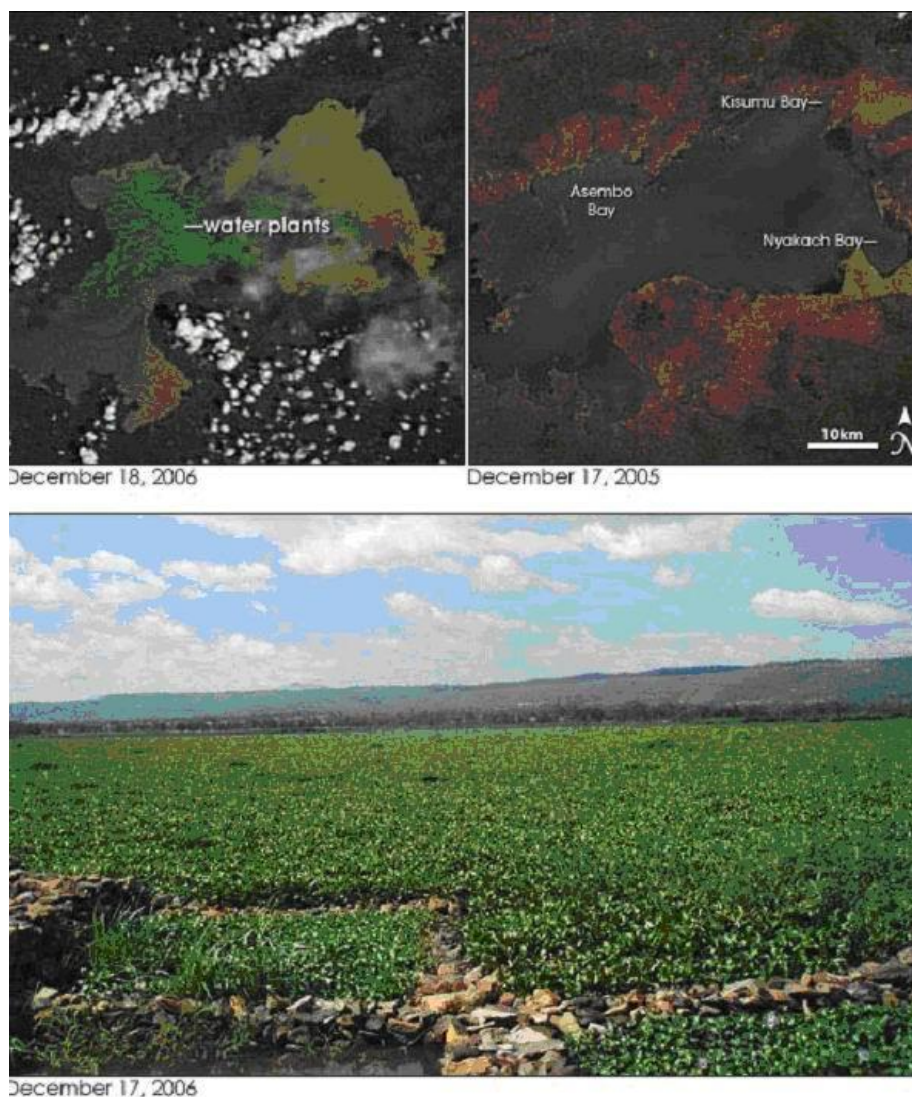


Рис. 1.16. Инвазия водного гиацинта на оз. Виктория, снимки NASA 2005 и 2006 г. г. Источник Peterson G., 2007

вновь бурно распространяется по озеру. Обильные дожди, выпавшие в бассейне в ноябре-декабре и приведшие к повышению уровня, привнесли в озеро с речным стоком большое количество биогенных веществ. В результате была отмечена новая вспышка развития водного гиацинта, покрывшего в 2007 г. большую площадь заливов Кисуму и Ньякаш (Kisumu Bay, Nyakach Bay). Проблема водного гиацинта остается одной из наиболее важных и обсуждаемых для прибрежных стран оз. Виктория.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

В 1994 г. с целью скоординированного и рационального управления рыбными ресурсами и

рыбной ловлей на оз. Виктория было подписано трехстороннее Соглашение между Кенией, Танзанией и Угандой и создана Рыболовная Организация Озера Виктория Lake Victoria Fisheries Organization (LVFO). В 1996 г. Мировой Банк финансировал проект по восстановлению экологии оз. Виктория и поддержанию его рыбного хозяйства, названный Lake Victoria Environmental Management Project (LVEMP). Большая роль в продвижении этого проекта принадлежала Восточно-Африканскому Сообществу, East African Community (EAC). Одновременно Европейский Союз инвестировал дополнительную сумму в программу по мониторингу рыбной ловли. Одним из направлений этой финансовой помощи явилось обучение нового поколения восточноафриканских водных эко-

логов и специалистов, занимающихся рыбным хозяйством. Кроме того, было увеличено количество научных специалистов, работающих в институтах озерного рыбного хозяйства. 31 декабря 2005 г. проект LVEMP-I был завершен, но уже с 2003 г. начал разрабатываться проект LVEMP-II. Новая стадия началась 31 марта 2009 г. и оценивается в 135 миллионов долларов США. LVEMP-II нацелен на развитие региональной структуры управления пограничными водными ресурсами и рыбной ловлей и разработку механизмов решения спорных вопросов. Особое значение уделено вопросам юридической поддержки рыбной ловли и экологического законодательства. Большое значение уделяется исследованиям в области контроля за загрязнением. Финансирование направлено на создание новых очистных систем, в регионах, где на сегодняшний день они отсутствуют. Разработаны механизмы сохранения почв в девяти приоритетных регионах. (Lubovich, 2009). Несмотря на достижения проекта LVEMP-I и масштабность проекта LVEMP-II вопрос об эффективности предпринимаемых инициатив все еще остается открытым. Главным залогом успеха решения проблем оз. Виктория будет являться согласованность действий трех стран, выходящих к его берегам. Как показал опыт последних десятилетия совместные действия Кении, Танзании и Уганды приводят к положительным результатам, когда сферы их интересов пересекаются, как в случае борьбы с водным гиацинтом. Но при разнице интересов, как в случае с падением уровня воды, пока находить согласованные решения странам очень трудно.

Среди организаций, занимающихся вопросами экологии оз. Виктория необходимо назвать OSIENALA (некоммерческая организация Osier nam Lolwe friends of the lake - Общество друзей озера Виктория) и ECOVIC (East African Communities' Organization for the Management of Lake Victoria Resources Организация восточно-африканских общин по управлению ресурсами оз. Виктория). В обязанности OSIENALA входит следить за распространением водных лилий на оз. Виктория и предпринимать неотложные меры при увеличении их численности. Кроме того, OSIENALA занимается борьбой с бедностью четырехмиллионного аборигенного населения Кении, укрепляя потенциал соседских и родовых общин и организуя их деятельность, направленную на

самоконтроль и самозащиту окружающей среды в регионе.

На территории оз. Виктория находятся знаменитые заповедники и Национальные парки, в том числе Национальный парк острова Рубондо (Rubondo Island) площадью 450 кв. км. Животный и растительный мир Рубондо чрезвычайно богат и многообразен, при этом на острове нет млекопитающих хищников, здесь обитают слоны, носороги, жирафы, саблерогие антилопы, бегемоты, крокодилы, толстотелы, шимпанзе, зеленые мартышки, дикобразы, мангусты, питоны, мамбы, кобры, гадюки. Кроме того, на острове проживает около 400 видов птиц, включая орлов, цапель, аистов, ибисов, зимородков, бакланов. С целью поддержания сред обитания в конце 1990-х гг. было предложено придать охранный статус Рамсарских угодий папирусным болотам в районе Набугабо (Nabugabo wetlands) (Ogutu-Ohvaio, 2001). Роль этого участка сводится, прежде всего, к сохранению родных для озера видов рыб, типа *O. esculentus.*, так как вселенец - нильский окунь не любит болотистые территории, где ему не хватает кислорода.

1.4. ОЗЕРО ТАНГАНЬИКА

Озеро Танганьика - второе по величине из озер Африканского Рифта. Его координаты: 3°22'-8°49'ю.ш.; 29°12'-31°12'в.д., урез воды находится на высоте 773 м над уровнем моря. Страны: Демократическая Респ. Конго, Танзания, Бурунди и Замбия расположены по берегам озера и контролируют 45 %, 41 %, 8% и 6 % его водной поверхности, соответственно. Оз. Танганьика - самое длинное в мире озеро, протянувшееся с севера на юг на 670 км (Jorgensen et al., 2005); его ширина составляет 40-80 км (рис. 1.17). Площадь водного зеркала 32600 км², объем заключенной воды - 18800 км³ (Jorgensen et al., 2005).

Впадина Танганьики – наиболее глубоко погруженный участок Западного рифта и всей рифтовой системы в пределах собственно Восточной Африки. Борта грабена Танганьики достигают высоты 2200-2400 м над уровнем моря на западе и 1200-1300 м на востоке. Озерная котловина состоит из 2 главных глубоководных бассейнов - северного и южного - внутри которых находится еще несколько котловин второго порядка. Максимальная глубина южного бассейна составляет 1470 м,

северного - 1310 м, средняя глубина озера – 570 м. По глубине оз. Танганьика уступает лишь озеру Байкал. Северный и Южный бассейны являются двумя самостоятельными грабенами, разделенными поперечным горстовым поднятием. Поднятие, будучи затопленным водами озера, имеет вид подводного порога, пересекающего озеро от его западного до восточного берега вблизи 6 градуса южной широты. Глубины на пороге составляют 250-500 (700) м.

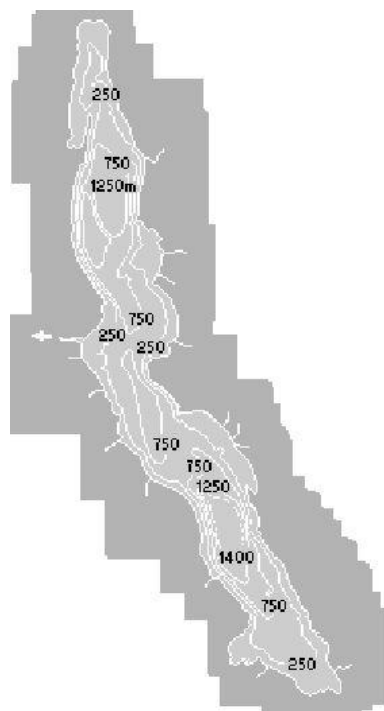


Рис. 1.17. Озеро Танганьика. Источник ILES, 1984.

Берега Танганьики имеют относительно простые массивные очертания, типичные для озер сбросового происхождения. Чаще всего берега приглубые или вдоль них проходит лишь узкая прибрежная отмель, заканчивающаяся крутым подводным откосом, спускающимся к зоне больших глубин. Только перед устьями наиболее крупных рек полоса мелководья расширяется. Длина береговой линии составляет около 1900 км из которых 43% приходится на каменистые берега, 21% - смешанные каменисто-песчаные, 31% - песчаные и 10% - заболоченные (Jorgensen et al., 2005). Песчаные, перемежающиеся с каменистыми участками, широко распространены в северной и южной частях озера. Западное побережье формируют крутые горные массивы Восточно-Африканской зоны разломов,

вплотную подступающие к воде. По центральной части восточного побережья протягивается горная гряда Махали. Береговая линия испещрена бухтами и заливами, самый большой – зал. Бертон.

Оз. Танганьика образовалось в середине неогена, и является старейшим из озер Восточно-Африканского Рифта (Swarzenski, 1999). Его возраст оценивается разными авторами от 7 до 20 млн. лет. Котловина озера имеет тектоническое происхождение. На протяжении всего своего существования, в отличие от других африканских озер, оз. Танганьика ни разу не пересыхало. Несколько раз его уровень становился на 550-600 м и даже на 850 м (Livingstone, 1965) ниже современного. Об этом свидетельствует присутствие на дне подводных долин, являющихся продолжением современных наземных долин питающих озеро рек. В периоды засух озеро делилось на два: северное и южное, соединенные между собой лишь узкой протокой. Тот факт, что даже в самые засушливые эпохи озеро не пересыхало, способствовал развитию в нем богатой фауны - его древняя фауна не исчезала, а смогла дожить до наших дней, обогатившись новыми видами.

На протяжении большей части своей истории оз. Танганьика было бессточным. Около 10 тыс. лет назад в него прорвались воды оз. Киву, что способствовало повышению его уровня (Дмитриевский, Олейников, 1979). Подъем вод происходил до тех пор, пока озерные воды не нашли себе выхода в самой низкой точке горного обрамления, которой оказалась долина р. Лугуки. В конце XIX в. отмечалось временное закупоривание оттока по р. Лукуга. Несмотря на то, что регулярных измерений уровня тогда не проводилось, из письменных источников известно, что уровень озера в это время поднялся приблизительно на 10 м выше сегодняшнего (Shick, Flaccus, Bergonzini, 1998). После прорыва дамбы уровень быстро упал до средних значений, наблюдавшихся в XIX в.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Исконно большая часть областей вокруг оз. Танганьика являлась местом проживания народов, родственных бушменам и готтентотам, занимавшиеся охотой и собирательством. В начале н. э. на территории современных Конго, затем Танзании, а позже Замбии, появились племена банту, занимав-

шиеся земледелием, скотоводством и кузнечным ремеслом (БСЭ). Банту принесли в регион зачатки цивилизации, металлургию и создали первые протогосударственные объединения. В это же время из Западной Африки на озеро пришло и расселилось по его берегам племя На. На северо-восточном побережье озера проживали пигмеи Тва, которых, приблизительно в 1000 году н. э., вытеснили земледельцы хуту. В XV-XVI веках на север озера пришли кочевники-скотоводы тутси, и в XVII веке здесь возникло независимое феодальное королевство Бурунди, просуществовавшее до прихода в регион европейцев.

Первыми из европейцев берегов оз. Танганьика достигли в 1858 г. английские путешественники Ричард Бертон и Джон Спек. Они обогнули северную оконечность озера в поисках истока Нила. Затем, в 1871 г. район оз. Танганьика изучали знаменитые исследователи Дэвид Ливингстон и Генри М. Стэнли. С конца XIX в., после открытия озера европейцами, начинается колониальный период развития стран, расположенных по его берегам. В данном регионе столкнулись интересы как минимум трех европейских государств – Англии, Германии и Бельгии. Юго-западная часть побережья оз. Танганьика стала британской колонией и сначала получила название Северо-Восточной Родезии, а затем, после объединения с Северо-Западной Родезией – Северной Родезией. Северная Родезия успешно развивалась благодаря добыче полезных ископаемых и иммиграции белых поселенцев, основывавших сельскохозяйственные фермы. Восточное побережье оз. Танганьика попало под власть Германии. В 1891 году было объявлено о создании имперской колонии Германская Восточная Африка, охватывающей территории современных Танзании и Бурунди. Немцы хотели превратить Германскую Восточную Африку в свою поселенческую колонию, они создавали здесь плантации и возделывали каучуконосы, кофе, хлопок, сизаль. В 1902 г. началось строительство железной дороги, соединившей прибрежные порты с глубинными районами. Огромная территория бассейна Конго на запад от оз. Танганьика попала под опеку бельгийцев. В 1908 Конго из личного владения бельгийского короля она превратилась в стандартную колонию под названием Бельгийское Конго. В результате I-ой Мировой Войны восточная часть немецких колоний, расположенных по берегам оз. Танганьика,

отошли под британскую опеку (современная Танзания), а северо-восточная - под бельгийскую (Бурунди) (Martin et al., 1995). Колониальный период продолжался до начала 1960-х гг. Летом 1960 г. Бельгия предоставила независимость Республике Конго, а в декабре 1961 г. Британия - Танганьике (материковой части нынешней Танзании). Летом 1962 г. была провозглашена независимость Королевства Бурунди. В 1963 году получила конституцию и самоуправление Северная Родезия, а осенью 1964 г. была провозглашена Республика Замбия (БСЭ).

Период после распада колониального режима является достаточно сложным и изобилует государственными переворотами, гражданскими войнами, межэтническими конфликтами и военными столкновениями. До начала XXI в. обстановка в большинстве стран оставалась напряженной. Так, до последнего времени, Конго и Бурунди были охвачены межэтнической враждой, приведшей к многочисленным жертвам в этих странах. Значительная роль в установлении относительного спокойствия в регионе принадлежит международным организациям, закрепившим здесь свое присутствие. В большей мере благодаря международным организациям и в сфере управления водными и рыбными ресурсами оз. Танганьика страны региона к концу XX века достигают определенных соглашений.

На сегодняшний день оз. Танганьика играет важнейшую роль в жизни людей, обитающих на его берегах. Оно обеспечивает питьевой, промышленный и сельскохозяйственный водозабор. По озеру проходят важнейшие транспортные маршруты между странами Восточной Африки. Судходные линии соединяют Кигоме (Танзания), Калемие (ДР Конго) и другие прибрежные города. Крупнейшими коммерческими портами являются Бужумбура, Кигома и Мпулунгу. Рыбные ресурсы являются основным источником протеина для местных жителей. Рыбная ловля и отрасли, обеспечивающие переработку рыбы, обеспечивают занятость около 100 000 местных жителей. Доход, приносимый рыболовством, составляет десятки миллионов долларов США.

Характеристики термического режима и температурная стратификация

Бассейн оз. Танганьика расположен в регионе с тропическим климатом. Сезонные вариации

Среднеголетние параметры температуры воздуха и осадков, ст. Вујумбура

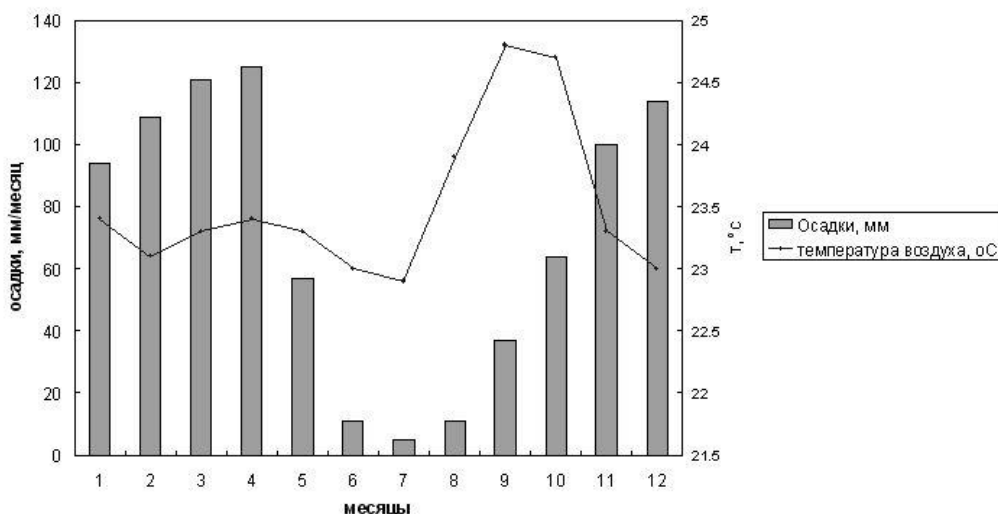


Рис. 1.18. Среднеголетние параметры температуры воздуха и осадков, ст. Вујумбура, по данным ILEC

погоды определяются положением внутритропической зоны конвергенции. Для бассейна характерно наличие сухого сезона, продолжающегося с мая по август (рис. 1.18) и отличающегося более прохладной погодой и довольно постоянными юго-восточными ветрами и влажного сезона, продолжающегося с сентября по ноябрь и характеризующегося более теплой погодой и слабыми северо-восточными ветрами (Coulter и Spigel, 1991). Скорости ветра в течение сухого сезона достигают 7-9 м/с, порывами до 10-12 м/с.

Для оз. Танганьика характерна устойчивая термическая стратификация озерных вод (Coulter et al., 1991) и наличие застойного “мертвого слоя”. Термоклин на севере располагается на глубине 25-90 м, на юге – 40-120 м (Bont, A.F. 1972). Согласно Branchu, Bergonzini, 2004, по термогалинной стратификации в озере выделяются три слоя: эпилимнион (0-100 м), металимнион (100-250 м) и гиполимнион (более 250 м). Температура поверхностных вод колеблется в пределах 23-29°C, на глубине более 200 м она достаточна стабильна в течение всего года - 23.3-23.5°C (ILEC, 1988). Из-за разной плотности воды и отсутствия придонного течения нижние слои воды не перемешиваются и являются аноксичными. Во время сухого сезона из-за ветровой деятельности более теплые поверхностные воды с южного конца озера перемещаются к северному, а на их место

поднимаются прохладные глубинные воды. Однако даже в этот период циркуляционные процессы захватывают лишь верхние 200-300 м. С поднятием глубинных вод происходит поступление к поверхности дополнительного биогенного вещества.

Водный баланс

Оз. Танганьика питается от нескольких крупных притоков, основными из которых являются р. Рузизи, берущая начало в оз. Киву и впадающая в озеро с севера, а также р. Малагараси, впадающая с востока. Достаточно крупными притоками являются также реки Ифуме, Лукуга, Лунангва и Луфубу. Отток происходит через р. Лукуга - приток р. Луалабы (верхнее течение р. Конго). По данным Branchu, Bergonzini, 2004, речной приток составляет 29.5 км³/год или 45% приходной части водного баланса; с осадками в озеро поступает 35.5 км³/год воды или 55% приходной части водного баланса. На испарение тратится 55.3 км³/год (85% расходной части водного баланса), отток составляет 9.7 км³/год (15%). Осредненный внутригодовой ход составляющих водного баланса по данным Branchu, Bergonzini, 2004 представлен на рис. 1.19.

Уровень воды оз. Танганьика не зарегулирован. Основные осадки в регионе выпадают в сезон дождей: на севере с октября по декабрь и с февраля по апрель, а на юге с ноября по март. В

Осредненное внутригодовое распределение составляющих водного баланса

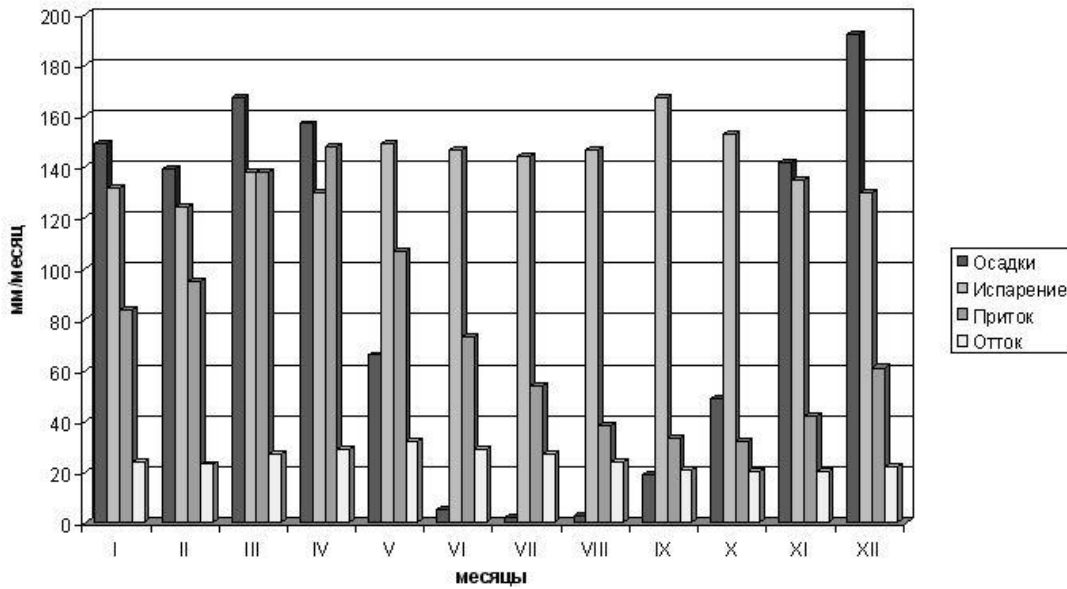


Рис. 1.19. Осредненный внутригодовой ход составляющих водного баланса по данным Branchu, Bergonzini, 2004

График уровня воды оз. Танганьика, 1860-2010 гг.

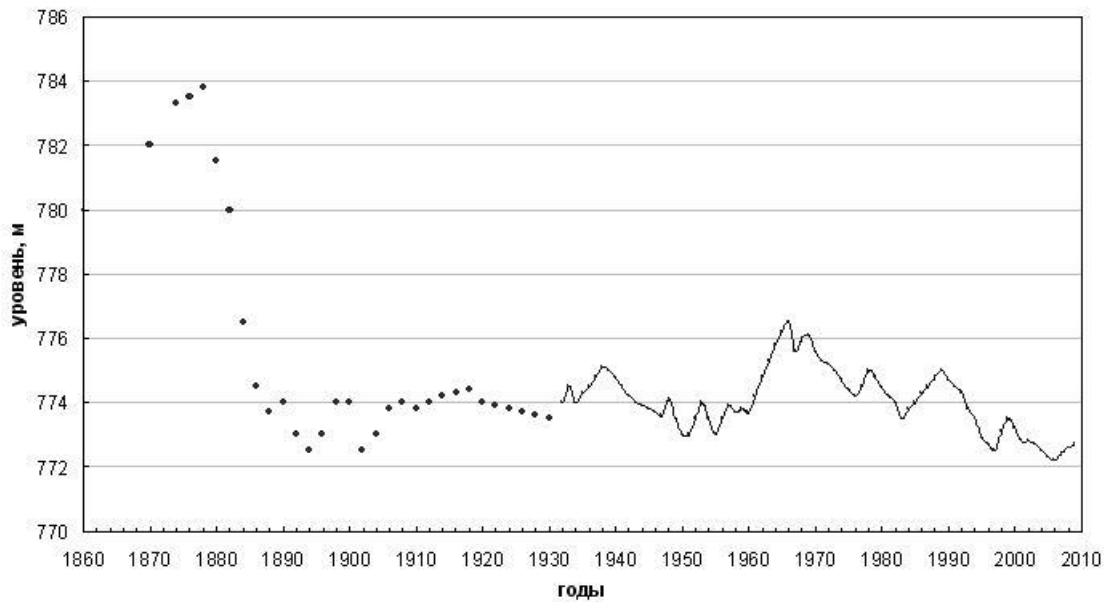


Рис. 1.20. Колебания уровня оз. Танганьика с 1860 г по 2010 гг. Данные за 1860-1830 гг. и данные измерений 1832-1992 гг. приводятся по Bergonzini L., 1998. Данные за 1992-2006 гг. приводятся по данным спутников TOPEX/Poseidon и Jason-1

это время наблюдается существенное повышение уровня воды, составляющее в среднем около 1 м, максимально наблюдавшееся значение – 2 м, в летние месяцы уровень постепенно падает. За весь период наблюдений амплитуда колебаний уровня воды составила около 4 м.

Наблюдения последних десятилетий (рис. 1.20) выявляют тренд к небольшому снижению уровня озера.

Основные характеристики качества вод

Вода оз. Танганьика отличается высокой прозрачностью, изменяющейся по площади озера от

5 до 23 (30) м. Электропроводность варьирует в пределах 520-728 $\mu\text{S}/\text{cm}$. В среднем по озеру для эпи- и металимнионных вод она составляет около 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$, для гипolimнионных - 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Coenen, 1994). Среди катионов доминирует натрий, характерно повышенное содержание солей магния, связанного с вулканической активностью в регионе. Концентрация ионов кальция и калия достаточно низкая, однако наблюдается увеличение доли калия с ростом минерализации. Среди анионов преобладают би-карбонаты, определяющие высокие значения pH, 8.6-9.2 (Coenen, 1994, Jorgensen et al., 2005). Для поверхностных вод характерна незначительная доля сульфатов, тогда как с глубиной их концентрация резко возрастает. Растворенным кислородом обогащены только верхние слои озера, около 200 м (Coulter et al., 1991), около 90 % водной массы Танганьики полностью лишены кислорода.

Благодаря прозрачности воды, небольшому количеству водорослей и постоянно бескислородному гипolimниону, где аккумулируется почти все биогенное вещество, оз. Танганьика было отнесено к олиготрофному типу (Hesky and Fee 1981). Однако позднее отмечалось, что уровень первичной продуктивности здесь достаточно высокий (Burgis, M.J. 1984). Оценки продуктивности оз. Танганьика производились редко и существенно различаются между собой. Согласно оценкам ILEC (1984) норма первичной продуктивности озера изменяется от 600 mgC/m^2 день в апреле-мае до 1400 mgC/m^2 день в октябре-декабре; средняя годовая норма составляет 365 $\text{gr C}/\text{m}^2$ год. В сухой сезон, характеризующийся более сильными ветрами и подъемом к поверхности богатых биогенными веществами глубинных вод, происходит рост первичной продуктивности. Согласно оценкам Jorgensen et al., 2005, дневная продуктивность в весенний сезон составляет 800-860, а в осенний - до 2800 mgC/m^2 день, а средняя годовая продуктивность - 662 $\text{gr C}/\text{m}^2$ год. По оценкам Naithani J. et al., 2006, 2007 первичная нетто-продуктивность за период 1970-2004 гг. варьировала в пределах 317-432 $\text{gr C}/\text{m}^2$ год. Согласно измерениям Sarvala et al. (1999) первичная продуктивность за период лето 1993 - лето 1996 года изменялась в пределах 426-662 $\text{gr C}/\text{m}^2$ год.

Минимальная биомасса фитопланктона на оз. Танганьика, согласно Hesky and Kling (1981), составляет 60 mg/m^3 и отмечается в период устойчивой стратификации, тогда как макси-

мальная - 930 mg/m^3 - наблюдается в конце периода перемешивания водной массы. Вторичная продуктивность питающихся фитопланктоном копепод оценивается Sarvala et al., 1999 в 23 $\text{gr C}/\text{m}^2$ год. Концентрация хлорофилла-а в эфотическом слое по оценкам Hesky and Kling (1981) составляет 0.1-4.5 mkg/l , при среднегодовом значении - 1.2 mkg/l . По более поздним расчетам, выполненным Naithani et al. (2006), к началу XXI в. среднегодовая концентрация хлорофилла-а оценивалась в 0.82 mkg/l . Расхождения с предыдущими цифрами авторы объясняют тем, что расчет производился ими не для всего эфотического слоя, а лишь для его поверхностной части. По оценкам Jorgensen et al. (2005), концентрация хлорофилла-а в южной части озера составляет около 1 mkg/l , в северной части около 2, и в средней, наименее глубокой части, до 5 mkg/l . Salonen et al. (1999) и Plisnier et Descy (2005) свидетельствуют, что глубинный профиль концентрации хлорофилла-а характеризуется его более высокими значениями на глубине 20-30 м.

Основные биологические особенности.

По разнообразию биоты оз. Танганьика является одним из наиболее богатых водоемов мира. По данным Coulter et al. (1991) в нем обитает 2156 представителей флоры и фауны, среди которых 325 видов рыб, 759 водорослей, 81 вид макрофитов, 219 ракообразных, 171 вид водоплавающих птиц. Примерно 600 видов являются эндемиками (Swarzenski, 1999). Высокий эндемизм водоема обусловлен его древностью и длительным периодом изоляции. Среди рыбного населения Танганьики особо знамениты цихлиды, отличающиеся небольшими размерами (от 5 до 35 см) и необычайной красочностью. Среди других эндемичных видов - тринадцать из двадцати пяти разновидностей крабов, принадлежащих семействам *Potamonautes*, *Platythelphusa* и *Deckenia*, пять из тринадцати видов двусторчатых моллюсков, больше чем половина брюхоногих моллюсков и одиннадцать из тридцати трех ракообразных. Многие из населяющих озеро видов, в особенности брюхоногие, обнаруживают значительное сходство с морскими формами. Оз. Танганьика населено примерно до глубины 200-230 м, ниже этой отметки наблюдается высокая концентрация сероводорода и жизнь отсутствует до самого дна. Этот слой озера является огромным "могильником", состоящим из органического ила и осадочных минеральных соединений.

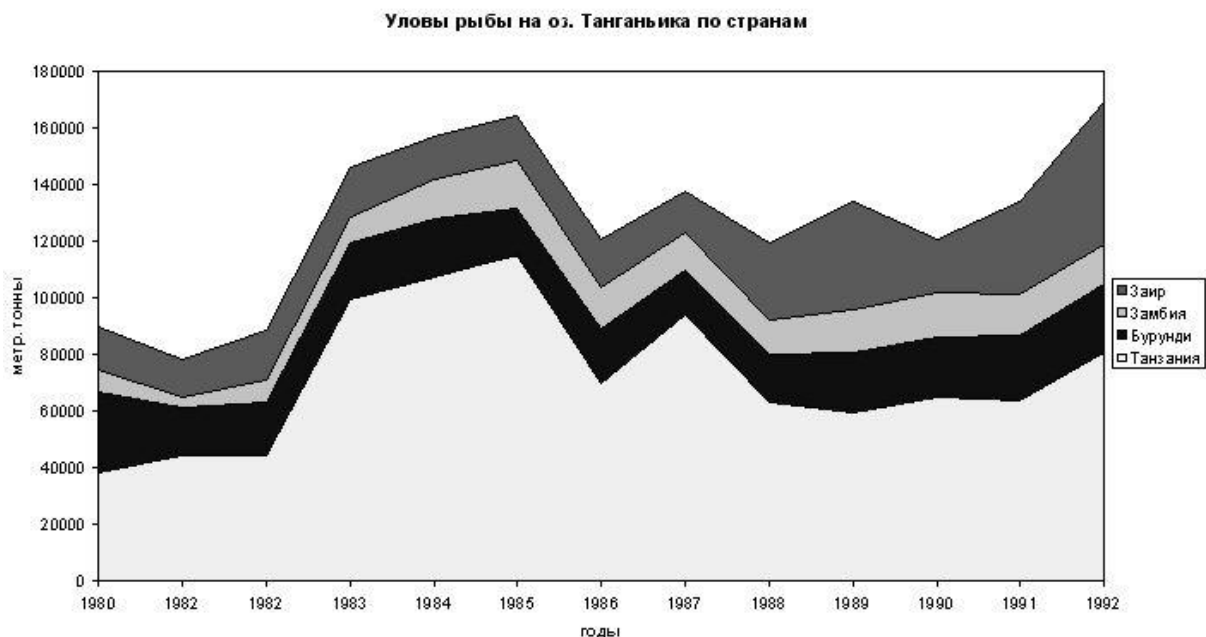


Рис. 1.21. Уловы рыбы в оз. Танганьика по данным: Coenen, 1995; Plisnier, 1995.

Высшая водная растительность оз. Танганьика представлена воздушно-водными макрофитами: папирусом (*Cyperus papyrus*), рогозом (*Typha* sp.), осоками (*Carex* spp.); плавающими: кувшинками (*Nymphaea* sp.), чилимом (*Trapa* sp.), азоллой (*Azolla* sp.), пистией (*Pistia* sp.); погруженными: рдестом (*Potamogeton* sp.), роголистником (*Ceratophyllum* sp.), пузырчаткой (*Utricularia* sp.). В фитопланктоне диатомовые водоросли составляют 17% биомассы (Hecky et al., 1978), в том числе род *Nitzschia* и *Stephanodiscus*, также многочисленны зеленые: *Kirchneriella*, *Treubaria*, золотистые: *Chrysochromulina parva*, *Chromulina* sp., сине-зеленые: *Chroococcus limneticus*, *Anabaena*

В зоопланктоне доминируют весло-ногие ракообразные подотряда колонииды, в т.ч. вида *Diatomus simplex*, медузы (*Limnocoeloides tanganyikae*), которые периодически достигают нескольких сантиметров в диаметре. Ветвистоусые ракообразные в открытых водах отсутствуют, и встречается только два вида циклопид (Burgis, M.J. 1984) (Bont, A.F. 1972). Пик развития веслоногих приходится на июнь-сентябрь и ноябрь. Бентос представлен: моллюсками: *Grandideria burtoni*, *Brazzaea anceyi*, *Tiphobia horei*, *Bythoceras iridescens*, *Paramelania damoni*, ракообразными: *Platytylphusa armata*, и комарами-звонцами.

В рыбном населении озера Танганьика доминируют танганьикский шпрот или ндагала

Stolothrissa tanganyikae, и танганьикская сардина *Limnothrissa miodon*. Их рацион питания преимущественно состоит из зоопланктона. Танганьикский шпрот и сардина, в свою очередь, являются объектом добычи представителей окуневых, в т.ч. *Lates stappersii*, которые в молодом возрасте также питаются зоопланктоном. Кроме того, в озере многочисленны представители цихлид – лампрологусы: *Lamprologus elongatus*, *L. modestus*, *L. toae*, *L. tetrocephalus* (Nagoshi, M. 1985) и батхибат *Bathybates minor*, а также ламприхтис танганьикский *Lamprichthys tanganyicus*, энграулициприс *Engraulicypris minutus*, окунь *Lates mariae*, и окунь тангань-икский *L. angustifrons*. Нижняя граница слоя воды, пригодного для обитания рыб проходит на глубине 100-230 м. Согласно материалам ИЛЕС (1984) на уровень начала 1980-х гг. в озере было описано 214 видов ихтиофауны из которых 176 являлись эндемиками. При этом среди пелагических видов (обитающих в открытых водах) эндемизм составляет 100%, а среди представителей семейства хромисов, предпочитающих прибрежное мелководье – 97%. Необходимо подчеркнуть, что регулярно в озере обнаруживаются новые виды рыб. Согласно Jorgensen et al. (2005) в озере описано 325 видов рыб из которых 177 эндемики семейства цихлид.

Главный объект промысла на оз. Танганьика – танганьикский шпрот или “ндагала” и тангань-

икская сардина, составляющие от 55 до 90% от общего вылова (Rufli 2001), а также окунь (*Lates stappersii*), тилапия и протоптерус. Коммерческий лов рыбы в озере начат с середины 1950-х гг., в середине 1960-х годов начался масштабный промышленный лов. Согласно данным FAO объем вылавливаемой в озере рыбы с 1960-х по 1970-е гг. повысился почти вдвое, с 40 000-60 000 до 80 000–100 000 тонн, после чего до конца века колебался в пределах 100 000-160 000 тонн (рис. 1.21). На начало 2000-х гг. уловы составляли около 200 000 тонн.

На озере Танганьика действует около 10 фирм, занимающихся отловом аквариумных видов рыб. В данный момент в Бужумбуре (Бурунди), находится известная фирма-экспортер цихлид Танганьики "*Fishes of Burundi*", руководимая Мирей Шрейан. Мирей Шрейан ведет также большую научную работу, основываясь на трудах своего отца Пьера Бришара. К северо-востоку от Мпулунгу, находится фирма "*Kalambo Fall Lodge*", руководимая англичанином Тоби Вилом, организовавшим здесь станцию-ферму по отлову, передержке и выращиванию цихлид. Именно из оз. Танганьика производится самый большой экспорт экзотических видов рыб в аквариумы различных городов планеты. Вылов цихлид требует очень разумного и взвешенного подхода, поскольку перелов немногочисленных видов может привести к их быстрому исчезновению и потере биологического разнообразия озера.

В озере Танганьика живут гиппопотамы, крокодилы, много водоплавающей птицы.

Антропогенная активность в бассейне

Площадь водосбора оз. Танганьика составляет 263000 км², здесь на уровень 2010-х г. проживает около 12 млн. человек, темпы ежегодного прироста населения составляют 2.5-3.1% (Jorgensen et al., 2005). Основное занятие жителей – сельское хозяйство, по плотности сельского населения бассейн оз. Танганьика является одним из наиболее густонаселенных регионов мира. На водосборе выращиваются кукуруза, табак, рис, сахарный тростник, кофе, фасоль, арахис и маниока. Широкое развитие имеет также животноводство, специализирующееся на разведении крупного рогатого скота и коз. Основные отрасли промышленности – горно-добывающая (олово, медь, уголь) и обрабатывающая (преимущественно пищевая). Также для местной экономики важной отрас-

лю является рыболовство. Рыба служат главным источником белка для местных народов, и обеспечивает 25-40% потребности местного населения в протеине. В настоящее время около 45 000 человек непосредственно вовлечены в рыбную ловлю и приблизительно 100 000 человек, занято в рыбной промышленности. Через озеро проходят транспортные связи между странами, находящимися в его бассейне. В последние десятилетия постепенно развивается туризм. Наиболее привлекательны для туристов Национальные парки, созданные по берегам озера. Большой популярностью пользуется рыбалка.

Все четыре страны, расположенные в бассейне озера, относятся к категории развивающихся, с низким уровнем экономики. Внутренний Валовой Продукт на душу населения составляет в Замбии 1500, в Танзании – 1400, в Бурунди – 400, и в ДР Конго – 300 долларов США, годовой доход жителей оценивается в 320, 240, 120, 110 долларов США, соответственно (Jorgensen et al., 2005). Инфраструктура наиболее развита на севере и юге озера. Крупнейшим городом-портом является Бужумбура с населением около 400000 человек, следующие по значимости города Калемие (Конго, население около 350000 человек) и Кигома (Танзания, население около 150000 человек). Бедность и высокие темпы роста населения не позволяют обеспечить всех жителей водопроводом, системой очистки воды и необходимой санитарией. Лишь немногим более половины проживающего на водосборе населения имеет доступ к воде, прошедшей через системы обработки (Jorgensen et al., 2005). В связи с этим в регионе высокий процент инфекционных и желудочно-кишечных заболеваний.

Проблемы качества воды

В последние десятилетия оз. Танганьика, наряду с другими озерами Восточно-Африканского Рифта, начинает испытывать на себе существенное антропогенное давление. В силу огромной водной массы озера, значительных изменений качества воды пока не выявлено, озеро остается олиготрофным практически по всей территории. Однако ряд последствий уже начинает проявляться, особенно в прибрежной зоне. Необходимо отметить, что до 90-х годов XX века надежных работ по изучению качества озерной воды не проводилось. Одними из первых масштабных исследований явилась

экспедиция USGS, направленная на изучение речного притока в озеро. По результатам проведенных работ Swarzenski, 1999 приходит к выводу, что значительной угрозой для биологической вариативности озера является усиливающаяся седиментация. Ее наиболее явное проявление имеет место в северной и южной, сильно заселенных, частях водосбора, где происходит рост сельскохозяйственных площадей, сопровождающийся широкомасштабным сведением лесов. На севере сведены почти все естественные леса, тогда как в центральной части около половины (Jorgensen et al., 2005). Многие участки, отвоеванные фермерами у тропического леса, расположены на крутых склонах, в непосредственной близости к озеру. Слабая сельскохозяйственная практика приводит к очень высокой эрозии почв и их масштабному смыву. Смываемые макрочастицы откладываются в виде мелкозернистых илов и глин в скалистых речных дельтах. Нормы осадконакопления в дельтах рек, водосборы которых наиболее затронуты эрозией, составляют до 100 см/год (Swarzenski, 1999).

Угроза биологическому разнообразию прибрежной зоны, вызываемая седиментацией, связана не только с уменьшением сред обитания, но и с привнесением в озеро со стоками значительного количества биогенного вещества. Тем более, что при сведении лесов, особенно тропических, масса неиспользуемого древесной растительностью биогенного вещества резко возрастает, а вместе с ней и нормы ее вымывания. Наибольшее количество стоков поступает в озеро по р. Русизи и Малагараси.

Необходимо отметить, что оз. Танганьика лимитировано как по фосфору, так и по азоту. Высокое соотношение азота к фосфору свидетельствует о том, что ограничение по фосфору более выражено. Согласно Brion et al. (2006) около 90% поступления общего азота с речным стоком в северную часть озера обеспечивает река Русизи. Большая часть поступающего азота представлена в виде нитратов. В результате продуктивность фитопланктона вблизи впадения р. Русизи существенно выше, чем в соседних регионах. Содержание фосфатов, нитратов и нитритов в воде небольших притоков, впадающих в северную часть озера, составляет 60-280 мкг/л, 1-240 мкг/л и 3-6 мкг/л, соответственно. Для залесенных водосборов они ниже, чем для распаханых. Со-

гласно Lombardozzi et al. (2003), средние значения фосфатов для зале-сенных и освоенных водосборов составляют 110 и 150 мкг/л, нитратов – 31 и 82 мкг/л, соответственно. Несмотря на повышающийся в последние десятилетия привнос биогенного вещества в оз. Танганьика, концентрации общего азота и фосфора в его поверхностных водах остаются невысокими. Концентрации PO_4-P большую часть года находятся в пределах точности определения (5-10 мкг/л), несколько повышаясь в декабре-феврале до 8-11 мкг/л (Langenberg et al., 1997). Концентрации общего азота изменяются от 40 до 180 мкг/л. Согласно Langenberg et al. (1997) и Jorgensen et al. (2005), значительный биогенный привнос в озеро происходит с дождями. Однако поступление биогенного вещества и с речным стоком, и с дождями несопоставимо мало (Hecky and Fee, 1981, Langenberg et al., 2003) по сравнению с внутренней нагрузкой водоема, то есть с накопившимися многовековыми запасами, сосредоточенными в гипolimнионе.

Важнейшей проблемой в прибрежной зоне оз. Танганьика становятся городские и промышленные стоки. Среди наиболее сильных источников загрязнения необходимо назвать стоки г. Бужумбура (северная оконечность озера), а также практически не обрабатываемые стоки других городов, расположенных на побережье. Побережье в районе г. Бужумбура (Бурунди) является одним из наиболее загрязненных регионов озера, тем более, что отличается относительно небольшими глубинами. При содействии Мирового Банка в Бужумбуре были построены очистные сооружения, способные обработать около 40% коммунальных и промышленных стоков, однако должным образом они пока не функционируют (Jorgensen et al., 2005). Значительное загрязнение обнаружено также близ городов Кигоме (Танзания), Мпулунгу (Замбия), Увире и Калемие (ДР Конго). Промышленные и городские стоки содержат органические вещества, а также тяжелые металлы (ртуть, хром), пестициды и др. В последнее время возникает угроза нефтяного загрязнения за счет аварийных ситуаций на водном транспорте (Jorgensen et al., 2005).

Кроме седиментации, коммунального и промышленного загрязнения одной из назревающих проблем является чрезмерный вылов рыбы, угрожающий истощением рыбных запасов в прибрежной зоне. Кроме того, в пос-

ледные десятилетия в бассейне озера происходит постепенное развитие туризма, который, при плохом планировании, также может угрожать экологии водоема и водосбора.

Возникающие угрозы качеству озерной воды и его биологическим ресурсам требуют скоординированной политики и рационального водопользования. При этом необходимо учесть, что в ближайшие два десятилетия темпы прироста населения останутся на уровне 2-3% в год, что еще больше усилит давление на водные и рыбные ресурсы и увеличит количество стоков. Необходимость в производстве дополнительного количества пищи потребует расширения посевных площадей, что на сегодняшний день неизбежно связано со сведением лесов на водосборе, а значит, темпы седиментации вырастут еще больше. Развитие промышленности без должной обработки сточных вод увеличит загрязнение воды. Поскольку время водообмена оз. Танганьика (приток/объем воды) составляет около 600 лет, а соотношение отток/объем воды около 1900 лет, любое попадающее в озеро загрязнение становится, по меркам человеческой жизни, практически постоянным. Так что принятие мер по сохранению качества воды и биологических ресурсов оз. Танганьика важная задача.

Проблема изменений климата

Оз. Танганьика является очень чувствительным к изменениям климата (Plisnier et al., 1999). Ветровая деятельность и изменения температуры воздуха определяют перемешивание водной массы, позволяя нижним, более богатым биогенным веществом слоям воды, подниматься к поверхности, где они вовлекаются в биогенное производство. Глобальное потепление климата сказывается на изменении климатических условий Восточной Африки, и, соответственно, на гидродинамическом режиме озера и его биоте. Согласно публикации O'Reilly et al. (2003) глобальное потепление климата наносит вред экосистеме озера, приводя к снижению его рыбных запасов. Вследствие наблюдавшегося за последние 30 лет повышения приземной температуры воздуха на 0,6°C, сопровождавшегося ростом температуры воды и снижением скоростей ветра, циркуляция воды в пределах оз. Танганьика снизилась. Это, в свою очередь, отразилось на перераспределении биогенного вещества. В результате первичная продуктивность озера Танганьика могла уменьшиться на 20%, а его

рыбные запасы - на 30% (O'Reilly et al. 2003). Дальнейшее повышение температуры продолжит негативно сказываться на озерной продуктивности. Материалы проекта ENSO (Plisnier et al., 2000) также свидетельствуют об уменьшении продуктивности озера при климатических условиях, приводящих к росту температуры воздуха и снижению скоростей ветра.

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера

В связи с возрастающей угрозой экологическому состоянию оз. Танганьика, необходимо принятие мер по сохранению его рыбных ресурсов, биоразнообразия, сохранению качества воды и снижению количества привносимых наносов. Управление ресурсами оз. Танганьика существенно усложняется из-за того, что его водосборный бассейн поделен между четырьмя государствами. Скоординированные действия требуют взаимопонимания всех прибрежных наций, участвующих в решении проблем. Для возможности выработки совместных решений во всех странах существуют, по крайней мере, учреждения, ответственные за рыбную ловлю. Однако, для участия в решении других вопросов, касающихся экологии, инфраструктура прибрежных стран пока плохо подготовлена (Jorgensen et al., 2005).

С 1960-х гг. благодаря проектам FAO по внутренней рыбной ловле в странах Африки, начата попытка скоординированного на региональном уровне управления озером Танганьика в области его рыбных запасов и рыбной ловли. На встречах, организуемых FAO с 1970-х годов, на национальном и региональном уровне обсуждались вопросы управления рыбными запасами, правила рыболовства и статистические вопросы. Но, к сожалению, большинство рекомендаций, предложенных на этих совещаниях, в дальнейшем не были учтены. В 1992 г. по инициативе Финляндии на оз. Танганьика была начата программа исследования озера (Lake Tanganyika Research Project (LTR)). Цель программы состояла, прежде всего, в исследовании биологических ресурсов и рыбной ловли и разработке методов рационального управления озерными ресурсами. В 1995 Global Environment Facility финансировало пятилетний проект, "Контроль загрязнения и другие меры по защите биологической вариативности оз. Танганьика". Одним из результатов проекта стала разработка Стратегического Плана Действий для жизнеспособности озера.

собного управления оз. Танганьика (SAP). Кроме Стратегического Плана в результате совместной работы юристов и высокопоставленных чиновников четырех прибрежных стран было выработано Соглашение по жизнеспособному управлению оз. Танганьика (Convention for the Sustainable Management of Lake Tanganyika). С 2001 г. были определены следующие приоритетные направления: очистка коммунальных и промышленных стоков из г. Бужумбура, контроль за седиментацией в средней части бассейна, принятие мер для предотвращения истощения рыбных запасов в прибрежной зоне и разрушения среды обитания. История принятия совместных решений свидетельствовала о необходимости участия всех партнеров на всех стадиях Проекта, от концепции до выполнения согласованных действий. В результате в 2002 г. был запущен новый проект Lake Tanganyika Management Planning Project (LTMPP), цель которого состояла в том, чтобы подготовить условия для выполнения Стратегического Плана Действия (SAP), согласовав все юридические вопросы между четырьмя странами. С 2004 г. оз. Танганьика стало центром инициативы IUCN (International Union for Conservation of Nature), направленной на контроль ресурсов озера. Согласно пятилетнему плану работ было необходимо определить качество озерной воды и выявить допустимые уровни загрязнения и седиментации. В результате выполнения проекта предполагается разработка дальнейшей программы по управлению ресурсами озера и его водосбора.

Несмотря на то, что региональные механизмы управления еще не отработаны, ряд международных организаций (UNDP/GEF, Африканский Банк Развития (AFDB), FAO, IUCN) принимают участие в финансировании программ по оз. Танганьика. Кроме африканских специалистов в работах по озеру принимают активное участие, ученые из ряда Европейских стран, США и Японии. Так лимнологическими, палеолимонологическими и палеоклиматическими исследованиями занимаются ученые Университета Аризоны. На севере Конго, в Увире, располагается I.R.S.A.C. – научно-исследовательский институт центральной Африки, в котором базируется конголезский филиал "Lake Tanganyika biodiversity" - организации, занимающейся вопросами экологии озера и находящейся под патронажем ООН.

Важнейшим условием успешности осуществ-

ляемых программ является участие в них всего населения, поэтому актуальной задачей является максимальное вовлечение в проекты местных жителей. Это требует организации общественных слушаний по управлению озером на которых граждане получают информацию о ходе продвижения проектов и имеют возможность высказать свои соображения по основным вопросам (Jorgensen et al., 2005).

С целью сохранения и поддержания местных экосистем в Танзании (Махале, Гомбе Стрим), в Бурунди (в дельте реки Рузизи) и в Замбии (Нсумбу) расположены национальные природные заповедники, обладающие уникальными природными ресурсами.

1.5. ОЗЕРО НЬЯСА (МАЛАВИ)

Озеро Ньяса - наиболее южное, третье по величине и второе по глубине из больших Африканских Рифтовых озер. Его координаты: 9°30'-14°30'ю.ш.; 33°57'-34°51'в.д., урез воды находится на высоте 474 м над уровнем моря. Страны Малави, Мозамбик, Танзания расположены по берегам озера, первые две из них контролируют 79 и 21 % его водной поверхности, соответственно (рис. 1.22). Длина береговой линии составляет около 1500 км, из которых 300 км принадлежат Танзании. Длина озера - 580 км, ширина - 75 км, площадь водного зеркала 29500 км² (ПЕС), средняя глубина - 292 м, максимальная – 706 м. Оз. Ньяса - пятое по объему воды озеро в мире (8400 км³) и одно из 20 древнейших озер на земле, содержащее богатейшую рыбную фауну, вероятно самую богатую в мире. Принадлежит бассейну р. Замбези.

Оз. Ньяса занимает часть южного конца системы Восточно-Африканской рифтовой зоны в том ее месте, где африканская плита раскалывается на две части. Котловина озера образовалась около 1-2 млн. лет назад (Johnson, Ng'ang'a 1990; Owen, et al. 1990) и представляет собой сложный многоступенчатый грабен. Его дно постепенно повышается к северу и югу. В отличие от оз. Танганьика, оз. Ньяса состоит из единственного бассейна с максимальной глубиной 706 м около западного берега, приблизительно 45 км к северу от зал. Нката. Озеро по большей части своего побережья ограничено выступами тектонических изломов, особенно на севере и востоке, и обрамлено высокими (1500-3000 м) глыбовыми

горами и плоскогорьями. Северный и восточный берега крутые, скалистые с плохо развитым шельфом, так что прибрежные глубины составляют более 200 м. В южной оконечности озера и по южной половине западного побережья береговая линия более мягкая, здесь кроме скалистых берегов есть и песчаные. Небольшая часть побережья заболочена. Почвы на водосборе преимущественно обедненные, состоящие в значительной степени из продуктов разрушения подстилающих их пород метаморфического и магматического происхождения - гнейсов, кристаллических сланцев и гранитов. Лишь равнинные плато покрыты мощными делювиальными почвами (Carter et al., 1973).

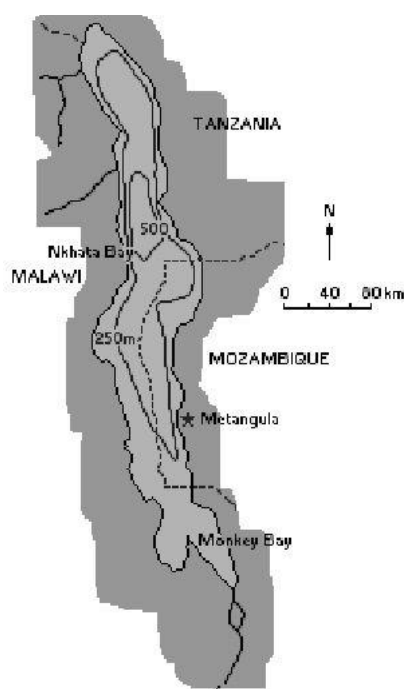


Рис. 1.22. Озеро Ньяса. Источник: LBRI&ILEC. 1989.

В периоды наибольших засух оз. Ньяса, скорее всего, полностью не пересыхало, но очень сильно сокращалось в размерах. Его глубина при этом не превышала 125 м. Ряд авторов, ориентируясь на возраст обнаруживаемых в озере цихлид, указывают, что современный водоем существует всего 40000-90000 лет, то есть он появился после последней крупнейшей засухи в Африке.

История заселения и роль озера в жизни окружающих народов

Первые поселения вокруг оз. Ньяса появились еще в период неолита. В начале I тысячелетия, когда большую часть региона заселяли ското-

водческие племена, на территорию Танзании и Мозамбик пришли племена банту. В XIV—XVIII вв. на западном берегу озера возникло объединение Марави, однако вражда отдельных племен мешала объединению.

Первым европейцем, достигнувшем берегов оз. Малави в 1859 г. является Дэвид Ливингстон, который и дал озеру имя «Ньяса». С конца XIX в. начинается колониальный этап развития народов, живущих по берегам озера. Большая часть территории, окружающей оз. Ньяса, вошла в состав английской колонии Ньясаленд. Кроме того, к Ньясаленду уже к началу XX в. отошли находящиеся близ восточного побережья острова Ликома и Чизумул, которые изначально были колонизованы Шотландией, сегодня они формируют озерные анклавы Малави, окруженные мозамбикскими водами. Восточное побережье оз. Ньяса сначала вошло в состав Португальских колоний, протягивавшихся от побережья Индийского океана вглубь страны, затем, та их часть, которую сегодня занимает Танзания, перешла к Германии, а во владении португальцев остался лишь Мозамбик. К началу XX в. Португалия уступила управление ряда своих территорий трём частным британским компаниям, соединившим посредством строительства железных дорог Мозамбик с колониями Великобритании. По результатам I Мировой войны под английскую юрисдикцию перешли немецкие колонии. В начале 1960-х годов колониальный режим начал распадаться. В феврале 1963 г. Ньясленд был объявлен самоуправляющейся территорией и в июле 1964 г. была провозглашена независимость Малави. Главой государства стал Хастингс Банда, политика которого была ориентирована на Великобританию, Западную Германию и США. Диктатура Банда вызывала недовольство многих политиков как внутри страны, так и у стран-соседей, однако она продержалась до 1994 г. В декабре 1963 г. Великобритания объявила о независимости Занзибара, который, объединившись в апреле 1964 с Танганьикой, образовал государство Танзания. Мозамбик получил независимость лишь в июне 1975 г. В течение двух последующих десятилетий на его территории велись постоянные гражданские войны.

После распада колониальных империй остался ряд вопросов, уходящих своими корнями еще в период колонизации. Так Танзания, согласно международному соглашению о границах, не имеет своей доли озерной территории, но пре-

тендует на 5569 км² вод, принадлежащих Малави. Современные границы были установлены по их состоянию на момент распада колоний. При этом Танзания в момент ее перехода во время I-ой Мировой войны под английскую опеку потеряла озерные территории, тогда как до 1914 года границы между немецкими и британскими колониями проходили по озеру. Малави категорически противится пересмотру границ в пользу Танзании. Название озера также является предметом постоянного диспута: Малави утверждает, что озеро должно носить имя «Малави», в то время как на международных картах и в Танзании озеро носит имя «Ньяса». После объявления о независимости большей части Африки единственным африканским президентом, установившим дипломатические отношения с белой Южной Африкой, был президент Малави Банда. Это вызывало категорический протест у соседних государств и, прежде всего, у президента Танзании. Враждебная политика двух государств по отношению друг к другу стимулировала обострение споров по вопросам о границах и названии озера. К началу XXI в. отношения между двумя странами наладились, но спорные вопросы не имеют единого решения до настоящего времени. Периодически возникают недовольства и взаимные претензии по поводу лова рыба танзанийскими рыбаками в малавийских водах.

Оз. Ньяса играет важную роль в жизни народов, обитающих по его берегам. Озеро обеспечивает нужды сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения, гидроэнергетики. Его рыбные ресурсы являются важнейшим источником питания местных жителей, обеспечивая около 70% потребляемого белка (Vuligani et al., 2001), и вносят определенный вклад в экономику стран региона, прежде всего Малави. Рыбные ресурсы являются одной из статей экспорта. Особую роль в экспорте играют цихлиды, приобретаемые как аквариумные рыбки во всем мире. Однако прибыль от их продаж невелика, на конец XX в. она составляла 276000 \$ в год (Msiska 2001). Через озеро проходят транспортные магистрали внутри стран и между странами, обеспечивающие как пассажирские, так и торговые перевозки. Водный транспорт является единственным звеном, связывающим государство Малави с принадлежащими ему островами, расположенными вдоль Мозамбикского берега. Ряд населенных пунктов не имеет хороших портов, в которые

могут заходить теплоходы, так что подвоз пассажиров до берега осуществляется на небольших шлюпках.

Характеристики термического режима.

Водосбор оз. Ньяса находится в пределах тропического климата, характеризующегося, несмотря на близость к экватору, наличием сезонных изменений в температуре, ветре и осадках. В регионе достаточно четко выражены два сезона - дождливый, продолжающийся с ноября по май, и засушливый, с мая по ноябрь. Средняя годовая температура составляет 27-28°C. В январе регистрируемый максимум на разных станциях - 28-30°C, минимум - 21.3-21.9°C; в июле - 25-27°C и 13.5-15.5°C, соответственно. Годовые осадки на поверхность озера колеблются от 650 мм около Мангочи до 2000 мм в районе зал. Нката и 2500 мм около северного края озера. (Eccles, 1974)

Оз. Ньяса относится к меромиктическим водоемам; для него характерна устойчивая, но периодически ослабленная температурная стратификация с небольшим градиентом температуры и солености (Wüest et al., 1996). Слой температурного скачка варьирует по сезонам от 50 до 350 м. По термогалинной стратификации в озере выделяются три слоя: эпилимнион, металимнион и гиполимнион. В мае верхний гомотермальный слой имеет мощность 60 м с температурой 27°C. В течение сухого и ветреного прохладного сезона эпилимнион остывает, и мощность его увеличивается до 105 м. Более прохладный металимнион простирается до глубины 220 м. В пределах металимниона наблюдаются значительные вертикальные градиенты кислорода и биогенного вещества. Гиполимнион простирается с глубины 220 м до дна, он представляет собой «мертвый» слой полностью лишенный кислорода и богатый накопившимся за тысячелетия биогенным веществом. Температуры эпилимниона варьируют по сезонам в пределах 23.5-28.5°C, температура гиполимниона в течение всего года находится около отметки 22°C.

Водный баланс Уровенный режим

Озеро Ньяса питают 14 крупных рек, самой многоводной из которых является р. Рухуху, обеспечивающая около 20% речного притока (Kidd 1983), другие крупные притоки – р. Сонгве, Рукуру, Лилова, Бва, Лилонгве. Отток происходит по р. Шире, притоку р. Замбези. С речным притоком в озеро поступает 29 км³

График уровня воды оз. Ньяса, 1895-2010 гг.



Рис. 1.23. График уровня воды оз. Ньяса, 1895-2010 гг. по данным Dryton (1984), Vollmer et al. (2005), а также по данным спутников Topex/Poseidon и Jason-1

(43%) воды в год; с осадками – 39 км³ (57%); с поверхности озера испаряется 57 км³ (84%), на отток приходится 11 км³ (16%) (Bootsma et al., 2003). Значительная роль осадков в приходной части водного баланса и преобладающая роль испарения в его расходной части свидетельствуют о высокой чувствительности водоема к климатическим изменениям. Большой период водообмена делает его чувствительным к загрязнению, которое, попадая в озеро, остается в нем на длительный период.

Амплитуда сезонных колебаний уровня воды оз. Ньяса обычно не превышает 0.7-1.8 м. Существенно большей является амплитуда многолетних колебаний; за 100-летний период она составила около 8 м (Dryton 1984), рис. 1.23. Катастрофически высокие уровни наблюдались на озере в 1979-1980 гг., а низкие – в начале XX в. К 1915 г. из-за очень сильного падения уровня отток из озера прекратился, и для его восстановления потребовалось около 20 лет (Dryton 1984, Kidd et al., 1999).

В 1960 г. в верховьях р. Шире была построена плотина, обеспечивающая регулярный отток из озера для возможности постоянной работы гидроэлектростанций, возведенных в последующие годы ниже по течению. В связи со строительством плотины в следующие два десятилетия на озере сохранялись высокие уровни воды, которые по расчетам Dryton (1984) на 20-40 см превышали естественные. В 1997 г. Уровень озера опять снизился до значений, угрожаю-

щих оттоку, но, уже со следующего года, начал быстро расти. В отличие от многих озер Африканского Рифта оз. Ньяса в последнее десятилетие демонстрирует тренд повышения уровня.

Значительные колебания уровня воды, характерные для оз. Ньяса, приводят к изменениям прибрежных низменностей. При повышении уровня происходит подтопление пригодных для обработки земель, страдает система коммуникации и очистные сооружения. Падения уровня превращают в суходолы участки, обычно заливаемые водой во влажный сезон, нарушают работу электростанций, построенных на р. Шире. Колебания уровня негативно сказываются и на работе причалов.

Основные характеристики качества вод

Открытые воды оз. Ньяса характеризуется высокой прозрачностью, от 13 до 23 м, в зависимости от сезона. Прибрежные воды более мутные, особенно в период дождей. Минерализация невысокая, электропроводность 210-285 мкС/см; жесткость по кальцию 107-142 мг/л; реакция среды щелочная, 7.7-8.6. Для верхнего 100-метрового слоя характерны достаточно высокие концентрации кислорода (рис. 1.24), на глубине более 200 м кислород практически всегда отсутствует. В оз. Ньяса, как и в оз. Танганьика, основная масса биогенного вещества сконцентрирована в гипolimнионе. В поверхностные слои биогенное вещество поступает за счет процессов перемешивания, происходящих, прежде всего, в

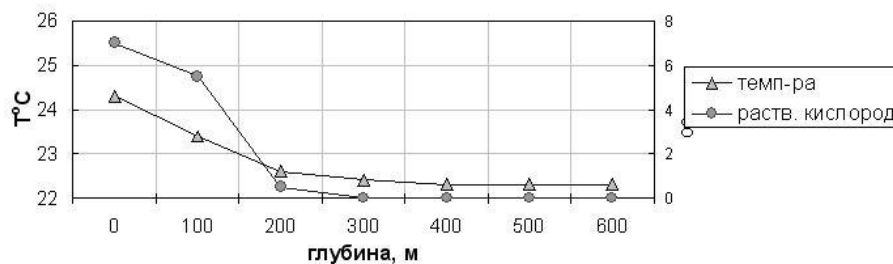


Рис. 1.24. Изменение температуры воды и концентрации кислорода оз. Ньяса с глубиной по данным ILEC.

периоды повышенной ветровой деятельности. Наиболее сильные ветры наблюдаются в зимний период, с мая по октябрь, когда в регионе господствуют юго-восточные пассаты, врывающиеся в узкий, открытый к югу грабен Ньяса как в аэродинамическую трубу. В отличие от оз. Танганьика, в это время года в южной части озера перемешиванию подвергается практически вся водная масса, а в северной – верхний 400-метровый слой, охватыва-

ющий как эпи-, так и меза- и гипolimнионные воды. В результате, южная часть озера является более производительной, (Hamblin et al.), особенно к концу ветрового сезона. По своему трофическому статусу оз. Ньяса является переходным от олиготрофного к мезатрофному. Согласно данным ILEC, концентрация хлорофилла-а в эпилимнионе составляет 0.2-0.7 мкг/л (рис. 1.25). Подробных наблюдений за качеством воды оз. Ньяса не проводилось.

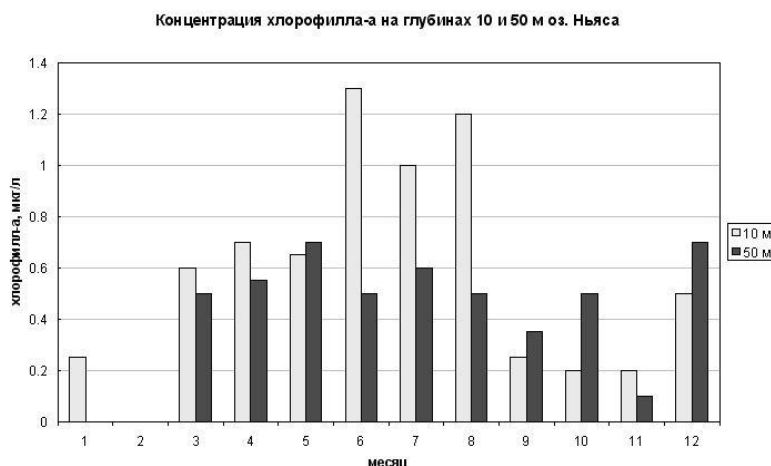


Рис. 1.25 Концентрация хлорофилла-а на различных глубинах оз. Ньяса, мкг/л, ст. Метангула, по данным ILEC.

Основные биологические особенности

Для оз. Ньяса характерна богатая и высоко эндемичная фауна, родственная фауне Замбези. Среди высшей водной растительности доминирует камыш мавританский *Phragmites mauritianus*. Состав фитопланктона существенно различается по сезонам года. Наиболее многочисленны диатомовые, которые доминируют в течение всего ветряного сезона, а иногда и в течение года. В конце ветряного сезона, с сентября по ноябрь, доминирование может переходить к сине-зеленым. В этот период возмож-

ны расцветы *Anabaena* spp., особенно на наиболее загрязненных участках. С декабря по апрель фитопланктон примерно в равной степени состоит из представителей диатомовых, сине-зеленых и зеленых водорослей. В зоопланктоне наиболее многочисленны копеподы: *Mesocyclops leuckarti*, *Diaptomus* sp. и клadoцеры: *Diaphanosoma excisum*, *Bosmina longirostris* (LBRI&ILEC. 1989). Кроме того, в озере очень большое количество улиток.

Согласно данным UNEP, WCMC (United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre) в оз. Ньяса описано

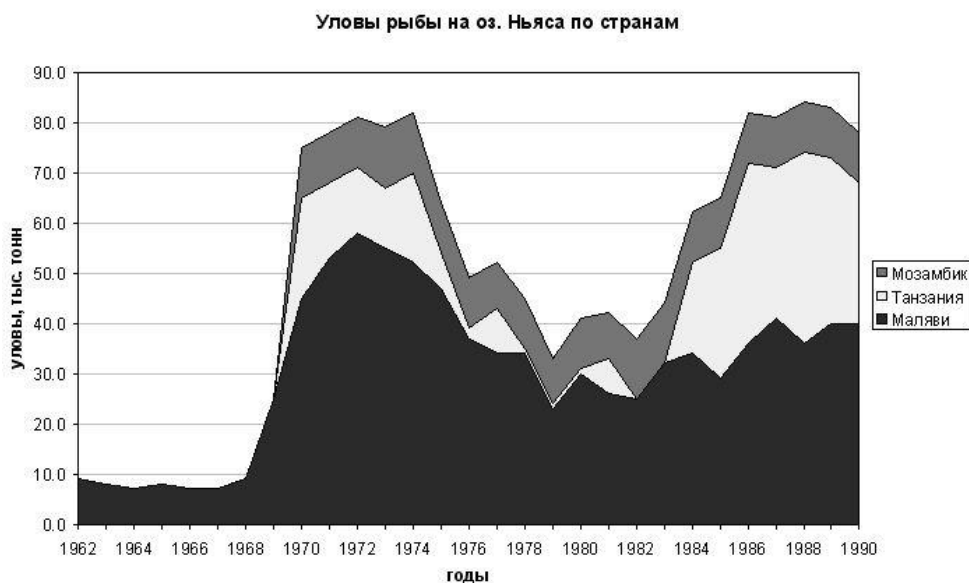


Рис. 1.26. Уловы рыбы на оз. Ньяса по данным Greboval et al. (1994)

около 500 видов рыб, эндемичных на 90%, и являющихся представителями 11 семейств. В силу того, что многие виды не описаны, ряд специалистов указывает, что в озере обитает около 1000 разновидностей рыб (Msukwa, 2001, Nkatunga, 2001). Наибольший эндемизм характерен для семейства цихлид, среди которых все кроме 5 видов являются эндемиками. В водах оз. Ньяса обитает около 30% известных в мире видов цихлид. Особенно славится переливающаяся всеми цветами радуги небольшая рыбка «мбуна». Считается, что более 70% видов, принадлежащих к семейству цихлид, пока не описаны. Благодаря высочайшей биологической вариативности озеро Ньяса признается как часть мирового наследия.

Согласно данным ИЛЕС в рыбном населении оз. Ньяса доминируют: киприниды *Labeo mesops* и *Opsaridium microcephalus*, сомообразные: *Bagrus meridionalis* и *Bathyclarias* sp., и цихлиды: *Oreochromis squamipinnis*, *O. shirana*, *O. saka*, *Tilapia redalli*, *Haplochromis kiwinge*, *H. livingstonii*, *H. taeniolatus*, *H. phenochilus*, *Lethrinops* sp., *Pseudotropheus* sp., *Labidochromis* sp., *Labeotropheus* sp., *Serranochromis thumbergi*, *Rhamphochromis* sp. (LBRI&ILEC. 1989) Основными промысловыми видами являются на литорали - представитель семейства цихлид - хаплохромис *Haplochromis* spp, в открытых водах - сардина *Engraulicypris sardella*, а также цихлид *Oreochromis*. Кроме того, промысловыми видами являются цихлиды *Lethrinops* spp. (чисавасава) и *Copadochromis*

(утака), представители семейств костяковые и клариевые. Их вылов производится преимущественно тралением, начатым в озере с 1968 г. Этой техникой отлавливается около 160 видов рыб (Greboval et al., 1994), преимущественно представителей цихлид. Приблизительно 80 разновидностей принадлежат роду *Copadochromis* и 30 разновидностей - роду *Lethrinops*.

Из-за большого количества мелких рыболовных кооперативов, а также из-за отсутствия в прибрежных странах организаций, занимающихся четким учетом рыбной ловли, данные по уловам весьма приблизительны, и сильно различаются у разных авторов. По оценкам ФАО средние уловы в оз. Ньяса после введения техники траления составляют 30000-80000 тонн в год (рис. 1.26). Потенциальные уловы озера, опираясь на производительность в 30-40 кг/га, оцениваются в 73200-97600 тонн/год (Greboval et al., 1994). На конец XX в. в рыбной ловле было занято около 22000 человек, а в сфере обработки уловов - более 300000 чел. Рыбная ловля развита, прежде всего, в Малави. Мозамбик принимает в ней лишь небольшое участие из-за малонаселенности и значительной удаленности основных населенных центров от берега. Крупные города Танзании также удалены от озера, однако Танзания более активно участвует в рыбной ловле, но исключительно в прибрежной зоне. Периодически возникают юридические споры по поводу лова рыбы танзанийскими рыбаками в малавийских водах.

В последние десятилетия в оз. Ньяса наблюдается снижение запасов наиболее ценных видов рыб. В результате уловы рыбы к началу XXI в. сократились, особенно в южной части озера. Согласно Irvine et al., 2002, наиболее заметное снижение численности отмечается для сомообразных: *Bagrus* и *Bathyclarias* spp., кипринид: *Opsaridium microlepis*, *Labeo mesops* и *L. cylindricus* и цихлид *Oreochromis* spp. (например чамбо). Причинами снижения рыбных запасов считаются чрезмерный вылов некоторых видов, использование незаконных механизмов лова, приводящее к отлову более мелких особей и тормозящее нормальное воспроизводство, ухудшение качества воды и изменения структуры фитопланктона. Несмотря на наблюдающиеся изменения структуры рыбного населения, видовое разнообразие оз. Ньяса пока не пострадало. Однако угроза исчезновения ряда видов существует.

В результате снижения уловов в оз. Ньяса потребление рыбы местными жителями сократилось. В Малави оно снизилось с 14 кг в 1970-е гг. до 6 кг в начале 2000-х гг (Nindi, 2007). Кроме того, в рацион питания теперь входят менее ценные виды рыб, которые раньше не употреблялись.

Достаточно прибыльной отраслью экономики на оз. Ньяса является разведение и отлов аквариумных видов рыб, преимущественно семейства цихлид. Озерные цихлиды подразделяются на две основные группы: хаплохромисы (*Haplochromines*), многие из которых находятся под угрозой исчезновения, и тилапии (*Tilapiae*), многие из которых являются промысловыми. Представители обеих групп популярны у аквариумистов. Аквариумисты разделяют цихлид на «мбуна», заселяющих неглубокие скалистые прибрежные участки, и «павлиньи», обитающие в открытых водах.

На оз. Ньяса много бегемотов, крокодилов и водоплавающих птиц. Среди водоплавающих птиц многочисленны: орлан-крикун *Haliaeetus vocifer*, баклан хохлатый *Phalacrocorax lucidus*, основным рационом которых является озерная рыба. Среди рептилий – нильский крокодил *Crocodylus niloticus* и нильский варан *Varanus niloticus*.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне.

Площадь водосбора оз. Ньяса составляет 100500 км², здесь проживает более 10 млн. чел.,

при этом темпы прироста населения составляют около 3% в год. Основное занятие местных жителей – сельское хозяйство и рыбная ловля. Лишь около 14% населения проживает в городах. Сельское хозяйство обеспечивает около половины валового внутреннего продукта в Малави и Танзании и 35% в Мозамбик. На водосборе, на местные нужды, выращивают кукурузу, маниоку, кассаву, земляной орех. На низменных территориях культивируют рис, являющийся продуктом экспорта и редко входящий в рацион питания местных жителей. Также экспортируемыми культурами являются чай, кофе, сахар, хлопок и табак. В последние десятилетия в сельском хозяйстве начали использовать химические удобрения. Уровень жизни в прибрежных странах очень низкий. Вдоль значительной части побережья до настоящего времени продолжает иметь место бартерный обмен продукции рыболовства на продукцию сельского хозяйства (Nindi, 2007). Внутренний Валовой Продукт на душу населения составляет в Малави 900\$, а в Танзании – 1400 \$. Долгое время самой бедной страной на побережье являлась Мозамбик. Однако после прекращения многолетних войн ее ВВП существенно вырос до 900\$ в 2009 г. Бедность охватывает около 60% населения, около трети населения не может обеспечить необходимую калорийность своего питания. Главная причина бедности – низкая сельскохозяйственная продуктивность, а ее результат – нехватка дохода для улучшения своих хозяйств необходимой техникой, которая бы смогла хоть как-то увеличить продуктивность.

На оз. Ньяса развиты судоходство, рыболовство, туризм. На вытекающей из озера р. Шири построены гидроэлектростанции, обеспечивающие электроэнергией практически всю территорию Малави. Значительные колебания уровня озера делают гидростанции ненадежным поставщиком энергоресурсов. В 1997 г., когда уровни воды в озере снизились до значений, близких к бессточным годам первой трети XX в., подача электричества была строго нормирована. В настоящее время рассматриваются планы строительства гидроэлектростанции на р. Мотамбо (Мозамбик) с последующей передачей электроэнергии в р-он Тете (Малави).

В условиях повальной бедности управление водными ресурсами региона практически не производится, и никакой координации между водопользователями нет. Отсутствие должного управления даже на внутригосударственном

уровне – основная проблема водного хозяйства и фактор, отрицающий возможность принятия адекватных экологических решений в ближайшем будущем.

Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью.

Активная антропогенная деятельность в бассейне оз. Ньяса, в том числе наличие больших городов в непосредственной близости от берега и использование химических удобрений, приводит к усилению загрязнения водной среды. Согласно Bulirani et al. (2001) в озере обнаруживается, хоть и в небольших количествах, присутствие органохлоринов, линдана и диэдрина. В поверхностных водах их концентрации были в небольших количествах и составляли $165-854 \cdot 10^{-6}$ мкг/л, а в глубинных $100-187 \cdot 10^{-6}$ мкг/л. Однако наблюдается тенденция к постепенному росту концентраций. Согласно экспертизе канадского бюро по химической безопасности (Canadian Bureau of Chemical Safety's), в телах рыб пестициды пока обнаруживаются в безопасных количествах (Bulirani et al. 2001), хоть содержание ртути в некоторых больших особях мпаса (*Opsaridium microlepis*) и нчени (*Rhamphochromis* spp.) находится на границе нормы.

Важнейшей проблемой для оз. Ньяса является увеличившаяся в последние десятилетия седиментация, связанная со сведением лесов на значительных площадях, в том числе в гористой местности. Согласно данным Calder et al. (1995) покрытие лесом сократилось на водосборе с 64 % в 1967 г до 51% в 1991 г. Особо сильно эрозия затрагивает горные регионы. Значительная деградация почв наблюдается в горах Ливингстона и Матенго (Nindi, 2007). Слабая сельскохозяйственная практика приводит к очень высоким нормам смыва, нарушающим прибрежные биотопы, и негативно сказывающимся на видовом многообразии. В прибрежной зоне происходит быстрое осадконакопление, повышение мутности воды и увеличение концентрации биогенных веществ.

Данных наблюдений по биогенному притоку в оз. Ньяса недостаточно для того, чтобы делать выводы о существующих тенденциях изменения продуктивности. Какие-либо измерения начали проводить лишь в 90-е гг. XX в. Однако косвенные данные, прежде всего изучение состава донных отложений, свидетельствуют, что биогенный приток в южную часть озера устойчиво повышался в течение второй половины

XX в. (Hecky et al., 1999). Для северной части озера эта тенденция не очевидна. Кроме того, в южной части озера произошли некоторые структурные изменения планктонного сообщества в сторону увеличения количества видов, характерных для более продуктивных водоемов (Hecky et al., 1999). Ряд авторов (Andreae 1993) свидетельствует об увеличении атмосферного поступления биогенных веществ, связанного с чрезмерным сжиганием древесины.

Одной из важнейших проблем является снижение рыбных запасов озера, прежде всего наиболее ценных сортов, связанное как с экологическими изменениями в озере, так и с чрезмерным выловом. В 1980-е гг., когда площади, занятые под сельское хозяйство, начали активно расширяться, а агрономическая практика стала включать использование химикатов, местные жители начали отмечать небывалые ранее по своему масштабу случаи гибели рыбы, как в реках, так и в прибрежной зоне (Nindi 2007). На снижение уловов, особенно в южной части озера, указывают Tweddle & Magasa (1989), Donda & Bell (1993), Turner et al. (1995), Banda et al. (1996). Сильное заиление устьевых участков рек негативно сказывается на тех видах рыб, которые заходят в реки в период размножения, как *Opsaridium microlepis* (мпаса) и *O. microcephalus* (саньика). В последние десятилетия резко сократилась популяция *Labeo mesops* (нчила), которая в середине XX в. являлась вторым видом в уловах. Нчила предпочитает песчаные берега и тоже заходит в реки на нерест. Turner (2004) и Snoeks (2004) объясняют сокращение популяции нчила деградацией речных и прибрежных систем. Кроме заиления снижение рыбных запасов связывают с токсичными водорослями, появляющимися в озере, как пример указывается массовая гибель рыбы вдоль западного побережья в 1999 г (Nindi 2007). Увеличение мутности в прибрежных районах негативно отражается на популяции цихлид (Duponchelle et al., 2000), предпочитающих береговые экотопы. Еще одной опасностью для оз. Ньяса является изменение климата, которое при росте температур может изменить характер гидродинамических процессов и привести к снижению рыбной продуктивности. Необходимо подчеркнуть, что рыболовство, особенно в береговой зоне, является основным источником существования местных жителей, и уменьшение рыбных запасов крайне негативно отразится на их жизни.

Кроме сокращения рыбного населения, из-за изменения сред обитания на озере уменьшилось и количество крокодилов, и гиппопотамов. Большинство этих животных мигрировали к мозамбикскому берегу, где антропогенное воздействие сказывается наименее сильно, и экологическое состояние рек наиболее благоприятное.

Сведение лесов и расширение сельскохозяйственных земель сказывается не только на увеличении эрозии и биогенного притока, но, по мнению ряда исследователей (Calder et al., 1995) приводит к изменению норм стока. Продуктивное испарение снижается, и сток увеличивается, что отчасти может объяснять тренд роста уровня оз. Ньяса в последние десятилетия. Однако детальных воднобалансных измерений на озере не проводилось, поэтому точных выводов авторы не дают.

Проблемой, возникшей на озере в последние десятилетия, является огромное количество улиток. Из-за чрезмерного вылова питающихся улитками цихлид их количество резко увеличилось, особенно в юго-восточной части озера. Улитки приносят неудобства купающимся и сдерживают развитие туризма.

В последние десятилетия оз. Ньяса начинает испытывать на себе неудобства, связанные с вселением водного гиацинта (*Eichornia crassipes*), впервые появившегося в регионе в 1960-е гг. В настоящее время распространение гиацинта происходит преимущественно по рекам. На р. Шири разросшиеся заросли гиацинта становятся помехой для гидроэнергетики. В этой связи правительство Малави с 1995 г. начало биологическую программу по вселению в реки долгоносика *Neochetina* spp., сократившую, но не уничтожившую его скопления (Phiri et al. 2001). Из-за невысоких концентраций биогенных веществ в поверхностных водах оз. Ньяса, растения, попав в озеро, быстро отмирают. Но, хоть на сегодняшний день водный гиацинт пока не представляет на оз. Ньяса острой проблемы, как на оз. Виктория, потенциальная опасность его распространения присутствует (Nindi 2007).

Описание мер, предпринятых для улучшения экосистемы озера.

Поскольку оз. Ньяса играет огромнейшую роль в жизни населяющих его народов, сохранение качества его воды, рыбных запасов и биологической вариативности представляет собой важнейшую, актуальную задачу. К сожалению,

ее решение значительно усложняется отсутствием должной информации по озеру. В каждой из трех прибрежных стран на сегодняшний день реально существуют лишь учреждения, ответственные за рыбную ловлю. Их основные исследования проводятся в области оценки рыбных ресурсов, и большинство рекомендаций касаются организации рыбной ловли на озере. Несмотря на то, что некоторые институты, ответственные за исследования рыбного населения, организовали работы и в области гидрохимии и изучения планктона, внимание этим работам уделяется крайне слабое. Даже по вопросам рыбной ловли решения принимаются крайне медленно, прежде всего, из-за слабой согласованности между странами, расположенными по берегам озера. Управления экологической политикой создаются, однако, пока лишь на начальном уровне. Значительную помощь в этой области пытаются оказывать развитые страны. Так Германия финансировала Национальную Программу по водным ресурсам, осуществляемую через отдел рыбной ловли Малави (NARMAP), окончившуюся в 2003 г. Национальный Экологический Совет Управления Танзании (NEMC) предложил Национальную Стратегию Сохранения и Жизнеспособного Развития (NCSDD) страны. Эта стратегия включает Экологический План Действия, имеющий приоритеты в области природных ресурсов. Экологическое законодательство для поддержания плана завершено к середине 2000-х гг. В 2003 г. развитие Национальной Программы Экологического Управления (NEMP) завершилось в Мозамбик. Программа определила экологическую политику страны, установила ее правовые рамки и определила структуры для осуществления выработанной политики и ее проведения в жизнь. Таким образом, на настоящий момент первоочередной задачей является скоординировать выработанные стратегии, при этом участие стран в рыбной ловле не равно, а значит и интерес к проблемам озера различен. Значительную помощь в координации усилий прибрежных стран по управлению озером и его ресурсами пытается оказывать ФАО.

Для охраны биологической вариативности на территории оз. Ньяса и на его водосборе создаются Национальные парки. Южная часть озера входит в состав Национального Парка «Озеро Малави», являющегося частью Природного Мирового Наследия. Парк основан в 1975 г. и имеет площадь 9400 га. Территория парка

включает как наземные, так и водные области. Традиционные рыбацкие методы, нацеленные на ловлю мигрирующей рыбы, разрешаются здесь в ограниченных количествах. На большей части парка проживающие в озере рыбы полностью защищены.

1.6. ОЗЕРО АЛЬБЕРТ (МОБУТУ-СЕСЕ-СЕКО)

Озера Альберт и Эдуард относятся к наименее крупным среди Великих Африканских Озер, и являются частью системы водоемов в Верховьях Нила. Озера занимают единую сбросовую впадину в пределах Западного рифта.

Озеро Альберт (Мобуту-Сесе-Секо) – седьмое по площади озеро африканского континента и пятое среди Великих Африканских озер. Это самое северное из цепи озер Восточно-Африканской линии разломов (рис. 1.27). Его координаты: 1°00'-2°20'с.ш.; 30°20'-31°30'в.д., урез воды находится на высоте 615 м над уровнем моря. Уганда и Демократическая Республика Конго (Заир) расположены по берегам озера и контролируют 54% и 46% акватории озера, соответственно.

Оз. Альберт - озеро тектонического происхождения, занимающее сбросовую впадину, являющуюся северным отрезком Западного рифта. Оно имеет ромбовидную форму, расстояние между его крайними северной и южной точками составляет 145 км,

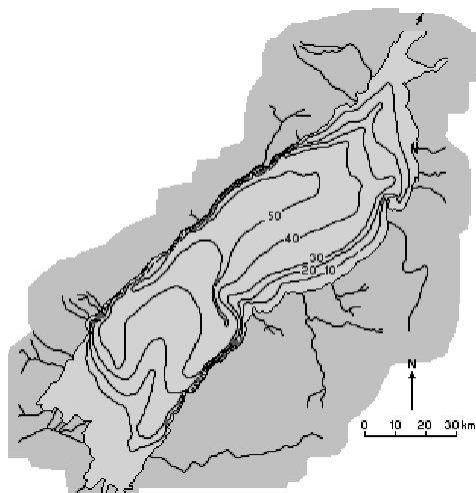


Рис. 1.27. Озеро Альберт. Источник: LBRI&ILEC. 1989

ширина – 35-46 км, площадь водной поверхности – 5300 км², средняя глубина – 25 м, максимальная – 58 м, (Rugumayo, 2010)

объем заключенной воды – 133 км³. Грабен, в котором расположено озеро, является одним из самых древних участков Западного рифта, образованным в середине третичного периода около 20 млн. лет назад. Тогда же возник и прообраз современного озера. На ранних этапах развития грабен был менее глубоким, а заполнявший его водоем - более мелководным, но значительно более обширным по площади, чем сейчас. Последующие тектонические движения подняли края грабена и углубили озерную котловину, вследствие чего водоем сократился в размерах. Западный борт рифта поднимается над уровнем озера на 1300-1800 м, восточный – на 600-800 м. Краевые поднятия спускаются к днищу грабена рядом уступов, образованных параллельными ступенчатыми сбросами. Уступы, в большинстве своем, несут следы обширной эрозии: изрезаны многочисленными глубокими оврагами и ущельями, поросшими густыми лесами. Сами каменистые склоны покрыты лишь редкими пучками грубых жестколистных злаков. Дно сбросовой впадины довольно ровное и плоское, озерные воды разливаются по нему небольшим слоем, так что озеро является самым мелководным среди крупных озер Западного рифта. Береговая линия слабо расчленена, очертания берегов почти строго прямолинейные, определенные простиранием разломов. Сбросы поднимаются из воды в виде высоких отвесных уступов. Периодически между озером и уступами протягивается узкая полоса плоской равнины, покрытой травянистой саванной с отдельными деревьями и кустарниками. У подножия краевых уступов грабена местами пробиваются ключи с высоко минерализованной водой (Дмитриевский, Ю.Д., Олейников, И.Н., 1979).

С северной стороны в оз. Альберт впадает р. Виктория-Нил, несущая свои воды из озер Виктория и Кьога. Этот приток обязан своим появлением геологическим особенностям территории, а точнее приподнятости бассейна оз. Виктории, произошедшей в позднем плейстоцене. Река проходит через предыдущую речную долину в направлении нижней точки стены рифта. В непосредственной близости с местом впадения р. Виктория-Нил, в 15 км севернее, берет свое начало р. Альберт Нил, вытекающая из озера. Воды р. Виктория-Нил значительно менее соленые, чем оз. Альберт. Другим крупным притоком, поступающим в оз. Альберт с юго-западной стороны, является р. Семлики,

вытекающая из оз. Эдуард и пополняющаяся по курсу за счет притоков, стекающих со склонов Рувензори. На своем пути через лес река на протяжении нескольких километров порожиста, что является существенным барьером для обмена фауны между озерами. Затем уклон снижается, и при впадении р. Семилики в оз. Альберт располагается обширное болото.

История заселения озер Альберт и Эдуард и их роль в жизни окружающих народов

Озера Альберт и Эдуард относятся к наименее крупным среди Великих Африканских Озер, и являются частью системы водоемов в Верхоях Нила. Озера занимают единую сбросовую впадину в пределах Западного рифта. Изначально берега оз. Альберт и оз. Эдуард населяли пигмеи и койсанские племена, занимавшиеся охотой и собирательством. В первых веках н. э. в близлежащих регионах стали селиться племена банту. С XI века с севера пришли нилотские племена, а с северо-востока — кушиты. В силу исторических особенностей национальный состав жителей, обитающих по берегам озер Альберт и Эдуард крайне разнороден.

Первым европейцем, вышедшим к берегам озера Альберт в 1864 г. был Бейкер, который назвал его в честь Альберта Саксен-Кобург-Готского, мужа королевы Виктории, скончавшегося незадолго до открытия озера. Первым европейским исследователем, достигшим берегов оз. Эдуард, был Герман Мортон Стенли. Увидев озеро впервые в 1875 г. он решил, что перед ним находится южная часть оз. Альберт, и лишь во время своего второго посещения понял, что это два независимых водоема. Стенли назвал озеро в честь принца Альберта Эдуарда Уэльского – оз. Эдуард.

С конца XIX в. начинается колониальный период развития народов, населяющих побережья оз. Альберт и Эдуард. Территория Уганды становится английской колонией, территория Конго попадает под юрисдикцию Бельгии. В 1960-е гг. терпит крах колониальный режим, в июне 1960 г. была объявлена независимость Конго, в марте 1962 г. - Уганды. Период после объявления независимости характеризуется большим количеством межэтнических конфликтов и гражданскими войнами. В 1978-79 гг. происходила война между Угандой и соседней Танзанией, с конца 1980-х гг. по 2008 г. длилась гражданская война в Уганде. В 1996-97 гг. и 1998-2003 гг. происходили конго-

лезские войны, в которые были втянуты как Демократическая Республика Конго, так и Уганда. И в начале XXI в. политическая обстановка в регионе остается нестабильной.

Озера Альберт и Эдуард играют важнейшую роль в жизни людей, обитающих по их берегам, и служат для них источником воды и пропитания. Кроме того, на озере Альберт развито судоходство, обеспечивающее как пассажирские, так и транспортные перевозки. Наряду с озерами Виктория и Кьога, оз. Альберт и Эдуард поддерживают рыболовную промышленность Уганды, совместно внося в нее около 25% от общего улова по стране. Рыбная ловля является основным источником протеина для местных жителей, а также одним из важных секторов экономики Уганды, приносящим валютную прибыль. С конца XX в. рыбная ловля активно развивается и в ДРК. Объем уловов по конголезской части оз. Альберт приблизился к его угандийской части, а на оз. Эдуард существенно ее превзошел. В начале XXI века в глубинных пластах оз. Альберт были обнаружены месторождения нефти. В ближайшее время начнется их разработка, что должно существенно поднять экономику стран региона, прежде всего Уганды, вдоль побережья которой находятся основные месторождения. Большие надежды возлагаются на обнаружение нефтяных месторождений и в бассейне оз. Эдуард.

Температурная стратификация. Водный баланс. Уровенный режим

Среднегодовыми параметрами климата в бассейне озер Альберт и Эдуард приведены на рис. 1.28. Оз. Альберт характеризуется как полимиктическое. Вода, ввиду мелководности озера, часто перемешивается до самого дна, главным образом под воздействием ветра и волнения. Температурная стратификация согласно Talling (1963), может развиваться, однако выражена достаточно слабо и удерживается недолго. В течение года температура воды изменяется в пределах 26.5-30°C.

Оз. Альберт получает много притоков, большинство из которых несет воду лишь в сезон дождей. Из постоянных рек в него впадают р. Виктория-Нил и р. Семлики, образующие обширные дельты. Большая часть бокового склонового притока носит сезонный характер и вносит небольшой вклад в общую величину прихода воды. Среди наиболее крупных рек – Му-

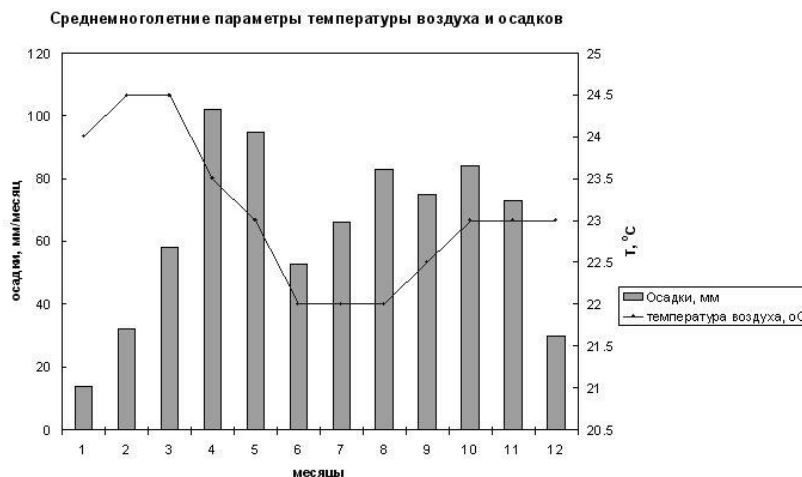


Рис. 1.28. Среднегодовое параметры климата по данным ИЛЕС.

зизи, Нкусси, Вамбабя, Уоки I и II. В водном - балансе озера доминирующую роль играют приток, 91% его приходной части, и отток, 81% его расходной части. С притоками в озеро поступает в среднем 37.4 км^3 воды в год, с осадками – 3.8 км^3 . Сток по р. Альберт-Нил составляет 33.7 км^3 ; испаряется с поверхности озера – 8.3 км^3 , а запасы за период 1950-2000 гг. оцениваются в -0.8 км^3 . (Rugumayo et al., 2010). Уровень воды оз. Альберт подвержен большим сезонным и многолетним изменениям, согласно оценкам Rugumayo et al. (2010) его амплитуда за 100 лет составляет около 14 м. Колебания уровня связаны с водностью питающих озеро рек, и, прежде всего, со стоком по р. Виктория-Нил, обеспечивающей около 80% притока. Согласно Rugumayo et al. (2010), максимальный приток в озеро за период наблюдений отмечался в 1964 г. и составил 283 км^3 , отток в этот год также был максимальным (95.5 км^3). Минимальный приток наблюдался в 1974 г (31.5 км^3), а минимальный отток – в 1954 г. (13 км^3).

В годы повышенной водности уровень озера резко возрастает, и происходит подтопление прибрежной зоны. Существенный ущерб местной экономике был нанесен в результате повышения уровня оз. Альберт, начавшегося в 1961-62 гг., и связанного с окончанием гидроэнергетического строительства на р. Виктория-Нил и совпадающего с повышениями уровня на оз. Виктория. В эти годы на оз. Альберт был разрушен островной порт Бутиаба, а местные жители, проживающие в залитой озерными водами долине, были вынуждены оставить ее и мигрировать на более возвышенные земли (Rugumayo et al., 2010).

Основные характеристики качества вод

Оз. Альберт отличается солоноватой водой, электропроводность которой составляет $675-730 \text{ мкS/см}$. Приток солей происходит за счет разгружающихся близ озера термальных источников. Ионный состав воды, согласно Talling (1963), в значительной степени определяется озером Эдуард, связанным с оз. Альберт по р. Семилики, тогда как влияние вод р. Виктория-Нил снижается, из-за того, что ее устье находится в непосредственной близости с истоком р. Альберт-Нил. В оз. Альберт среди анионов преобладают карбонаты и гидрокарбонаты, а среди катионов - натрий и калий: $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$; $\text{Na} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Ca}$ (Greboval et al, 1994). Реакция среды щелочная, pH - 8.7-9.0. Мутность чаще всего повышенная. В связи с частым перемешиванием вода озера в естественном состоянии по большей части своего объема была обогащена растворенным кислородом. У поверхности содержание кислорода составляло 6-7 мг/л. Истощение кислорода наблюдалось лишь на больших глубинах, обычно в северной части водоема (Talling, 1963). В последние десятилетия концентрация кислорода в воде существенно снизилась, и значительная часть водоема теперь часто испытывает гипоксию.

Особенностью оз. Альберт являются более высокие концентрации фосфора в воде по сравнению с азотом. На уровень середины 1960-х гг. содержание общего фосфора составляло 135-180 мкг/л, а $\text{NO}_3 - \text{N}$ - 6-90 мкг/л (Talling & Talling, 1965). Согласно более поздним оценкам (Ochieng et al., 2009), концентрации фосфора в водах заливов и лагун составляли 242 ± 32

мкг/л, а в открытых водах - 83 ± 5 мкг/л. Эти цифры свидетельствуют о высоко эвтрофном состоянии открытой части водоема и гипер-трофном - прибрежной зоны.

Основные биологические особенности. Ихтиофауна, рыбная ловля.

В фитопланктоне оз. Альберт доминируют: сине-зеленые водоросли: *Anabaena flos-aquae*, *Anabaenopsis tanganyikae*, *Lyngbya limnetica* и диатомовые: *Stephanodiscus astraea*, *Nitzschia bacata*, *Melosira nyassensis*, присутствуют динофлагелляты (*Gymnodinium* sp.) (Talling, 1963, LBRI&ILEC, 1989). По мере эвтрофирования водоема доля сине-зеленых увеличивается, тогда как в середине XX века преобладали диатомовые (Talling, 1963). Согласно Lehman et al. (1998), концентрация хлорофилла-а весной 1961 г. оценивалась в 6.4 мкг/л, что почти в три раза выше, чем весной 1995 г (2.2 мкг/л). Lehman объясняет снижение концентрации хлорофилла-а ослаблением проникновения света, вызываемым обилием фитопланктона. В зоопланктоне доминируют веслоногие ракообразные отряда циклопоиды: *Mesocyclops aequatorialis*, *M. ogunnus*, *Thermocyclops neglectus*, *Thermodyaptomus galebi* составляющие около 90% биомассы (Lehman et al. 1998). Многочисленны ветвистоусые рачки: *Daphnia lumholtzi*, *Ceriodaphnia cornuta*, *C. dubia*, *Moina micrura*, *Diaphanosoma excisum*, личинки насекомых: *Chaoborus* spp. (перистоусый комарик) и десятиногие ракообразные: *Caridina nilotica*. По данным Verbeke (1957), общая биомасса зоопланктона в середине XX в. изменялась в течение года от 1.8 до 18 см³ /0.15м². По данным Lehman et al. (1998), на уровень 1995 г. биомасса зоопланктона составляла 1-3 гр С/м², а фитопланктона 5-8 гр С/м².

Озеро Альберт богато рыбными ресурсами; здесь насчитывается 46 видов рыб, в большинстве своем типичных для всего Нильского бассейна. Наиболее распространены: нильский окунь (*Lates niloticus*), алестиды *Alestes baremose*, *Hydrocynus forskalli*, цихлиды *Tilapia* spp., цитхаринид (*Citharinus citharus*), дистиходонид (*Distichodus niloticus*), представители семейств клариевых (*Clarias lazera*), мормировых (*Mormyrus kanume*), карповых (*Barbus* spp.),

представитель отряда многоперообразных - багатопер (*Polypterus* sp.) (LBRI&ILEC, 1989). Оз. Альберт является родным для нильского окуня (*Lates niloticus*) и Нильской тилапии (*Oreochromis niloticus*), вселенных в середине XX века в другие Великие Африканские озера (Виктория, Ньяса).

Согласно оценкам Greboval et al. (1994) озеро Альберт может давать без ущерба для своего биологического потенциала 25-34 тыс. метр. тонн рыбы. Рыболовство является важнейшей отраслью местной экономики, и обеспечивает жителей протеином. Уловы рыбы в оз. Альберт резко возрасли с начала 1950-х гг., после введения коммерческого рыболовства. В середине 1960-х они превышали 20 тыс. тонн/год, а в середине 1970-х поднялись к 30 тыс. тонн (рис. 1.29). В начале 1980-х гг. рыбные уловы на озере существенно снизились, что явилось результатом гражданской войны в Уганде и национализации рыбной ловли в Заире (ДР Конго). Затем, к началу 1990-х гг., уловы опять стали увеличиваться. До начала XXI в. около 75-80% рыбных уловов составляли нильский окунь и представители семейства алестид – ангара (*Alestes baremose*), нгасса (*Hydrocynus forskalli*), в небольшой степени рагоге (*Brycinus nurse*). Среди других коммерческих видов были представители семейства цихлид – тилапия (*Tilapia* spp.) и косатковых сомов - багрус (*Bagrus bayad*).

С начала 1990-х гг. на озере наблюдается истощение рыбных запасов, связанное, прежде всего, с использованием неразрешенных механизмов лова. Недопустимые методы лова приводят к снижению общего производства и уменьшению видового разнообразия, помимо истощения рыбных запасов происходит разрушение нерестилищ (Westerkamp, Houdret, 2010). В середине 1990-х гг. из-за истощения рыбных запасов начался поиск альтернативных видов для лова, в результате чего резко повысилась доля рагоге. Уже к середине 2000-х гг. он стал доминировать в уловах (Bwaku W. S., 2009). Рагоге хорошо приспособливается к загрязненным, эвтрофированным водам, обитает преимущественно у побережья и удобен для промысла.

Уловы рыбы на оз. Альберт по странам

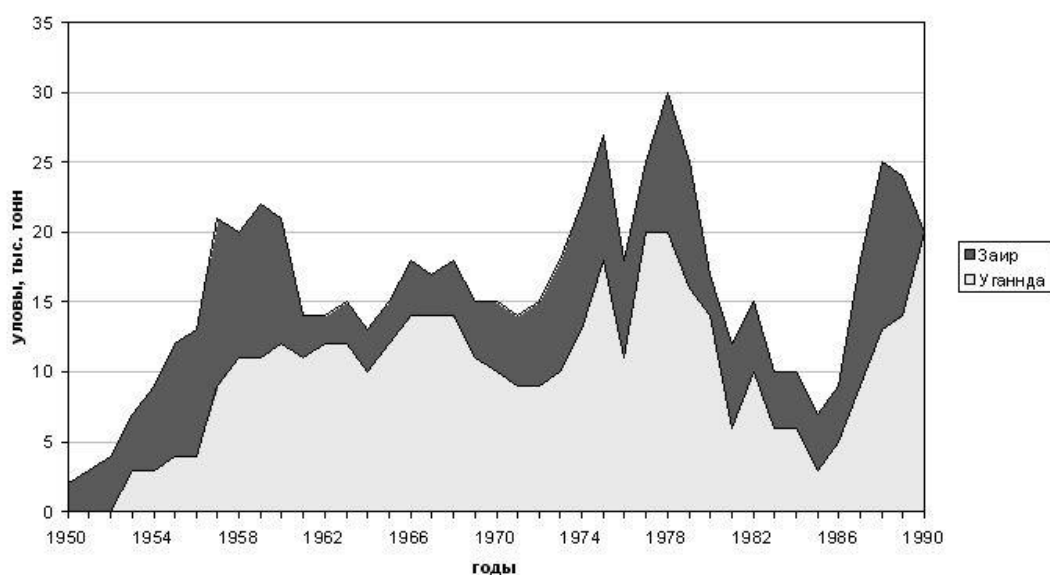


Рис. 1.29. Уловы рыбы на оз. Альберт по данным Greboval et al. (1994)

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне. Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью.

Площадь водосбор оз. Альберт составляет 18223 км², здесь проживает около 2 млн. человек. С конголезской стороны к озеру примыкает провинция Итури, с Угандийской – области Небби, Амуру, Булиса, Хоима, Кибале и Бундибуго. Основное занятие местного населения сельское хозяйство и рыбная ловля. Уровень жизни очень низок. Внутренний Валовой Продукт на одного жителя составляет в Уганде около 400 и в ДРК около 300 долларов США. Только 3% жителей угандийского побережья на сегодняшний день имеют доступ к электричеству (Westerkamp, Houdret, 2010). Темпы прироста населения достаточно высоки, что при подавляющей бедности создает ряд серьезных экологических проблем, связанных как с постоянно повышающимися потребностями в продукции рыболовства, приводящими к чрезмерному вылову и снижению рыбных запасов, так и с дополнительной биогенной нагрузкой на водоем.

В связи с хозяйственной активностью на водосборе происходит антропогенное эвтрофирование водоема. По историческим данным на начало 1960-х годов прозрачность воды оз. Альберт составляла около 5 м (Talling, 1963). В настоящее время в открытой части водоема она снизилась до 1.4-1.7 м, а в прибрежной зоне –

до 0.5 м (Ochieng et al., 2009). В последние десятилетия содержание биогенных веществ в воде настолько увеличилось, что озеро перешло в гипертрофное состояние. Поскольку при постоянно высоком содержании фосфора основным лимитирующим элементом на оз. Альберт является азот, рост его поступления приводит к бурным расцветам *Anabaena flos-aquae* и *Melosira nyassensis*. В последние годы расцветы проходят настолько часто, что значительная часть водоема практически постоянно испытывает гипоксию, приводящую к рыбным заморам и снижению рыбной продуктивности водоема. На озере периодически отмечается гибель нильского окуня. Кроме того, из-за гипертрофности страдает видовое разнообразие. Поскольку оз. Альберт используется в качестве источника водоснабжения, качество его воды является залогом здоровья местного населения. Высоко эвтрофные воды требуют дорогостоящих систем очистки и, в случае их отсутствия, являются причиной распространения инфекционных заболеваний, прежде всего желудочных.

Несмотря на крайне неблагоприятные изменения, произошедшие в водоеме в связи с ростом концентрации биогенных веществ, содержание тяжелых металлов в воде оз. Альберт остается достаточно низким и находится пока на безопасном уровне. Лишь в донных осадках заливов и лагун наблюдается повышенное содержание цинка (Ochieng et al.,

2009). Однако опасность токсического загрязнения в настоящее время весьма реальна.

Дополнительной опасностью для экосистемы оз. Альберт может служить открытие нефтяных запасов в глубинных пластах его Угандийского побережья и в озерных отложениях. Уже на сегодняшний день, на стадии разведки запасов, поступают жалобы от рыбаков на ухудшения качества воды и изменения в поведении рыбы (Westerkamp, Houdret, 2010). Кроме экологических неприятностей, которые всегда сопровождают разработку нефтяных месторождений, остается реальность возобновления военных конфликтов между ДРК и Угандой, имевших место в недавнем прошлом. На сегодняшний день разработка месторождений вынудила правительства обеих стран вступить на путь переговоров, однако возможность ухудшения отношений продолжает оставаться реальной, особенно в обстановке неурегулированности международных границ. Если отношения между президентами двух стран характеризуются прагматизмом и допускают сотрудничество в интересах обеих стран, то на местном уровне отношения между угандийцами и конголезцами крайне сложные (Westerkamp, Houdret, 2010). Международные инциденты продолжают иметь место между странами.

Описание мер, предпринимаемых для улучшения экосистемы озера.

Поскольку рыболовство является важнейшим источником протеина для местных жителей, а также одной из важных отраслей экономики Уганды, вопросы истощения рыбных запасов оз. Альберт являются важнейшими на сегодняшний день. С этой целью разрабатываются программы управления рыбными ресурсами. Однако процесс находится пока лишь на начальной стадии. Бедность местных жителей, отсутствие экономических альтернатив, высокая стоимость надлежащих рыбацких механизмов являются естественным фоном, тормозящим продвижение программ, направленных на охрану окружающей среды и управление рыбными ресурсами. На настоящий момент отсутствует понимание важности возникшей проблемы и существует постоянный конфликт интересов между более и менее обеспеченными рыбаками, а также между местными жителями и мигрантами (von Sarnowski, 2004). Проблемы еще более обостряются из-за отсутствия соответствующего законодательства. Если в долгосрочной перспективе продуманное, разумное

управление рыбными ресурсами позволит поддерживать занятость местного населения и хорошие уловы, то в ближайшей перспективе неизбежны конфликты, так как любые меры по сохранению и восстановлению рыбных запасов связаны с сокращениями сегодняшних доходов местных жителей.

Кроме интереса к рыбным ресурсам, изучение экосистемы оз. Альберт стало актуальным после открытия нефтяных месторождений в регионе. В результате в рамках проекта Мирного Строительства (Peacebuilding) была организована группа по Региональному Сотрудничеству по вопросам Окружающей Среды, Экономики и Управления Природными Ресурсами (Regional Cooperation on Environment, Economy and Natural Resource Management). Основным направлением исследований являются окружающая среда, водные ресурсы и рыбная ловля, энергетика и нефтедобыча (Westerkamp, Houdret, 2010).

Значительная часть побережья оз. Альберт с Угандийской стороны является охраняемой территорией и входит в состав Национального парка. Богатство природы привлекает в парк ежегодно около 40000 туристов.

1.7. ОЗЕРО ЭДУАРД (ЭДВАРД ИЛИ ИДИ-АМИН-ДАДА)

Озеро Эдуард (Эдвард или Иди-Амин-Дада) является наименьшим и наименее изученным в лимнологическом отношении среди Великих Африканских Озер (рис. 1.30). Его координаты: 0°05'-0°43' ю.ш.; 29°18'-29°55' в.д. Демократическая Республика Конго (Заир) и Уганда расположены по берегам озера и контролируют 71% и 29% его акватории, соответственно. Урез воды находится на высоте 912 м над ур. моря.

Оз. Эдуард - озеро тектонического происхождения, занимающее сбросовую впадину в пределах Западного рифта, являющуюся непосредственным продолжением грабена оз. Альберт. Уровень его водного зеркала при этом находится на 300 м выше. Озеро имеет неправильную четырехугольную форму, вытянутую с юго-запада на северо-восток на 77 км,

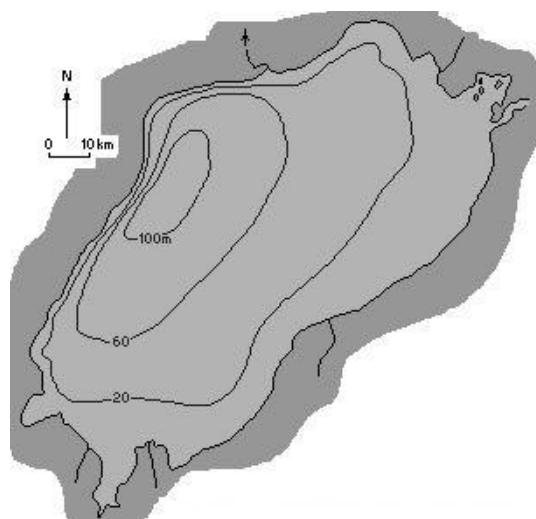


Рис. 1.30. Озеро Эдуард. Источник: LBRI&ILEC. 1989

средняя ширина 30 км. Площадь его водной поверхности составляет 2325 км², средняя глубина – 17 м, максимальная – 112 м, объем заключенной воды – 39.5 км³ (ИЛЕС). Дно Западного рифта в районе оз. Эдуард перекошено, наклонено с востока на запад, и озеро непосредственно примыкает только к высокому (более 2000 м) западному борту рифта. С востока его окружает широкая плоская равнина, отделяющая озеро от восточного борта рифта. Такие же равнины окаймляют озеро с севера и юга. Берега большей частью плоские, топкие, с неопределенными контурами, покрытые тростником, папирусом и другой болотной растительностью; крутым и высоким является только западный берег. Регион оз. Эдуард демонстрирует свидетельства относительно недавнего вулканизма, происходившего около 5000-12000 лет назад. Отличающиеся обилием кратеров и вулканических конусов, вулканические области Катве-Кикоронго и Буяругру расположены в северо-западной оконечности озера, по обеим сторонам протоки Казинга, соединяющей оз. Эдуард с оз. Джордж.

Чаша оз. Эдуард возникла в начале четвертичного периода. Согласно предположениям (Дмитриевский, Ю.Д., Олейников, И.Н., 1979) на ранней стадии своего развития озеро образовывало единое водное пространство с оз. Альберт. В один из сухих периодов четвертичного времени единый водоем почти полностью пересох, тогда исчезла и древняя нильская фауна. В это время участок дна Западного рифта между озерами Альберт и Эдуард был поднят тектоническими движениями в виде горста. Котловины озер были разделены

скалистым барьером, воспрепятствовавшим гидрографической связи между ними. Долгое время оз. Эдуард существовало как бессточное, и в нем развивалась своя фауна, отличающаяся от Нильской, прежде всего благодаря более высокому уровню солености. Река Семилики сравнительно недавно в процессе эрозии “перепилила” скалистый барьер, разделяющий озера. Согласно другим гипотезам оз. Эдуард уже в более позднее время образовывало единый водоем с оз. Джордж, но, затем, было разделено лавовыми потоками в период активной вулканической деятельности.

Температурная стратификация. Водный баланс

Оз. Эдуард мономиктическое. Температура эпилимниона в течение всего года составляет около 26°C, а гиполимниона – около 24°C. Для мелководья характерно частое перемешивание. В глубинной части озера на протяжении большей части года хорошо выражена температурная стратификация. Термоклин залегает на глубине 40-60 м. Выравнивание температуры по всей водной массе происходит зимой.

Оз. Эдуард представляет собой один из водоемов в Верховьях Нила и, наряду с оз. Альберт и оз. Виктория, является источником Белого Нила. Основным его притоком является р. Ньямугасани, стекающая с юго-западной оконечности Рувензори, а также реки Ишаша, Рутшур, Руинди, стекающие с возвышенностей Кизеги и вулканического плато Вирунга на юге. На востоке оз. Эдуард соединяется протокой Касинга с гипертрофным оз. Джордж. Из озера, в его северо-западной оконечности, берет начало р. Семлики.

Палеолимнологические исследования свидетельствуют о значительных понижениях уровня воды оз. Эдуард, совпадающих с периодами засух на большей части региона Великих Африканских озер, и неоднократно наблюдавшихся в течение последних 5000 лет. Согласно Russell, et al. (2004), наибольшее падение уровня воды на озере происходило от 4050 до 3850 лет назад и составляло около 15 м по отношению к сегодняшнему уровню.

Среди Великих Африканских озер оз. Эдуард является наименее изученным в лимнологическом отношении. Приток с водосбора ежегодно привносит в озеро около 2.2 км³ воды; осадки – 3.4 км³ (Дмитриевский, Ю.Д., Олейников, И.Н., 1979). Согласно различным оценкам на

испарение приходится от 50 до 65% расходной части водного баланса, по наиболее новым данным - 54% (Russell, et al., 2006); сток по р. Семлики оценивается около 2 км³.

Основные характеристики качества вод

Оз. Эдуард является наиболее минерализованным озером Нильского бассейна, электропроводность его воды составляет 878-1130 мкS/см. Среди анионов преобладают карбонаты и гидрокарбонаты, а среди катионов - натрий и калий: $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$; $\text{Na} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Ca}$ (Greboval et al, 1994). Реакция среды щелочная, pH - 8.8-9.1. Прозрачность воды оценивается в 1.8-3 м. Кислород присутствует лишь в эпилимнионе, его содержание у поверхности составляет около 8 мг/л, затем его концентрация плавно снижается до глубины 40 м (Beadle, 1966). Слои воды, расположенные на глубине более 50 м, лишены кислорода на протяжении всего года, и характеризуются высоким содержанием сероводорода.

Основные биологические особенности. Ихтиофауна, рыбная ловля.

Для оз. Эдуард характерно обилие фитопланктона, главным образом сине-зеленых водорослей, составляющих более 80% биомассы (*Microcystis* spp., *Lyngbia limnetica*, *Merismopedia tenuissima*, *Spirulina* sp.), распространены диатомовые (*Melosira*, *Synedra acus*), хлорофитовые, немного децимидиациесовых. Согласно Lehman et al. (1998), концентрация хлорофилла-а в поверхностных водах оценивается в 6.5-8.8 мкг/л. В зоопланктоне преобладают веслоногие ракообразные отряда циклопоиды, представленные видами: *Mesocyclops leuckarti*, *M. aequatorialis*, *Thermocyclops infrequens*, *T. oblongatus*, *T. consimilis*, *Thermodyaptomus galebi* (Lehman et al. 1998). Многочисленны ветвистоусые рачки: *Ceriodaphnia rigaudi*, *C. cornuta*, *C. dubia*, *Moina micrura*, *Diaphanosoma excisum*, *D. Mongolianum*, *Daphnia longispina*, *D. lumholtzi*, коловратки: *Brachionus falcatus*, *B. calyciflorus*, *B. caudatus*, *B. angularis*, *Keratella tropica*. Встречаются, хоть и в небольшом количестве, веслоногие ракообразные отряда каланоиды семейства диаптомид и личинки насекомых: *Chaoborus* spp. (Damas, 1964, Lehman et al. 1998). По данным Lehman et al. (1998), на уровень 1995 г. биомасса зоопланктона составляла 1-2.5 гр C/м², а фитопланктона 2-13 гр C/м².

В озере водится около 50 видов рыб, из которых 18 эндемиков. Наиболее распространены представители семейств косатковых сомов - багр (*Bagrus docmac*), клариевых - *Clarias* spp., кипририд - *Barbus* и цихлид - *Sarothelodon niloticus*, *S. leucosticus*, *Haplochromis* spp., *Hemihaplochromis multicolor*, *Oreochromis* sp.. Кроме того, на оз. обитает много гиппопотамов. В последнее время восстанавливается популяция нильского крокодила, отсутствовавшего в озере в течение 8000 лет.

На озере активно развито рыболовство. Основными промысловыми видами являются тилапия (*Oreochromis*), багр (*Bagrus*), барбус (*Barbus*), кларис (*Clarias*), протоптерус (*Protopterus*). По оценкам Greboval et al (1994) потенциальные уловы составляют 15000-20000 тонн для конголезской части озера и 13000-16000 тонн - для угандийской. Реальные уловы с 1960 по 1990 гг. изменялись в пределах 6000-14000 тонн (рис. 1.31). Доля тилапии в уловах на уровень 1960-х – начала 1970-х гг. составляла около 70%, что приводило к ее перелову, преимущественно в конголезской части озера. С конца 1970-х гг. повышается доля багра с 15 до 45%. В связи с нестабильными отношениями между Угандой и ДРК периодически возникают конфликты, связанные с отловом рыбы в чужих территориальных водах.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне. Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Площадь водосбора оз. Эдуард составляет 12096 км². Его восточная и северо-восточная части заняты Национальным парком Королевы Елизаветы и Рувензорским Национальным Парком, западная часть озера, включая исток р. Семлики, относится к Национальному Парку Вирунга (Конго). Благодаря обширности территорий, относящихся к национальным паркам, его берега слабо населены, здесь расположены лишь небольшие поселения Ишанго, Витсумби (ДРК) и Мвера, Катве (Уганда). В результате оз. Эдуард считается наименее пострадавшим в результате антропогенной деятельности водоемом среди Великих Африканских озер Нильского бассейна. В пределах его водосбора проживает около миллиона человек, использующих озеро преимущественно для питьевого водоснабжения и лова рыбы. В регионе активное развитие имеет туризм.

Уловы рыбы на оз. Эдуард по странам

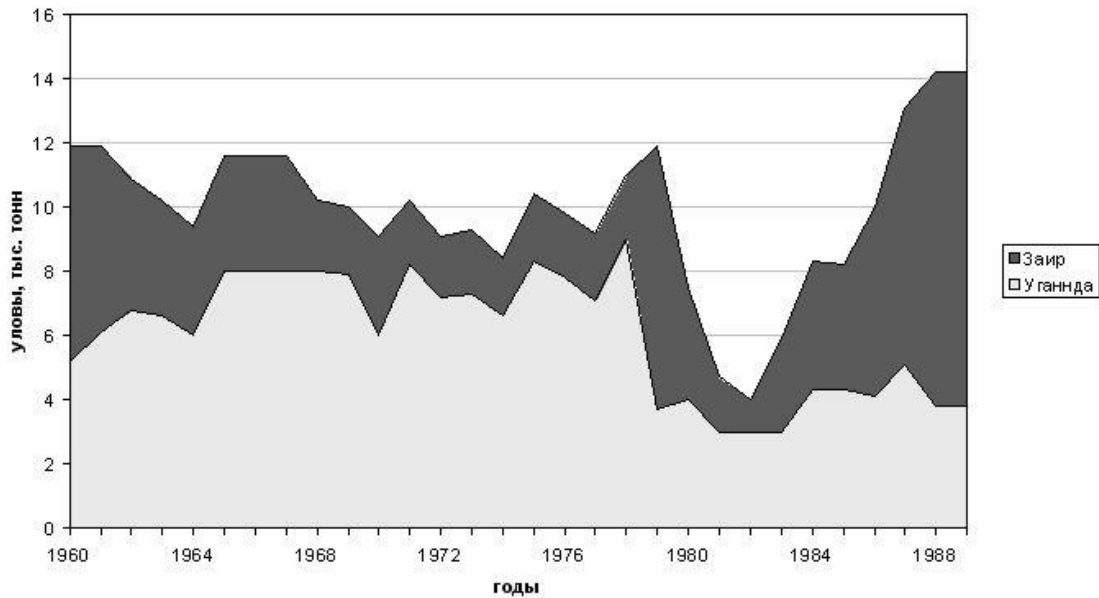


Рис. 1.31. Уловы рыбы на оз. Эдуард по данным Greboval et al. (1994)

После обнаружения месторождений нефти в бассейне оз. Альберт, существуют большие надежды на счет их обнаружения и в бассейне оз. Эдуард, расположенного с оз. Альберт в пределах единой рифтовой системы и имеющем схожую геологию. В ближайшей перспективе теми же компаниями, которые в настоящий момент начинают разработку месторождений в глубинных пластах Угандийского побережья оз. Альберт, вблизи озера может быть произведено бурение.

1.8. ОЗЕРО КИВУ

Озеро Киву - шестое среди Великих Африканских озер, занимающее наиболее приподнятый участок дна западного рифта. Его координаты: 1°38'-2°25'ю.ш.; 28°51'-29°22'в.д. Водное зеркало располагается на высоте 1463 м над уровнем моря, выше всех остальных Великих Озер Восточной Африки. Заир и Руанда расположены по берегам озера и контролируют 58% и 42% его акватории, соответственно (рис. 1.32). Длина озера с севера на юг составляет около 100 км, наибольшая ширина – 45 км, площадь водной поверхности – 2370 км², средняя глубина – 240 м, максимальная – 489 м, объем заключенной воды – 560 км³. Местность вокруг озера гористая; на западе вздымается западный борт рифта, достигающий высот 2500–3000 м, на севере простирается молодая вулканическая цепь Вирунга, на юге озеро

отделяется от впадины оз. Танганьика обширным базальтовым плато, расчлененным глубоким каньоном р. Рузизи, соединяющей оз. Киву и оз. Танганьика. На оз. Киву расположен один из наиболее крупных островов, расположенных в пресных водах, – о-в Иджви.



Рис. 1.32. Озеро Киву. Фото NASA.

Оз. Киву - самое молодое из всех Великих Африканских Озер. Анализ донных отложений (Haberyan and Necky, 1987) свидетельствует о двух стадиях образования озера: мелководной, происходившей 1-5 млн. лет назад, и глубоководной стадии, около 10000 – 50000 лет назад. Переход между этими стадиями отмечают лавовые потоки вулканов плато Вирунга, которые около 12000 лет назад закупорили

прежний отток из озера в направлении р. Нил.

В отличие от остальных озер Западного рифта оз. Киву обладает очень извилистой береговой линией. Вдоль всего северного берега хорошо видны спускающиеся в воду потоки застывшей лавы разного возраста и облика. Подводные склоны озерной котловины очень круты, так что зона прибрежного мелководья почти отсутствует. Рельеф дна чрезвычайно неровный; различается несколько глубоководных впадин, разделенных подводными хребтами, наиболее высокие вершины которых поднимаются над поверхностью озера в виде остро-вов. Озеро состоит из одного главного (Северного) и четырех меньших отдельных бассейнов: Ишунгу, Калехе, Букаву и Кабуно. Северный бассейн, образованный, скорее всего, в плиоцене, перекрыт осадочными толщами, имеющими мощность около 300, местами 500 метров. В других местах толщина осадка не превосходит 100 м. Анализ стратиграфических колонок, отобранных в заливе Букаву, показывает, что донные отложения имеют здесь слоистую структуру, состоящую из редкого минерала моногидрокарбоната, перемежающегося с диатомовыми водорослями, перекрываемыми сапропелями с высоким содержанием пирита (Nauar, 2009). Они найдены в трех различных интервалах. Геофизические данные свидетельствуют, что стадия вулканической и геотермальной активности следовала практически сразу за образованием грабена.

Периодически, несколько раз в столетие, в озеро Киву сползают потоки раскаленной лавы. В это время вода у северных берегов может закипать и над озером на десятки метров вздымаются в высоту фонтаны белого пара и кипятка. Вода у берега становится грязно-желтой, бурлит и пенится, и из нее высквакивают бесконечные пузырьки зловонных газов. Так происходило в 1912 г., когда берегов оз. Киву достиг мощный лавовый поток, излитый вулканом Румока, в 1938 г. во время извержения влк. Ньямлагире, в 1948 г. при извержении влк. Мухуболи. В январе 2002 г. в результате очередного извержения влк. Нирагонго лавовые потоки опять достигли оз. Киву в районе г. Гома, продвинувшись приблизительно на 100 м вглубь его акватории до глубин 70 м (Wafula et al, 2007). Вулканы Ньямлагире и Нирагонго, сливающиеся в своем основании, по праву считаются самыми активными вулканами Африки. С начала наблюдений (конец XIX в.) Ньямлагире

извергался более 40, а Нирагонго – более 35 раз. При этом отмечались периоды, когда деятельность вулканов была непрерывна в течение нескольких лет. Вулканы есть и в самом озере, целый ряд затопленных или полузатопленных вулканических конусов поднимается со дна в его северной части.

История заселения озера и его роль в жизни окружающих народов

Изначально берега оз. Киву населяли пигмеи, занимавшиеся охотой и собирательством. Между 11-м и 15-м веками с юга пришли бантуязычные племена хуту, занимающиеся земледелием. Вырубая леса под пашни, хуту оттеснили пигмеев вглубь джунглей. В 16-м в. с севера пришли нилотские племена тутси. Тутси стали владычествовать и над хуту, и над пигмеями. Хуту занимались сельским хозяйством, пигмеи (тва) продолжали жить в джунглях или становились слугами и у хуту, и у тутси, а тутси занимались воинским ремеслом и были владельцами всего скота и всех сельхозугодий в Руанде. К приходу европейцев Руанда являлась одним из наиболее организованных и централизованных королевств центральной части Восточной Африки. Хуту представляли численное большинство, а тутси входили в правящую элиту.

Первым европейцем, достигшим в 1894 г. берегов оз. Киву был немецкий исследователь Густав Адольф фон Готцен. С конца XIX в. начинается колониальный период развития народов, населяющих побережье оз. Киву. С 1890 г. согласно Брюссельской конференции восточное побережье оз. Киву (современная Руанда) отошло под юрисдикцию Германии, а западное – Бельгии. В ходе Первой мировой войны бельгийские войска вторглись на территорию Руанды с территории Бельгийского Конго, и к 1916 году полностью её захватили. В 1960-е гг. терпит крах колониальный режим, в июне 1960 г. была объявлена независимость Конго, в июле 1962 г. – Руанды. Период после объявления независимости характеризуется огромным количеством межэтнических конфликтов, революционных переворотов и гражданскими войнами. Наиболее кровавым оказалось противостояние между хуту и тутси, закончившееся в 1994 г. геноцидом в Руанде, когда за 100 дней было убито около миллиона человек, преимущественно принадлежащих к народности тутси. Факт геноцида затем был

признан и осужден во всем мире. После геноцида 1994 г. гражданская война в Руанде продолжалась до 1998 года, затронув, в основном, северо-западные районы страны и часть территорий восточного Заира. Непосредственным следствием геноцида в Руанде явились также первая (1996—1997 гг.) и вторая (1998—2002 гг.) Конголезские войны, интурийский конфликт (с 1999 г.) и конфликт в Северном Киву (2004—2009 гг.). Район озеро Киву продолжает оставаться одним из самых взрывоопасных регионов мира.

Оз. Киву играет важнейшую роль в жизни людей, обитающих по его берегам, и служат для них источником воды и пропитания. На озере развито судоходство, рыболовство, туризм. Со дна озера происходит добыча метана, причем после 2004 г. темпы добычи существенно возросли. Река Рузизи, вытекающая из озера, используется для орошения сельскохозяйственных земель в ее низовьях, где выращивается хлопчатник, рис и др. Кроме того, на реке развита гидроэнергетика. В отличие от других Больших Африканских Озер, оз. Киву не только обеспечивает проживание и пропитание проживающих по его берегам народов, но и является источником огромной потенциальной опасности, связанной с содержанием громадных накоплений газа в его придонных слоях.

Характеристики термического режима и температурная стратификация.

Несмотря на то, что оз. Киву расположено чуть южнее экватора, в регионе достаточно четко выражены внутригодовые колебания температуры и влажности. Более прохладный и ветреный сухой сезон продолжается с июля по сентябрь.

Озеро меромиктическое. Слой температурного скачка варьирует по сезонам: во влажный сезон он находится на глубине 20-30 м, а в сухой – 40-50 м. Обычное для тропических озер понижение температуры воды с глубиной наблюдается лишь в верхнем семидесятиметровом слое. В эпилимнионе температура воды составляет 24-25°C. Достигнув слоя температурного скачка на границе с миксолимнионом, температура резко понижается, и остается на уровне 20-23°C до глубины 70 м, то есть до границы с гиполимнионом. Затем с глубиной температура воды начинает расти, что объясняется влиянием вулканической и поствулканической деятельности. Поднятию

теплой придонной воды наверх препятствует ее более высокая минерализация, делающая воду для этого слишком тяжелой.

Водный баланс. Уровенный режим.

Оз. Киву фактически не имеет крупных постоянных притоков. Приходная часть его водного баланса приблизительно в равной степени состоит из осадков, выпадающих на его поверхность, и поверхностного и грунтового стока. В озеро разгружаются лишь небольшие речки. Значительная часть дождевых вод, стекающих с окрестных гор, просачивается в грунтовые слои. В данном регионе, с высокой вулканической и гидротермальной активностью, грунтовые воды, находящиеся под значительным гидравлическим давлением, быстро нагреваются и растворяют в себе большое количество солей, вымываемых из водонапорных пород или, подобно ряду газов, поступающих из земных глубин. Обогащенная растворенными солями вода разгружается в озеро посредством гидротермальных источников. Единственным оттоком из озера является р. Рузизи, впадающая в оз. Танганьика, расположенное на 690 м ниже оз. Киву. Величина оттока составляет 3.2 км³/год (Case Studies, 2007).

Уровень воды оз. Киву подвержен лишь небольшим внутригодовым (амплитуда около 0.25 м) и многолетним колебаниям между отметками 1462 и 1463 м.

Основные характеристики качества вод

Содержание растворенных солей в поверхностном слое оз. Киву составляет около 1 г/л, электропроводность 1160 μ S/см, на глубине более 80 м - 4 г/л и 2000-2400 μ S/см, соответственно (Isumbisho M. et al., 2006). Повышенному содержанию солей с глубиной способствует разгрузка холодных и горячих источников в глубокой части озера. pH с глубиной убывает с 9.3 до 6.5-7.0. Мощность эфотического слоя оценивается в 18 м и не превышает 25 м. На глубине от 20 до 60 м располагается миксолимнион. Первый хемоклин находится на глубине около 60 м, между миксо- и гиполимнионом. Более медленное перемешивание идет до глубины 270 м, около которой наблюдается наибольший градиент плотности и на которой расположен второй хемоклин, ниже начинается застойный “мертвый слой” с наиболее высокими концентрациями растворенных газов (углекислый газ, метан, азот, сероводород и др.).

Кислородом постоянно насыщен лишь самый верхний слой в 30-40 м, испытывающий наиболее частое перемешивание. Во время сухого сезона перемешиванию подвергаются более глубокие слои, и кислород присутствует до глубины 60-80 м (Isumbisho M. et al., 2006). Средняя концентрация хлорофилла-а в миксолимнионе составляет по данным Sarmiento et al. (2006) 2.2 мкг/л, и по более поздним данным Sarmiento et al. (2009) – 2.12 мкг/л, изменяясь от 0.63 до 3 мкг/л. Его максимальная концентрация (до 4.55 мкг/л) наблюдается в прибрежной зоне, в зал. Букаву и Кабуно, в местах впадения в озеро рек, особенно более крупных западных притоков (Kneubühler et al., 2007). Наименьшие концентрации хлорофилла характерны для основного северного бассейна. На глубине более 60-70 м хлорофилл исчезает. Уровень биогенных веществ не высокий, что позволяет отнести озеро к олиготрофным водоемам.

В нижнем “мертвом слое” оз. Киву в растворенном молекулярном состоянии содержится метан, образующий здесь месторождения промышленного значения. Метан присутствует в глубинных водах в смеси с углекислым газом, азотом, небольшим количеством сероводорода и других газов. Растворенная газовая смесь удерживается в воде высоким давлением, которое достигается с глубины 275 м. Различные количества газа содержат все бассейны озера, кроме бас. Букаву. Согласно большинству гипотез метан имеет преимущественно биогенное происхождение, он выделяется при разложении при помощи метаногенических бактерий отмерших планктонных организмов, оседающих на дно с поверхности озера. Диоксид углерода, имеет магматическое происхождение (Schoell et al. 1988). Запасы метана оценены в 55 млрд. м³, двуокси углерода – в 250 млрд. м³ и азота – в 5 млрд. м³ (Case Studies, 2007). Недавние исследования свидетельствуют об увеличении накопления метана за последние три десятилетия приблизительно на 15-20% (Schmid et al., 2005). Одна из высказываемых гипотез, объясняющих это увеличение – повышение поступления биогенных веществ, связанное с быстро растущим населением и активным развитием сельскохозяйственного производства в бассейне озера (Langenberg et al. 2003). Однако она не имеет широкого подтверждения (Muvundja et al., 2009).

До 2004 г. добыча метана со дна озера происходила в небольших объемах. На настоящее время в его крупномасштабном извлечении за-

интересовано правительство Руанды, ведущее пока переговоры со всеми заинтересованными сторонами. Предполагается, что извлечение газа будет достаточно простым и эффективным, позволит увеличить выработку электроэнергии Руанды в 20 раз и даст возможность продавать ее в другие африканские страны (Case Studies, 2007). На сегодняшний день предложено несколько проектов по извлечению метана, однако ни один из них пока не осуществляется.

Метан, содержащийся в озере, представляет потенциальную угрозу населению, проживающему в бассейне. В последнее время осознание этой опасности резко увеличилось, особенно после извержения влк. Нирагонго, произошедшего в 2002 г., когда лавовые потоки проникли в озеро на значительное расстояние до глубин более 70 м (Halbachs et al., 2002, Wafula et al., 2007). Попадание в озеро раскаленной лавы может привести к катастрофическим последствиям. Исследования языков лавы последнего извержения свидетельствуют, что они проникают на значительную глубину и достижение ими взрывоопасных слоев представляется вполне реальным. Так как озеро располагается в зоне не только активной вулканической, но и тектонической деятельности, кроме опасности внезапного возгорания слоя метана в результате извержения вулканов вблизи озера, существует и опасность резких тектонических движений земной коры, которые могут привести к образованию цунами с катастрофическими последствиями в результате перестройки всей водной массы. Согласно Wafula et al. (2007) сейсмическая активность в регионе после 1997 г. усилилась, что требует проведения ее постоянного мониторинга с целью предупреждения вероятности катастрофических землетрясений. Взрыв содержащихся в озере газов может привести к ужасающим последствиям, и полностью уничтожит как города Гома и Гисеньи, расположенные на северном побережье оз. Киву, так и города Букаву и Чьянгугу на его южном побережье. Потенциально возможные жертвы могут превысить 2 млн. человек.

Основные биологические особенности. Ихтиофауна, рыбная ловля.

Среди фитопланктона оз. Киву преобладают диатомовые водоросли: *Nitzschia bacata*, *Fragilaria danica*, *Urosolenia* sp., *Synedra acus* и сине-зеленые: *Planktolyngbya limnetica*, *Synechococcus* sp, *Microcystis* sp. (Sarmiento H. et al.,

Уловы рыбы на оз. Киву по странам

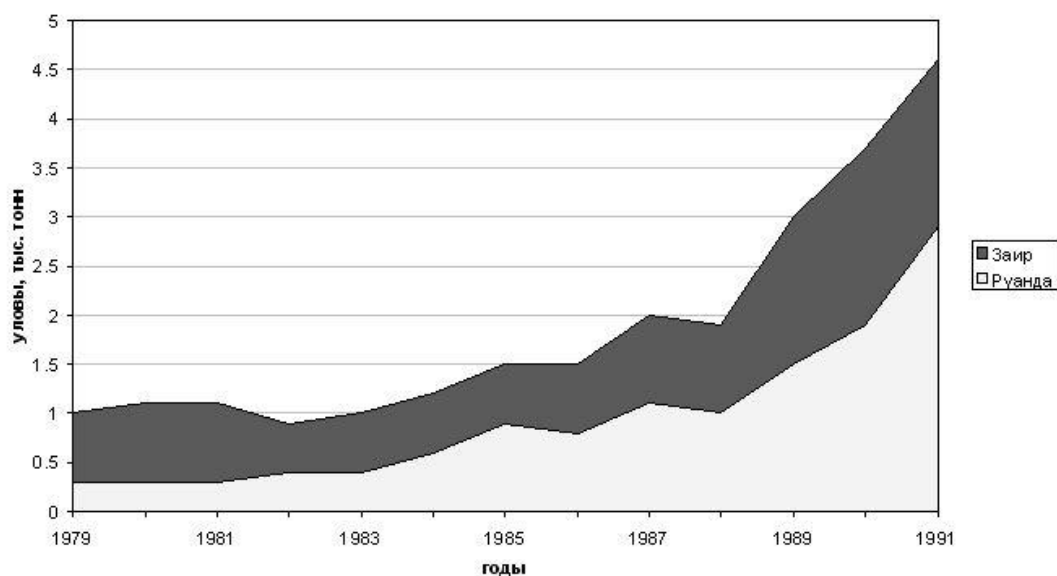


Рис. 1.33. Уловы рыбы на оз. Киву по данным Greboval et al. (1994)

2007, 2009). Диатомовые доминируют в течение всего года, особенно в сухой сезон, в период выпадения дождей наблюдается господство сине-зеленых. Согласно Hecky and Kling (1987) биомасса фитопланктона оценивается в 550-2100 мг/м³. Первичная продуктивность согласно Beadle (1981) составляет 1.44 мгС/м² день, а согласно Sarmiento H. et al. (2007) – от 0.19 до 1.43 мгС/м² день. Наибольший расцвет фитопланктона приходится на сухой сезон (Sarmiento et al., 2009).

Среди зоопланктона преобладают веслоногие ракообразные подотряда циклопоиды: *Mesocyclops aequatorialis*, *Thermocyclops consimilis*, *Tropocyclops confinis* также встречаются ветвистоусые рачки: *Alona rectangularis*, *Ceriodaphnia rigaudi*, *Diaphanosoma excisum*, *Moina dubia* и коловратки: *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus falcatulus*, *B. caudatus*, *B. falcatulus*, *B. calyciflorus*, *Keratella tropica*, *Colurella* sp., *Lecane* sp., *Trichocerca* sp., *Polyarthra* sp., *Hexarthra* sp. (Damas, 1964, Isumbisho et al., 2006). Общая биомасса зоопланктона в озере изменяется в течение года от 0.1 до 1.5 гС/м² (Isumbisho M. et al., 2006). В сухой сезон его численность выше.

В связи со своим вулканическим происхождением, геологической молодостью и изолированным положением озеро обладает достаточно бедной фауной. Как указывает анализ геологической истории озера, практически каждые

тысячу лет озерная биота обновляется, после того как старая уничтожается вулканическими процессами и связанными с ними выделениями ядовитых газов. Современная фауна сформировалась в процессе заселения озера видами, обитающими в его боковых притоках. Заселение через р. Рузизи из оз. Танганьика исключается из-за многочисленных водопадов и порогов, образующих непреодолимые препятствия, как для рыб, так и для крокодилов и пр.

Рыбные ресурсы озера крайне ограничены. В озере водятся 26 видов рыб (Isumbisho et al., 2006), из которых 15 являются местными, в том числе представитель семейства карповых – барбус (*Barbus*), сомообразных – кларис (*Clarias*), цихлиды – *Haplochromis* sp. Все они относятся к речным формам, мало изменившимся в озерных условиях. Практически вся озерная рыба обитает в основном в очень узкой мелководной зоне у самых берегов, в открытых водах ее практически нет. Среди неродных видов - подселенные в 1950 г. тилапии (*Tilapia rendalli* и *Oreochromis macrochir*), и подселенные в 1959 г. танганьикская сардина (*Limnothrissa miodon*) и нильская тилапия (*Oreochromis niloticus*). Танганьикская сардина – планктоноядная рыба отряда сельдеобразных, ставшая одним из наиболее многочисленных в озере видов. С момента ее подселения в структуре озерной биоты произошли значительные изменения, прежде всего практически исчезли

дафнии (*Daphnia* sp.), составлявшие ранее основу зоопланктонного сообщества.

Рыбная продуктивность оз. Киву значительно меньше, чем других Больших Африканских озер. Годовые уловы не превышают 5 тыс. тонн (рис. 1.33), а величина потенциальных уловов оценивается в 13 тыс. тонн (Greboval et al., 1994). Уловы состоят преимущественно из танганьикской сардины, для пропитания также вылавливаются тилапии и *Haplochromis* sp. На руандской стороне озера рыболовство развивалось достаточно быстро в рамках проекта развития рыбной ловли UNDP/FAO, начавшегося в 1979, тогда как на конголезской оно значительно сдерживалось после национализации рыбной ловли. На начало 1990-х годов на озере было занято около 6500 рыбаков. Периодически происходящие в регионе вооруженные конфликты способствуют снижению уловов, так, наблюдалось существенное падение уловов с середины 1990-х годов.

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне. Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Площадь водосбора оз. Киву составляет 7000 км², здесь проживает более 2 млн. человек. На его северном побережье расположены крупные города Гома (200000 жит., ДРК) и Гисеньи (110000 жит., Руанда), а на южном – Букаву (500000 жит., ДРК) и Чьянгугу (20000 жит., Руанда). Уровень жизни местного населения очень низок, а темпы его прироста высокие и составляют около 3% в год. В Руанде ВВП на душу населения в 2009 г. составлял около 900 \$ США, а в ДРК – около 300. Ниже уровня бедности проживает более 60 % населения.

Поскольку озеро расположено в сейсмически и вулканически активном регионе, хозяйственная деятельность в бассейне затруднена. Регулярные землетрясения и извержения вулканов наносят существенный ущерб хозяйству и населенным пунктам региона, приводят к постоянным человеческим жертвам. Кроме того, они вызывают частые оползни; среди других негативных факторов: регрессивная эрозия, закупорка водоносных слоев (Wafula et al., 2007). Вулканические извержения сопровождаются выбросами в атмосферу газов и вулканического пепла. Вулканические газы, смешиваясь с атмосферной влагой, приводят к выпадению кислотных дождей. В последние десятилетия к природным факторам добави-

лись негативные последствия активной антропогенной деятельности: сведение лесов на водосборе, слабая сельскохозяйственная практика и др. Как результат, количество оползней еще более возросло, деградация почв стала еще более выражена. Поверхностный смыв оценивается в 74 тонны/км² год (Muvundja et al., 2009).

К негативным антропогенным последствиям следует также отнести увеличивающееся загрязнение озера, связанное с примитивными системами канализации и очистки стоков, а также с сельскохозяйственным развитием в бассейне. Однако, несмотря на значительный антропогенный пресс, поступление биогенных веществ не очень высокое. Привнос растворенного фосфора оценивается (Muvundja et al., 2009) в 230 тонн P/год, а азота – в 5400 тонн N/год. Поступление кремния составляет около 40000 тонн Si/год причем реки приносят около 60%, и 40% приходится на грунтовые воды. Фосфор является элементом, лимитирующим первичную продукцию. Как и в других Больших Африканских озерах, в оз. Киву внешняя биогенная нагрузка значительно уступает внутренией.

Дальнейшие перспективы развития региона связаны с возможностью добычи из озера метана, поэтому вопросам его извлечения сейчас уделяется особое внимание. Вместе с этим в последнее десятилетие усилился интерес к лимнологии озера, в том числе в области гидрохимии и биологии.

1.9. ОЗЕРО ТУРХАНА (РУДОЛЬФ)

Озеро Турхана (Рудольф) – одно из Больших Африканских Озер, единственное расположенное в пределах Восточного рифта (рис. 1.34). Его координаты: 2°23'-4°40'с.ш.; 35°50'-36°43' в.д., урез воды находится на высоте 360.4 м над уровнем моря. Озеро расположено на северо-западе Кении и на юге Эфиопии, большая часть водной акватории принадлежит Кении. Озеро получило свое название «Рудольф» в 1888 г. в честь наследного принца Австрии Рудольфа во время экспедиции, возглавляемой венгром Самюэлем Телеки, первым из европейцев достигшим его берегов. Это название оно сохраняло в течение всего колониального периода. В 1975 г. президент независимой Кении Мзи Джомо Кеньятта переименовал озеро в «Турхана» по названию наиболее многочисленного племени,

обитавшего на его берегах.

Оз. Турхана самое соленое из всех крупных африканских озер. Его площадь водной поверхности в зависимости от высоты уровня воды составляет от 5400 до 7570 км², длина озера 265 км, максимальная ширина – 50 км, средняя глубина – 30,2 м, максимальная – 109 м, объем заключенной воды – 203,6 км³. Озеро вытянуто в северной части почти строго вдоль меридиана, а в южной - с северо-запада на юго-восток. Берега полупустынные с чахлыми колючими кустарниками и редкой жесткой травой.

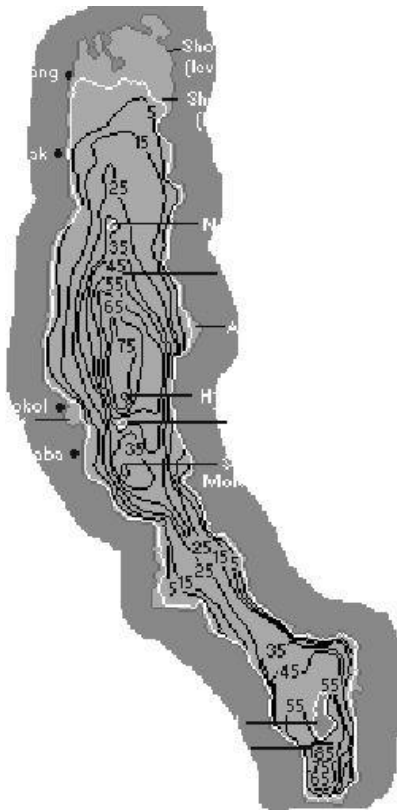


Рис. 1.34. Озеро Турхана. Источник: LBRI&ILEC 1989

Оз. Турхана - крупное сбросовое озеро, занимающее основание двух грабенов северной оконечности Восточного рифта. Регион слагают древние породы докембрийского возраста, представленные гранитами, перекрытые местами более молодыми лавами третичного и четвертичного периода, излившимися в период активной вулканической деятельности. Вдоль всего восточного побережья тянется гряда наиболее древних черных вулканических гор, тогда как более поздние, плейстоценовые лавовые потоки образовали барьер у южной оконечности озера; осадочные породы четвертичного возраста доминируют на западной и северной стороне. На озере несколько островов

вулканического происхождения, о-в Центральный представляет собой действующий вулкан.

Уровень воды озера в более ранние эпохи намного превосходил сегодняшний. Наибольшая высота террас, оставшихся как след древних берегов, составляет 75-80 метров. Предполагается, что раньше, в период раннего голоцена, озеро входило в систему р. Нил, его южная оконечность соединялось с оз. Баринго, а из северной брал начало Белый Нил. Потеря связи произошла в связи с вулканической деятельностью, имевшей место в позднем голоцене. Подтверждением данной гипотезы является определенное родство озерной фауны с Нильской. На сегодняшний день озеро бессточное

История заселения озера и его роль в жизни окружающих народов

По мнению многих ученых регион вокруг оз. Турхана является прародиной человечества. Здесь, на восточном побережье озера, обнаружены орудия труда и останки предков людей, живших около 3 млн лет назад. Значительно позже территория Кении была заселена людьми, близкими по своим чертам к нынешней эфиопской расе, среди которых до сегодняшнего дня сохранились народы группы нилотов. В условиях пустыни главная ценность — вода, так что местные народы постоянно кочуют в поисках пастбищ. Их традиционное занятие — кочевое скотоводство (крупный и мелкий рогатый скот, верблюды). В местах выпаса скота иногда возделывают землю. В случае засухи семьи, состоящие из 4-5 хозяйств, разделяется, чтобы легче было найти пропитание для себя и животных. (Ольдерогге, 1954).

В настоящее время по берегам озера Турхана обитают малочисленные народы: туркана, рендилл, габра, дасанах, хамар коке, каро, ньягтолм, мурси, сурма и моло. Самый большой по численности народ – туркана. Туркана делятся на ряд родо-племенных групп, во главе которых стоят вожди. Они весьма воинственны и нередко совершают вооруженные набеги на соседние племена, чтобы увести у них скот, зачастую объединяясь для этого с соседями. Начиная с середины XX века, многие туркана перешли к оседлости, расселившись в новообразованных посёлках (Воляк, 2009). С этого же времени среди туркана и некоторых других народов распространяется рыболовство.

Оз. Турхана играет важную роль в жизни обитающих по его берегам народов. Вода озера

Среднегодовые параметры температуры воздуха и осадков, оз. Турхана

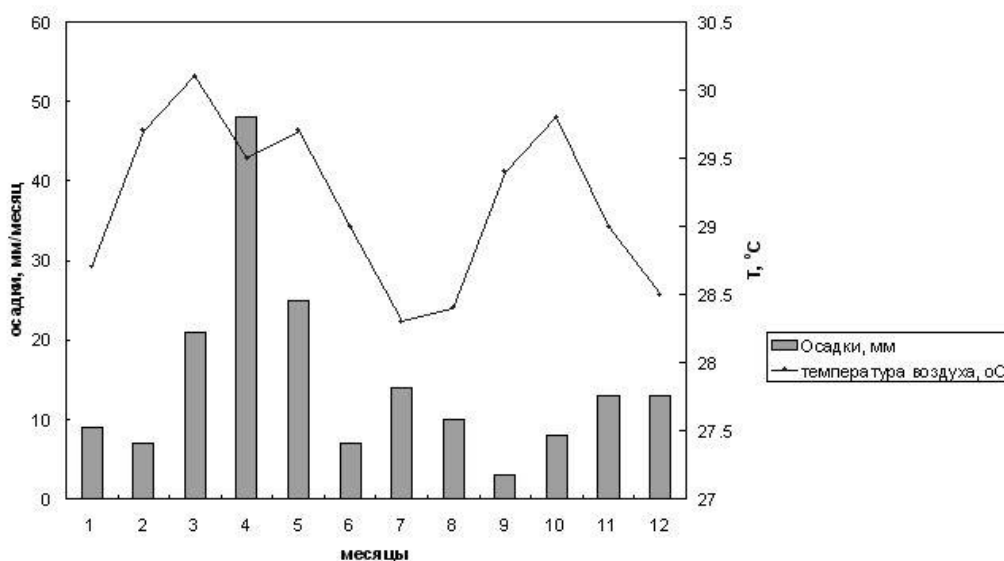


Рис. 1.35. Среднегодовые параметры климата по данным ИЛЕС.

в силу чрезмерной солёности фактически неприемлема для питья. Она поддерживает богатое биологическое разнообразие озёрного мира и отчасти обеспечивает пропитание народов, проживающих в бассейне озера.

Характеристики термического режима и температурная стратификация

Регион озера занят жарким аридным климатом. Среднегодовые осадки на большей части бассейна не превышают 250-500 мм. Выпадение осадков плохо предсказуемо, однако большая их часть выпадает в течение дождливого периода (с марта по май). Температура варьирует от 19.5 до 39.9°C, ее средние дневные значения составляют при этом 29°C (рис. 1.35). В районе озера наблюдаются частые сильные ветры, преимущественно юго-восточного направления.

Озеро мономиктическое. Вода его очень теплая, температуры у поверхности варьируют от 27.5 до 31.0°C, у дна (70 м) – от 25.5 до 27.0 °C. При сильных ветрах происходит перемешивание всей водной колонки. (ИЛЕС, 1989).

Водный баланс. Уровненный режим.

Основной приток оз. Турхана - р. Омо, впадающая с севера и несущая более 90% притока. Остальные реки временные, текущие только в период выпадения дождей. Вторая по крупности р. Тарквел Джордж в настоящее время

перегорожена дамбой в 150 км западнее озера и используется в энергетических целях.

Третьим по крупности притоком является р. Керио. Общий приток в озеро составляет около 19 км³/год (Kolding, 1993). Отток отсутствует, и потери происходят преимущественно за счет испарения. Испаряемость оценивается в 2335 мм/год.

Уровень воды оз. Турхана подвержен значительным колебаниям (рис. 1.36), зависящим от климатических вариаций, и определяется балансом между речным и подземным притоком и испарением с поверхности озера. Уровень воды существенно снизился с начала XX в. Наиболее низкие значения имели место в 1940-50-х гг. и 1980-х - начале 1990-х гг., что было вызвано как периодом засухи, так и увеличившимся водозабором на ирригацию в верхней части бассейна р. Омо. С 1996 по 1999 гг. наблюдалось повышение уровня на 4.5 м, сменившееся его плавным снижением в 2000-е гг. Изменения уровня влекут за собой существенные изменения площади водного зеркала. В результате различные авторы дают разные оценки морфометрических характеристик, которые различаются в пределах 20%.

В результате снижения уровня озера в конце XX века происходило нарастание дельты р. Омо. На рис. 1.37 представлены спутниковые фотографии дельты (северная часть озера) в 1973 и 1989 гг. За 16 лет из-за снижения уровня

График уровня воды оз. Турхана, 1885-2010 гг.

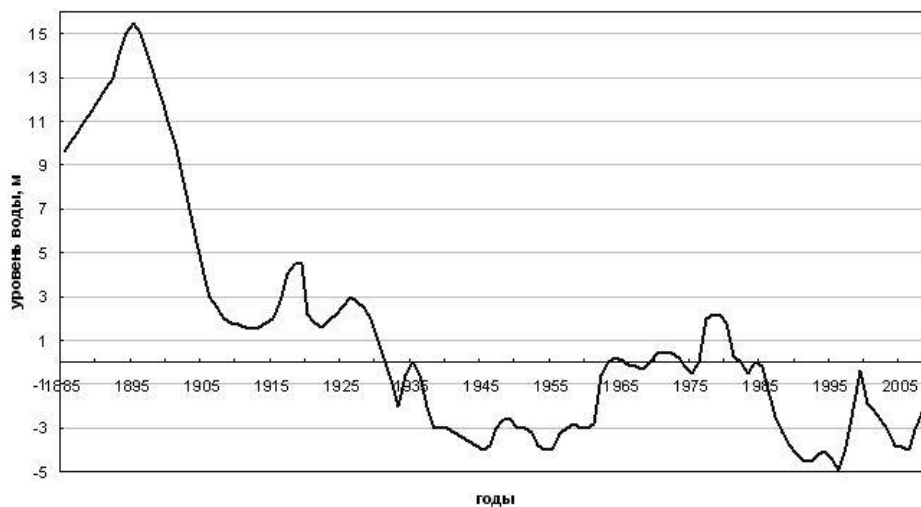


Рис. 1.36. Изменения уровня воды оз. Турхана по данным ILEC, TOPEX/Poseidon historical archive.

воды дельта реки увеличилась приблизительно на 380 км². Наряду с многолетними изменениями уровня оз. Турхана испытывает его значительные сезонные колебания, составляющие от 1 до 3-4 м. Годовой максимум уровня приходится на октябрь/декабрь (Mercier et al. 2002) и совпадает с повышением уровня в р. Омо.

Основные характеристики качества вод

Вода озера всегда мутная из-за высокого содержания взвешенного материала в питающих его реках. Прозрачность в центральной части составляет 1-4.5 м (ILEC), в прибрежной - 0.8 – 1.2 (Campbell et al., 2003).-. Наиболее высокие значения наблюдаются весной (март-апрель), наиболее низкие – осенью. Вода высоко минерализованная, содержание солей оценивается 2.44 г/л (Kolding, 1993), электропроводность 2500-3600 μ S/cm (Campbell et al., 2003). Осаждение минералов противодействует аккумуляции солей в озере. В частности, Ca, Mg, K преимущественно осаждаются, так что среди растворенных катионов преобладает Na (33.4-40.2 мг-экв./л), среди анионов – хлориды и бикарбонаты. pH 9.2-10.5. У поверхности вода насыщена растворенным кислородом, концентрация которого оценивается в 6.8-8.4 мг/л (Campbell et al., 2003). Его содержание существенно изменяется с глубиной в зависимости от температурной стратификации. Согласно Cohen (1984) вода в северной и южной части озера хорошо насыщена кислородом до дна. В период

стратификации на глубине более 70 м растворенный кислород сокращался с 2.4 мг/л в июне 1987 до 0.2 в мае 1988 г.

Концентрация общего азота – 600-2100 мкг/л, общего фосфора – 277 мкг/л, кремний – 18-19.8 мг/л. (Tuite, 1981, Wood et al., 1988, Liti et al., 1991). Азот имеет преимущественно речное происхождение; Kolding (1993) отмечает уменьшение содержания общего азота по мере удаления от устья р. Омо. Концентрация хлорофилла-а в поверхностном метровом слое составляет 126-146 мкг/л (Campbell et al., 2003). В период, когда вода стратифицирована, концентрация хлорофилла-а на глубине низкая, тогда же когда вертикальное перемешивание наиболее интенсивное, хлорофилл равномерно распределен по глубине. Содержание органического материала составляет 12-46%, или 1.4 мг/л ((Liti et al., 1991).

Основные биологические особенности. Ихтиофауна, рыбная ловля

В дельтах трех основных постоянных притоков озера, также как и в дельтах множества временных наблюдается изобилие макрофитной растительности (Cohen, 1989). В фитопланктоне доминируют сине-зеленые водоросли, среди которых наиболее многочислен *Microcystis aeruginosa*, много *Botryococcus braunii*, *Anabaenopsis arnoldii* (Liti, Kallqvist, Lien, 1991) встречаются зеленые: *Planctonema lauterbornii*, *Oocystis gigas*, *Sphaerocystis schroeteri*, диатомовые: *Coscinodiscus* sp., *Surirella* sp.

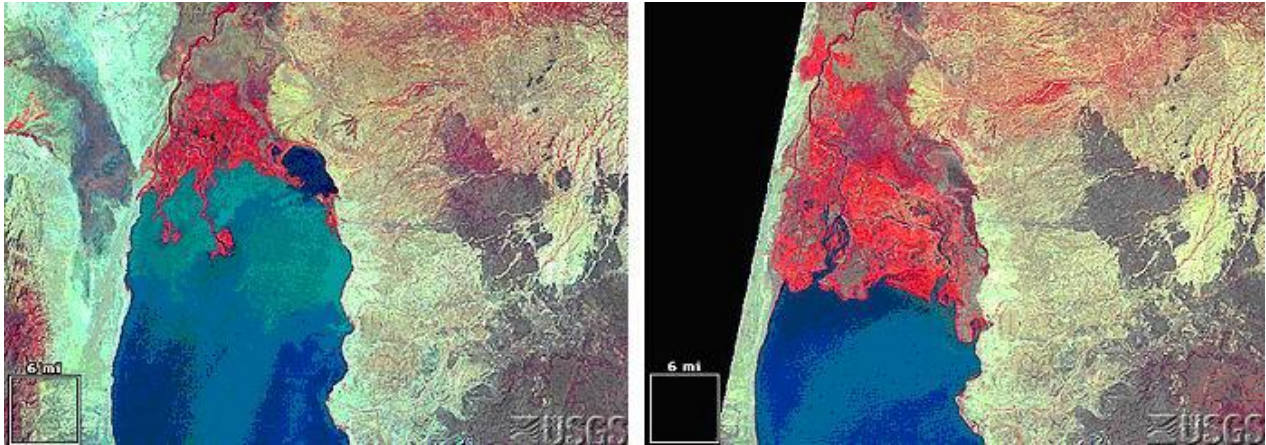


Рис. 1.37. Спутниковые фотографии дельты р. Омо за 1 февраля 1973 г. и 12 января 1989 г. Снимки спутников Геологической Службы США, сайт USGS.

(LBRI&ILEC, 1989). Благодаря многочисленности *Microcystis aeruginosa* озеро имеет уникальный нефритовый цвет. Развитие фитопланктона в озере лимитируется поступлением биогенного вещества и света. Ограниченность света вызывается высокой турбулентностью и вертикальным перемешиванием воды. Продуктивность озера изменяется по глубине от 0.22 до 0.76 грO₂/м² час, 0.7-2 кгO₂/м² год (Liti, Kallqvist, Lien, 1991). Согласно Kolding (1993) первичная продуктивность южной части озера в среднем на 10% ниже, чем северной.

Зоопланктон представлен веслоногими ракообразными: *Tropodiptomus banforanus* (около 60% биомассы), *Mesocyclops leuckartri*, *Thermocyclops hyalinus*, ветвистоусыми рачками: *Diaphanosoma excisum*, *Ceriodaphnia rigaudi*, *Moina* spp., протозоа (*Vaginicola* sp.) (LBRI&ILEC, 1989)

В озере Турхана зафиксировано 47 видов рыб (Campbell et al., 2003). Основной объект рыболовства – нильский окунь (*Lates niloticus*), лабео (*Labeo horie*) и *Oeochromis niloticus*. Также распространены представители семейства алестид: *Alestes baremose*, *A. minutus*, *A. ferox*, *Brycinus macrolepidotus*, *B. nurse*, *Hydrocynus forskalii*, *H. vittatus*, *Micralestes elongatus*, цитариниды: *Distichodus niloticus*, *Citharinus citharus intermedius*, клариевые: *Clarius gariepinus*, косатковые: *Bagrus bayad*, перистоусых сомов: *Syndontis schall*, иглобрюхих: *Tetraodon lineatus*, цихлиды *Oreochromis niloticus niloticus*, *O. niloticus vulcani*, полиптериды: *Polypterus bichir*, *P. senegalus*., представитель отряда костеязычнообразных *Gymnarchus niloticus*, *Heteerotis niloticus*, *Mormyrus kannume*.

Годовой улов рыбы в зоне открытой воды оценивается в 5000-31000 тонн (Kolding, 1993). Величины потенциального улова для озера сильно различаются. FAO/UNDP, (1966) оценили его в 50000-160000 тонн, Balarin (1985) в 20000 тонн, а Vanden Bossche and Bernacsek (1990) в 5000-10000 тонн. Столь большая разница, вероятно, связана с изменениями уровня воды, сказывающимися на рыбной производительности (Greboval et al., 1994).

Kolding (1993) отмечает, что при снижении уровня воды с 1979 по 1987 г. на 6 м коммерческие уловы снизились на 80%. При этом особенно сильно сократилась продуктивность небольших видов алестид. Снижение рыбной продуктивности последовало за уменьшением продуктивности зоопланктона, составившим по оценке Kolding (1993) 56%. Устойчивая тенденция к снижению уловов, наблюдаемая с начала 1970-х до начала 1990-х гг. (рис. 1.38), была вызвана как снижением уровней воды и пересыханием зал. Фергузона, так и перемещением основных рыболовецких коллективов с оз. Турхана на оз. Виктория.

В озере Турхана обнаружено много нильских крокодилов, по оценке, произведенной в 1968 г., их количество составляло 14000 экземпляров. Скалистые берега изобилуют ядовитыми змеями и скорпионами. На озере обитает и размножается много местных видов птиц, кроме того, здесь останавливается большое количество мигрирующих птиц. Среди редких видов: африканский водорез (*Rhyncops flavirostris*), гнездящиеся на берегах Центрального острова, белошеяя жадина (*Phalacrocorax africanus*), дрофа Хеуглина (*Neotis heuglinii*),

Уловы рыбы на оз. Турхана

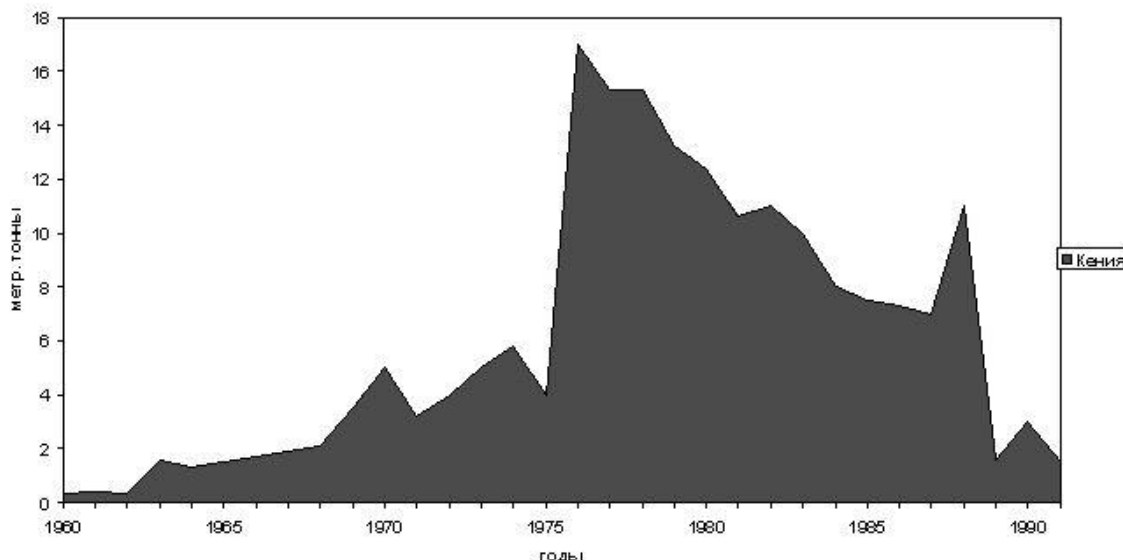


Рис. 1.38. Уловы рыбы на оз. Турхана с Кенийской стороны по данным Greboval, 1994

пеликаны (*Pelecanus rufescens*), шпорцевый чи-бис (*Vanellus spinosus*), галстучники (*Chara-drius hiaticula*, *C. asiaticus*, *C. pecuarius*), кулик-воробей (*Calidris minuta*), большая белая цапля (*Casmerodius albus*), седлоклювый ябир (*Ephipiorhynchus senegalensis*), окаймленный змеяд (*Circaetus cinerascens*), орлан-крикун (*Haliaeetus vocifer*), лисья пустельга (*Falco alopex*), сомалийский воробей (*Passer casta-nopterus*). На мелководье обитает множество фламинго (*Phoenicopterus roseus*).

Экономические характеристики антропогенной активности в бассейне. Основные проблемы, связанные с антропогенной деятельностью

Площадь бассейна оз. Турхана составляет 130860 км², поскольку он расположен в одном из самых засушливых и бесплодных регионов Восточной Африки, где отдаленность от источников пресной воды позволяет развивать лишь кочевое скотоводство, здесь проживает всего около 300000 человек (Impacts..., 2009), это, прежде всего, кочевые и полукочевые народы. Прирост населения составляет 2.9% в год. Из-за сложных климатических условий уровень жизни местных народов катастрофически низкий. Ограниченность водных и земельных ресурсов, пригодных для выпаса скота, приводит к периодическим столкновениям между племенами. После длительных засух, приносящих в регион повальный голод, местные народы получают продовольственную помощь от всего мира.

Хозяйственная деятельность на водосборе минимальна. Прежде всего, она связана с выпасом скота. Важнейшей перспективной отраслью экономики является рыболовство, развитие которого может существенно улучшить жизненный уровень местных жителей. Однако его развитие происходит достаточно медленно и заинтересовывает лишь отдельные народы. Попытки организовать индустриальный лов рыбы потерпели неудачу в конце XX в., в том числе из-за снизившихся рыбных запасов в озере в ответ на наблюдавшееся в конце XX в. уменьшение его уровня. Однако специалисты ряда европейских стран продолжают всячески поощрять развитие рыболовства на озере, поскольку видят в нем единственную реальную перспективу улучшения уровня жизни местного населения. Поскольку озеро имеет достаточно бурный нрав, рыбная ловля возможна лишь при спокойной погоде.

Благодаря тому, что бассейн озера отличается труднодоступностью, а также здесь наблюдается жаркий и сухой климат, оз. Турхана сумело сохранить свою естественную экосистему. По его берегам и на островах располагается три национальных парка: Сиби-лои, на восточном берегу озера, Национальный Парк Центральный о-в и Национальный Парк о-в Южный. Парки служат местом остановки для мигрирующих птиц и являются местом размножения нильских крокодилов, бегемотов и различных ядовитых змей. Озеро внесено в список Мирового Наследия ЮНЕСКО. В регионе постепенно развивается экотуризм.

Определенную опасность для экосистемы оз. Турхана в последнее время начинает играть выпас скота, приводящий к деградации земель и превращающийся в проблему по берегам озера. В связи с развитием рыболовства усиливается давление на рыбное население, хоть темпы увеличения рыбной ловли пока крайне невысоки. В бассейне р. Омо, протекающей по территории Эфиопии, со второй половины XX в. происходит рост орошаемых площадей. Разбор воды на нужды орошения приводит к уменьшению притока в озеро, оцениваемому (Impacts..., 2009) около 50% от естественного расхода воды. Со снижением притока происходит постепенный рост солености озерной воды, которая за последние 30 лет постепенно превращается из слабо/среднесоленой в щелочную. Увеличение солености озера крайне нежелательно как для проживающих вокруг него народов, так и для его биоресурсов. Предпринятое гидротехническое строительство на притоках вызывает изменения их водного и температурного режима, а также увеличивает количество приносимых в озеро наносов (Impacts..., 2009). Скорость седиментации составляет 1-5 мм/год (Halfman, Johnson, 1988). В результате наблюдающихся изменений происходит постепенная перестройка озерной биоты, начинающаяся с водной растительности и заканчивающаяся рыбным населением. В начале 2002 г. кенийское правительство

объявило о намерении вырубить около 70000 га леса на правительственных землях, в том числе в районе леса Мау, откуда берут начало реки, питающие озеро. В результате вырубки ожидается дальнейшее изменение качества воды и снижение уровня озера.

К положительным изменениям, произошедшим в последние десятилетия, можно причислить возникновение обширных водно-болотных угодий в устье р. Омо, явившихся местобитанием многочисленных представителей животного мира. Плодородные почвы речной долины обеспечивают процветание буйной растительности. Однако, построение дельты, постепенно выклинивающейся на кенийскую территорию, создало дополнительный источник конфликтов между народами, проживающими в эфиопской и кенийской частях бассейна.

Экологические проблемы, все более четко проявляющиеся в последние десятилетия на оз. Турхана и в его бассейне, а также необходимость выработки конструктивной политики экономического развития региона требуют расширения научного знания в области гидрологии озера, его экологии и биоресурсов (Impacts..., 2009). Кроме того, необходимо более четкое представление о жизни и перемещениях племен, обитающих в бассейне озера.