

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

**Н. С. Беркин
А. А. Макаров
О. Т. Русинек**

Байкаловедение

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



УДК 91(075)
ББК 26.222.6я73
Б48

Печатается по решению учебно-методической комиссии
географического факультета Иркутского государственного университета

Рецензенты:

гл. науч. сотр. Ин-та земной коры СО РАН,
д-р геол.-минерал. наук, проф. **Г. Ф. Уфимцев**,
гл. науч. сотр. НИИ биологии ИГУ,
д-р биол. наук, проф. **Е. А. Зилов**

Б48

Беркин Н. С.

Байкаловедение : учеб. пособие / Н. С. Беркин, А. А. Макаров, О. Т. Русинек. — Иркутск : Изд-во Ирк. гос. ун-та, 2009. — 291 с.

ISBN 978-5-9624-0355-7

В учебном пособии проанализирован и обобщен значительный объем разрозненных материалов по истории исследования озера, физико-географической характеристике Байкальской котловины, рассмотрен гидрологический режим и водные ресурсы Байкала, сделано подробное описание биоты озера с использованием последних научных исследований, изложены основные экологические проблемы Байкальской природной территории.

Учебное пособие предназначено, в первую очередь, для студентов географического факультета 3-го и 4-го курсов очной и заочной форм обучения, изучающих курс «Байкаловедение», кроме того, оно может быть использовано студентами биологической и экологической специальностей, а также учителями, краеведами и широким кругом читателей, интересующихся проблемами Байкала.

Работа выполнена при поддержке программ «Фундаментальные исследования и высшее образование» (проект НОЦ-017 «Байкал») и «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект РНП.2.2.1.1/5901).

Библиогр. 275 назв. Ил. 62. Табл. 20. Прил. 8.

УДК 91(075)
ББК 26.222.6я73

ISBN 978-5-9624-0355-7 © Беркин Н. С., Макаров А. А., Русинек О. Т., 2009
© ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет», 2009

Оглавление

Введение	6
1. История исследования оз. Байкал.....	8
2. Физико-географическая характеристика Байкальской котловины	16
2.1. Географическое положение, параметры озера	16
2.2. Геологическое строение Байкальской котловины.....	18
2.2.1. Основные черты морфологии котловины	24
2.2.2. Особенности глубинного строения Байкальской котловины	25
2.2.3. Разломно-блоковая структура земной коры, ее движения	26
2.2.4. Сейсмичность территории.....	31
2.2.5. Взгляды на механизм формирования котловины	36
2.3. Рельеф Байкальской котловины.....	37
2.3.1. Рельеф надводной части котловины.....	37
2.3.2. Рельеф подводной части впадины озера	47
2.4. Донные отложения	53
2.5. История формирования Байкальской котловины.....	62
2.6. Полезные ископаемые	68
2.7. Климат Байкальской котловины	76
2.7.1. Температурный режим воздуха.....	77
2.7.2. Облачность, туманы.....	80
2.7.3. Распределение и режим атмосферных осадков и снежного покрова.....	81
2.7.4. Ветровой режим.....	83
2.8. Растительный покров.....	86
2.9. Почвенный покров	94
3. Гидрологический режим и водные ресурсы Байкала	98
3.1. Гидрографическая характеристика основных притоков Байкала и озер прибрежной зоны	98
3.1.1. Притоки	98
3.1.2. Озера	103
3.2. Водный баланс оз. Байкал	106
3.3. Уровенный режим	107
3.4. Течения, волновой режим Байкала, прозрачность вод	110
3.5. Термический режим воды в озере.....	115

3.5.1. Температура воды поверхностного слоя	116
3.5.2. Распределение температуры воды по глубине	117
3.6. Ледовый режим	120
3.6.1. Замерзание	120
3.6.2. Ледостав	124
3.6.3. Вскрытие	129
3.6.4. Ледовые переправы	130
3.7. Гидрохимический режим оз. Байкал, его притоков и р. Ангары	131
3.7.1. Гидрохимия притоков	132
3.7.2. Гидрохимия озера	134
3.7.3. Гидрохимия р. Ангары в истоке	137
3.8. Водные ресурсы Байкала	138
4. Биота оз. Байкал	142
4.1. Биологическое разнообразие животного и растительного мира оз. Байкал	142
4.2. Зоогеографический статус оз. Байкал	149
4.2.1. Фаунистический комплекс как единица зоогеографического анализа рыб	152
4.3. Уникальные явления в биоте Байкала	155
4.3.1. Гигантизм и нанизм среди байкальских организмов	155
4.3.2. Паразитизм у амфипод	158
4.3.3. «Сизиф» из оз. Байкал	159
4.3.4. О скоростях роста, времени полового созревания и продолжительности жизни байкальских организмов ...	160
4.3.5. Кариотипы животных	164
4.3.6. Ледовые сообщества оз. Байкал	166
4.4. Бактериопланктон и бактериобентос	168
4.5. Фитопланктон	176
4.6. Зоопланктон	182
4.7. Бентос	186
4.8. Рыбы	193
4.9. Паразиты рыб	198
4.10. Нерпа	202
4.11. Трофические отношения организмов в экосистеме оз. Байкал	204
4.12. О происхождении и эволюции биоты оз. Байкал	207
4.12.1. Диатомовые водоросли	210
4.12.2. Байкальские брюхоногие моллюски (Gastropoda)	211
4.12.3. Байкальский омуль	213

4.12.4. Происхождение паразитофауны рыб оз. Байкал	214
4.12.5. Байкальский тюлень <i>Phoca sibirica</i>	222
Словарь терминов к разделу 4	223
5. Экологические проблемы оз. Байкал	231
5.1. Основные источники антропогенного воздействия	231
5.2. Основные мероприятия по охране природы оз. Байкал	240
5.2.1. Присвоение Байкалу статуса объекта Всемирного природного наследия	240
5.2.2. Принятие закона о Байкале. Экологическое зонирование Байкальской природной территории	241
5.2.3. Создание сети особо охраняемых природных территорий	244
5.2.3.1. Заповедники	244
5.2.3.2. Национальные парки	247
5.2.3.3. Заказники и памятники природы	249
5.2.4. Комплекс других природоохранных мероприятий	249
Использованная литература	253
Приложения	278

Введение

Байкал является уникальным озером нашей планеты. Это одно из наиболее древних (более 25 млн лет) и глубоких (1637 м) водоемов нашей планеты, хранилище более 20 % всех поверхностных пресных вод суши. В Байкале обитает более 1500 эндемичных водных организмов. Недаром он включен в Список объектов мирового природного наследия ЮНЕСКО.

Растущий всесторонний интерес к Байкалу и его проблемам сделал целесообразным введение курса «Байкаловедение» в учебные планы географических, биологических и экологических факультетов ряда высших учебных заведений Иркутской области и Республики Бурятия.

В настоящее время, несмотря на обилие научной информации о Байкале и опубликованных в разные годы научно-популярных очерков Г. Ю. Верещагина «Байкал» (1947), Л. Л. Россолимо «Байкал» (1971), монографии М. М. Кожова «Очерки по байкаловедению» (1972), Г. И. Галазия «Байкал в вопросах и ответах» (1987), В. В. Тахтеева «Море загадок» (2001), отсутствуют современные вузовские учебники и учебные пособия, в которых дана подробная характеристика различных природных компонентов собственно водоема и Байкальской котловины.

Целью написания данного пособия является обобщение большого объема разрозненных материалов с использованием результатов последних научных исследований, которые проводятся как в акватории озера, так и в пределах Байкальской природной территории.

В пяти разделах книги читатель последовательно ознакомится с историей исследования Байкала, подробной физико-географической характеристикой котловины озера, получит сведения о новейших гипотезах истории формирования байкальской рифтовой зоны и его центрального звена – оз. Байкал; о геологическом строении, донных отложениях, сейсмичности. В работе подробно рассмотрены климатические особенности Байкальской котловины, гидро-

логический режим озера и его притоков, значительный объем занимает характеристика биологических ресурсов Байкала, экологические проблемы озера и его бассейна.

Раздел 1, главы 2.1, 2.7–2.9, разделы 3 и 5 написаны доцентом кафедры физической географии и геоэкологии ИГУ, канд. геогр. наук Н. С. Беркиным; главы 2.2–2.6 – ст. преподавателем той же кафедры А. А. Макаровым; раздел 4 – гл. науч. сотр. Байкальского музея СО РАН д-ром биол. наук О. Т. Русинек. Введение – совместно тремя авторами.

Авторский коллектив благодарит д-ра биол. наук, проф. В. В. Тахтеева, д-ра биол. наук, проф. В. В. Дрюккера, канд. геогр. наук, доц. Г. В. Руденко, канд. геогр. наук В. Н. Синюкевича, эколога Дженни Саттон, инженера Т. Ю. Зимину за ценные замечания, полученные в процессе подготовки рукописи. Также мы выражаем благодарность канд. биол. наук Н. Л. Бельковой, канд. биол. наук Т. П. Виноградовой, канд. биол. наук А. В. Натягановой, канд. биол. наук Г. В. Помазкиной, канд. биол. наук Л. В. Сухановой, д-ру биол. наук Е. В. Лихошвай, д-ру биол. наук Т. Я. Ситниковой, д-ру биол. наук О. А. Тимошкину за предоставленные собственные материалы и фотографии.

Учебное пособие предназначено, в первую очередь, для студентов географического факультета специальностей «География», «Природопользование», «Гидрология» и «Метеорология». Кроме того, оно может быть полезно учителям, краеведам и широкому кругу читателей, интересующихся проблемами Байкала.

1. История исследования оз. Байкал

История исследования оз. Байкал и прилегающей к нему территории освещалась во многих трудах, среди которых следует отметить работы Г. Ю. Верещагина (1947), В. М. Бояркина (1971), В. И. Галкиной (1980), А. И. Галенковой (1986), П. А. Кардашевской (2001), В. В. Тахтеева (2001) и др.

При написании настоящей главы использованы материалы этих авторов.

Название оз. Байкал могло произойти от якутского бай – «богатый», кель (кель) – «озеро», т. е. богатое озеро. Многие лингвисты считают, что название произошло от тюрско-монгольского слова «Байгал» – «большой водоем» или китайского «Бай-Хай» – «северное море». Буряты называли его «Байгал-Нуур» – «озеро Байкал». Окончательного ответа на этот вопрос еще не найдено (Мельхеев, 1969; Гурулев, 1982).

Первым русским исследователем, оставившим сведения об озере, является Курбат Иванов, который в 1643 г. с отрядом казаков, направляясь из Верхоленского острога по рекам Лена, Иликта и Сарма вышел к озеру в районе Малого моря и побывал на о. Ольхон. Им составлена схематическая карта «Чертеж Байкала и в Байкал падучим рекам». Вслед за К. Ивановым байкальские берега посетили еще несколько казачьих отрядов, среди которых следует отметить Василия Колесникова (1646 г.), Ивана Похабова (1647 г.), Ивана Галкина (1648 г.). В. Колесниковым и И. Галкиным, соответственно, были заложены Верхне-Ангарский (1646 г.) и Баргузинский (1648 г.) остроги.

Вслед за казачьими отрядами первопроходцев в Сибирь начали ссылать людей, нарушивших закон или неугодных самодержавию. Некоторые из них стали исследователями Байкала. Особенно ценные наблюдения приводятся главой старообрядческого сопротивления протопопом Аввакумом Петровым, который в 1655–1656 и в 1662 гг. пересекал Байкал на пути в ссылку в Даурию и обратно. Само озеро и его побережье поразили Аввакума. В своей

книге «Житие Протопопа Аввакума» он красочно описывает Байкал: «около его горы высокие, утесы каменные и зело высоки, двадцать тысяч верст и больше волочился, а не видал таких нигде. ...Птицы зело много, гусей, лебедей по морю яко снег, плавают. Рыба в нем – осетры и таймени, стерляди и омули, и сиги и прочих родов много. Вода пресная, нерпы и зайцы великия в нем».

Довольно подробные сведения о Байкале и его притоке Селенге оставил Николай Спафарий (Милеску) – посол царя Алексея Михайловича в восточные страны (1675–1678 гг.). Он писал, что «Байкал может называться морем потому, что объезжать его кругом нельзя... что величина его в длину и ширину и в глубину велика есть. А озером он может называться оттого, что в нем вода пресная, а не соленая...». В его записях даются сведения об о. Ольхон, о притоках Байкала, рыбах, нерпе, количестве дней перехода под парусом от одного пункта к другому.

Интересные данные о Байкале дал Избрант Идес – русский посол в Китае в 1692–1695 гг. Он писал: «Озеро Байкал имеет в ширину около шести немецких миль, а в длину – сорок. Толщина льда на нем около шести футов... на озере встречаются полыньи, которые никогда не замерзают... Вода в озере пресная, но такая же чистая и зеленая как в океане; в нем много морских собак (тюленей)... В озере много рыбы... Единственная река, которая вытекает из Байкала – это Ангара».

В 1701 г. появилось картографическое произведение «Чертежная книга Сибири», составленная Семеном Ремезовым. На одной из 23 карт (чертежей) атласа представлено «Море Байкальское», где даны очертания Байкала и 40 притоков.

Первые научные исследования Байкала начались в XVIII в. немецкими учеными, которые по инициативе Петра I были привлечены для изучения восточных районов России. С этой целью организуются специальные экспедиции. В течение 10 лет (1719–1729) в Сибири работает академик Даниил Готлиб Мессершмидт. Он составил карту озера, сделал описание Байкала и горячих источников, расположенных на его северо-западном берегу в районе м. Котельниковский. После организации в 1725 г. Российской академии наук началось более интенсивное изучение Сибири. В составе Второй Камчатской экспедиции в 1735–1737 гг. на Бай-

кале побывал академик Петербургской академии наук Иоганн Георг Гмелин. Он дал первое научное описание нерпы. Вслед за Гmeliным исследования Байкала в 1771–1772 гг. продолжил крупнейший исследователь Сибири Петр Симон Паллас. Им впервые для науки дано описание байкальской губки, голомянки и других видов рыб. Он высказал предположение, что омуль в Байкал переселился из Северного Ледовитого океана по Енисею и Ангаре, найдя здесь прекрасные условия для обитания. П. С. Паллас описал рельеф побережья Байкала и высказал мнение, что озеро образовалось при сильном землетрясении. По его поручению штурманом экспедиции Алексеем Пушкаревым в 1773 г. была выполнена первая топографическая съемка Байкала и составлена карта.

Совместно с П. С. Палласом плодотворные исследования проводил член его экспедиции Иоганн Готлиб Георги. Он обстоятельно описал фауну и флору Байкала и впервые высказал гипотезу о тектоническом («насилованном») происхождении озера.

Конец XVIII в. и первая половина XIX в. не отмечены существенными достижениями в изучении Байкала. Лишь после создания в 1851 г. Восточно-Сибирского отдела Русского географического общества (ВСОРО) начинается новый период в изучении водоема. В 1855–1857 гг. ВСОРО снаряжается экспедиция, в составе которой был известный чешский натуралист Густав Радде, который, объехав озеро и прожив на его берегах почти год, сделал ошибочный вывод об исключительной бедности Байкала беспозвоночными животными, и это мнение авторитетного ученого на десятилетия затормозило дальнейшее исследование биологии Байкала.

Следующий период исследования связан с именами сосланных в Сибирь участников польского восстания 1863 г. Их работы внесли неоценимый вклад и не потеряли научной ценности и в настоящее время. Здесь, прежде всего, следует назвать имена Бенедикта Дыбовского, Виктора Годлевского, Ивана Черского и др. Именно Б. И. Дыбовскому принадлежит честь быть основоположником научного байкаловедения.

Б. И. Дыбовский и В. А. Годлевский начиная с 1867 г. почти 10 лет своими силами на собственные средства проводили стационарные наблюдения в районе с. Култук. Они проделали гро-

мадный комплекс работ: провели промеры глубин Байкала, составили батиметрическую карту юго-западной части озера, осуществили первые измерения уровня и температуры воды, организовали наблюдения за ледовыми процессами. Основные работы велись в зимнее время со льда. Изучив животный и растительный мир Байкала, они развеяли миф о бедности озера беспозвоночными животными и доказали, что фауна Байкала весьма богата различными видами, причем большая часть животных эндемична. Если до середины XIX века было известно всего шесть видов ракообразных, то в результате проведенных наблюдений их число возросло до 191 вида. К заслугам Б. И. Дыбовского следует отнести и то обстоятельство, что им впервые был поставлен вопрос о необходимости организации на Байкале стационарных пунктов как биологических, так и гидрометеорологических наблюдений.

И. Д. Черский (Ян Доминик) был гениальным ученым, внесшим огромный вклад в исследование Сибири, в том числе и Байкала. Он сумел самостоятельно изучить геологию, палеонтологию, географию и затем сделал в этих областях крупные научные открытия. По поручению ВСОРГО он занялся геологией Байкала. Начиная с 1877 г. И. Д. Черский вел систематические исследования берегов. Передвигаясь на лодке, пешком или на лошади он обошел все побережье озера. За 4 года работы им была составлена подробная геологическая карта в масштабе 1 : 420 000. Во время путешествий И. Д. Черский сделал на отвесных берегах озера засечки (отметки) уровня воды, о которых подробнее будет сказано в главе 3.3.

Черский сделал вывод об эволюционном развитии рельефа Прибайкалья и самого Байкала, в дальнейшем опровергнутый другими учеными-геологами.

Значительный вклад в изучение геологии озера и Байкальской котловины внес Владимир Афанасьевич Обручев – знаменитый геолог, географ, путешественник, писатель, академик. Посетив Байкал в 1889 г., он писал: «Стоя на высоком нагорье, на краю величественной впадины Байкала нельзя согласиться с мнением Черского, что эта впадина – результат сочетания продолжительного размыва и медленных складкообразных движений земной коры. Слишком она глубока, слишком обширна и слишком круты

и обрывисты ее склоны. Такая впадина могла быть создана дизъюктивными движениями земной коры и создана сравнительно недавно, иначе ее крутые склоны были бы уже сглажены размывом, а озеро заполнено его продуктами» (Обручев, 1963).

Строительство Кругобайкальской железной дороги открывает новый этап в исследовании Байкала. В 1896–1902 гг. на Байкале работала экспедиция Главного гидрографического управления под руководством Федора Кирилловича Дриженко. Сотрудниками экспедиции был выполнен большой объем промерных работ, произведены астрономические, магнитные измерения, установлены десятки маяков. На основе исследований была составлена лоция – подробный атлас глубин Байкала, которая не утратила своего практического значения по сей день. Одновременно с Ф. К. Дриженко и при его поддержке с 1900 по 1902 гг. на Байкале работал зоологический отряд под руководством профессора Киевского университета Алексея Алексеевича Коротнева, который исследовал фауну Байкала, в том числе глубоководную. Большую роль в гидрометеорологическом изучении озера сыграли Аркадий Викторович Вознесенский и Владимир Болеславович Шостакович.

А. В. Вознесенский – выдающийся ученый, климатолог, геофизик, географ с 1895 по 1917 гг. работал директором Иркутской метеорологической обсерватории. В своих исследованиях он большое внимание уделял организации сети метеорологических станций и постов. По инициативе А. В. Вознесенского при навигационных маяках были открыты первые 11 гидрометеорологических станций. Его труд «Очерки климатических особенностей Байкала» был удостоен высоких научных наград: премии Ломоносова, серебряной медали П. П. Семенова-Тянь-Шаньского, медали им. Ф. П. Литке.

Исследования А. В. Вознесенского были продолжены В. Б. Шостаковичем, который в 1917 г. стал директором Иркутской обсерватории. Им были проведены детальные исследования термического и ледового режима озера, написана работа «Озеро Байкал» (Верболов и др., 1975).

В 1916 г. при Президиуме Академии наук в Санкт-Петербурге для всестороннего изучения озера была создана специальная «Комиссия по изучению оз. Байкал» (КИБ). В комиссию, наряду с из-

вестными учеными (Л. С. Берг, В. А. Обручев, А. Н. Северцов и др.), вошли и молодые сотрудники В. Ч. Дорогостайский и Г. Ю. Верещагин, которым суждено было оставить глубокий след в изучении Байкала. В. Ч. Дорогостайскому удалось построить первое научно-исследовательское судно на Байкале для проведения гидробиологических работ, на котором в 1916 г. он с командой отправился в район Малого моря. События, развернувшиеся в стране в связи с Февральской и Октябрьской революциями в 1917 г., а затем гражданская война помешали осуществиться многим планам В. Ч. Дорогостайского. Однако, несмотря на неимоверные трудности, ему удалось продолжить исследования, а также организовать биологическую станцию в пос. Б. Коты, которая в 1919 г. была передана Иркутскому госуниверситету (ИГУ). В 1923 г., будучи профессором, руководителем кафедры беспозвоночных при Иркутском госуниверситете, он опубликовал свой фундаментальный труд о распределении фауны Байкала.

В 1925 г. должность ученого секретаря КИБа занимает Глеб Юрьевич Верещагин. Сплотив вокруг себя коллектив единомышленников, он активно проводит экспедиционные исследования на судне «Чайка», построенном В. Ч. Дорогостайским. Базой экспедиции была выбрана железнодорожная станция Маритуй, расположенная на юго-западном побережье Байкала. В 1928 г. Байкальская экспедиция была преобразована в Байкальскую лимнологическую станцию. Комплексными исследованиями охватывается почти весь Байкал, проводятся детальные промеры с охватом больших глубин, обновляются сведения о рельефе дна и донных отложениях, изучается термический режим, строение берегов, исследуются новые виды организмов и т. д. В 1930 г. Лимнологическая станция переводится в Листвянку, где она функционировала в последующие годы, а в 1961 г. была реорганизована в Лимнологический институт (ЛИН) Сибирского отделения Академии наук СССР. Благодаря работам Лимнологической станции, бессменным директором которой до 1944 г. являлся Г. Ю. Верещагин, была изучена динамика водных масс, уровенный, термический, ледовый, гидрохимический, ветровой и волновой режимы. Особенно исследован растительный и животный мир и его происхождение. Г. Ю. Верещагин становится озероведом с мировым именем.

Одновременно с Лимнологической станцией активные стационарные и экспедиционные исследования Байкала проводились сотрудниками Биологической станции и Биолого-географического института при ИГУ под руководством профессора Михаила Михайловича Кожова. Среди байкаловедов XX в., наряду с Г. Ю. Верещагиным, имя М. М. Кожова стоит в первом ряду. Его многочисленные работы и, в первую очередь, монография «Биология озера Байкал» (1962) дают яркую и исчерпывающую картину жизни водной толщи озера. Им составлены многие рекомендации по организации рыбного промысла, охране и рациональному использованию природных ресурсов бассейна Байкала. Он первым поднял голос против проекта углубления Шаманского скального порога в истоке Ангары для искусственного понижения уровня озера и выступал против сооружения Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК).

Возвращаясь к исследованиям ЛИНа, необходимо подчеркнуть неоценимый вклад, который вложил в его организацию директор института, академик Григорий Иванович Галазий, возглавлявший это научное учреждение на протяжении 30 лет (1957–1987 гг.). Именно под его руководством Лимнологическая станция превратилась в институт. Он был крупным специалистом в области геоботаники, лимнологии и экологии. Его перу принадлежат свыше 400 научных работ, включая 8 монографий. Г. И. Галазий был признанным авторитетом мирового экологического сообщества, непримиримым противником промышленного освоения побережья озера и до последних дней своей жизни боролся за чистоту байкальских вод.

С 1987 г. Лимнологический институт возглавляет академик Михаил Александрович Грачев. С его приходом в Институт широкое развитие получили молекулярно-биологические исследования. Им разработаны и внедрены точные и высокочувствительные методы измерений. Под руководством М. А. Грачева налажено производство глубинной байкальской питьевой воды. Он является активным участником составления важных для охраны Байкала документов: «Нормы допустимых воздействий на экосистему оз. Байкал», Закона РФ «Об охране озера Байкал» и одним из инициаторов включения Байкала в Список участков мирового наследия.

В бывшем здании Лимнологического института в Листвянке в настоящее время располагается Байкальский музей СО РАН, сотрудники которого под руководством его директора В. А. Фиалкова проводят не только серьезные научные исследования, но и активно занимаются популяризацией знаний о Байкале. В последние годы в музее внедрен аквариумный комплекс, виртуальный батискаф, открыт уникальный экологический образовательный центр с использованием современных информационных технологий, начал функционировать дендрарий, реализуется проект «Нерпа он-лайн», позволяющий дистанционно наблюдать за жизнью нерпы в естественных условиях.

Большая роль в изучении Байкала принадлежит международным проектам. К ним следует отнести проект «Байкал – бурение» (1993–1999), в котором приняли участие представители 8 стран.

Важными вехами в исследованиях подводного рельефа и водной толщи озера являются использование подводных обитаемых аппаратов (ПОА) «Пайсис» в 1977, 1991 гг. и организация международной научно-исследовательской экспедиции «"Миры" на Байкале» с применением широко известных российских глубоководных аппаратов «Мир-1» и «Мир-2». В 2008 г. было совершено 60 погружений, а в 2009 г. запланировано более 100 в различных районах акватории Байкала.

Контрольные вопросы

1. История исследований Байкала в XVII в. (землепроходцы, протопоп Аввакум, Николай Спафарий и Избранд Идес).
2. Исследования Байкала в XVIII в. (Ремезов, Мессершмидт, Гмелин, Паллас, Георги).
3. Исследование Байкала в XIX в. (Радде, Дыбовский, Годлевский, Черский, Обручев).
4. Исследование Байкала в XX в. и в настоящее время (Вознесенский, Шостакович, Дорогостайский, Верещагин, Кожов, Галазий, Грачев).

2. Физико-географическая характеристика Байкальской котловины

2.1. Географическое положение, параметры озера

Байкал расположен почти в центре Азии в пределах $51^{\circ}29' - 55^{\circ}46'$ с. ш. и $103^{\circ}43' - 109^{\circ}58'$ в. д. (см. прил. 1). Длина озера 636 км, максимальная ширина 81 км, длина береговой линии около 2000 км. Площадь 31 500 км². По площади Байкал занимает 7-е место среди озер мира после Каспия, Виктории, Танганьики, Гурона, Мичигана и Верхнего. Байкал самое глубокое в мире озеро – 1637 м, его средняя глубина равна 730 м.

Помимо этих общепринятых параметров озера имеются и другие. Так, согласно данным батиметрической электронной карты оз. Байкал, составленной международным коллективом авторов (Батиметрическая ..., 2006), имеются некоторые отличия морфометрических характеристик озера, о чем будет сказано в § 2.3.2. По объему водной массы (23 000 км³) Байкал занимает 1-е место среди пресных озер мира, вмещающая 20 % мировых и 80 % запасов вод России. Воды в Байкале больше, чем во всех вместе взятых Великих американских озерах.

Если предположить, что в озеро прекратилось поступление воды за счет притоков, то река, равная водоносности Ангара, стала бы вытекать из Байкала 383 года, а для наполнения чаши Байкала всеми реками земного шара потребовалось бы свыше полугода (около 200 дней). Уровень озера после зарегулирования его Иркутским водохранилищем поддерживается на отметках 456–457 м н. у. м. В Байкал впадает 336 рек (по И. Д. Черскому) и вытекает одна Ангара. Площадь водосборного бассейна составляет 588 тыс. км², причем 53 % ее приходится на территорию России и 47 % – на Монголию.

Острова. На Байкале имеется 30 островов (Брянский, 1989), самый крупный из них – о. Ольхон, имеющий длину 71,7 км, мак-

симальную ширину 14 км, площадь 700 км². Ольхон представляет собой участок суши, оставшийся над водой в результате тектонических движений. Большую часть острова занимает горный хребет с пологими северо-западными склонами и крутыми, обрывистыми юго-восточными с наибольшей высотой 1274 м в районе м. Ижимей (гора Жима).

В северо-восточной части озера у п-ва Святой Нос находится архипелаг Ушканьи острова, состоящий из четырех островов. Наиболее крупный из них Б. Ушканый, с площадью 9 км² и наивысшей отметкой 671 м. Он возвышается над уровнем озера на 216 м. Три М. Ушканьих острова имеют незначительные размеры и высоты. По мнению В. В. Ломакина (1965), Ушканьи острова сравнительно недавно поднялись над уровнем Байкала, о чем говорят волноприбойные ниши, сохранившиеся в скалах на высоте 200 м и серия озерных террас.

Святой Нос – единственный полуостров на Байкале. Его длина 53 км, ширина до 20 км, площадь 596 км². Полуостров является продолжением Баргузинского хребта и на 1000 м возвышается над уровнем Байкала. Западные склоны скалистые, слаборасчлененные, местами круто обрываются в воду. Восточные – наоборот, сильно расчленены, изобилуют многочисленными бухтами и мысами.

Заливы. В акватории оз. Байкал можно выделить шесть крупных заливов. Самый большой – Баргузинский (725 км²), затем в убывающем порядке следуют Чивыркуйский (270 км²), Провал (197 км²), Посольский (35 км²), Черкалов (20 км²), Мухор (16 км²).

Бухта, как и залив – это вдающийся в сушу участок озера, но она более открыта. Бухт на Байкале насчитывается около двух десятков (Лиственничная, Голоустная, Песчаная, Ая и др.).

Соры. На Байкале сорами называют закрытые мелководные заливы. Глубины соров обычно не превышают 7 м. Образуются они при отчленении прибрежных мелководий или заливов движущимися береговыми наносами, которые формируют косы, пересыпи с прорвами (проливами). Эти образования местное население называет каргою. Наиболее крупный сор – Верхне-Ангарский, или Северо-Байкальский. Часть его акватории заболочена, покрыта водной растительностью. Самые большие соры по площади открытой водной поверхности – это Арангатуйский и

упомянутые выше заливы Посольский и Черкалов. Соры летом хорошо прогреваются и являются богатейшими рыбопромысловыми угодьями (Галазий, 1987).

Проливы. Малое Море – часть Байкала, расположенная между северо-западным побережьем озера и о. Ольхон. Длина этого пролива 76 км, наибольшая ширина 17 км, преобладающие глубины от 50 до 200 м.

Пролив Ольхонские Ворота омывает Ольхон с запада и юго-запада. Его длина в средней части более 8 км, а ширина в самом узком месте 1,3 км, а в широком – 2,3. Глубина в средней части около 30–40 м.

2.2. Геологическое строение Байкальской котловины

Котловина оз. Байкал является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), которая представляет собой систему неравновеликих озерных и суходольных впадин (Хубсугульская, Тункинская, Байкальская, Баргузинская, Верхне-Ангарская, Муйская, Чарская, Токкинская), протянувшуюся на 2500 км из Северо-Западной Монголии через горные сооружения Восточной Сибири до Южной Якутии, описывающей при этом двойную дугу общего северо-восточного простирания (Флоренсов, 1968).

В пределах Байкальского региона выделяют две крупные геологические структуры Восточной Сибири – докембрийскую Сибирскую платформу и палеозойский Саяно-Байкальский складчатый пояс, разделенные системой разломов краевого шва платформы. Складчатый пояс представляет собой мозаику линейно вытянутых террейнов¹, сложенных породами микроконтинентов, островных дуг, задуговых и преддуговых прогибов, развивавшихся в течение конца протерозоя – палеозоя в пределах Палеоазиатского океана и постепенно присоединявшихся к окраине древней платформы в ходе каледонских и герцинских складчатостей (Зоненшайн, Кузьмин, Натапов, 1990).

¹ Террейн – это крупный блок земной коры, ограниченный со всех сторон разломами и отличающийся по истории своего геологического развития от смежных с ним блоков (террейнов).

Байкальская котловина располагается в зоне краевого шва древней платформы. Как следствие, западный борт котловины преимущественно сложен архейскими и архей-протерозойскими комплексами пород фундамента и осадочного чехла древней платформы, тогда как восточный борт сложен породами фанерозойского возраста (рис. 2.1).

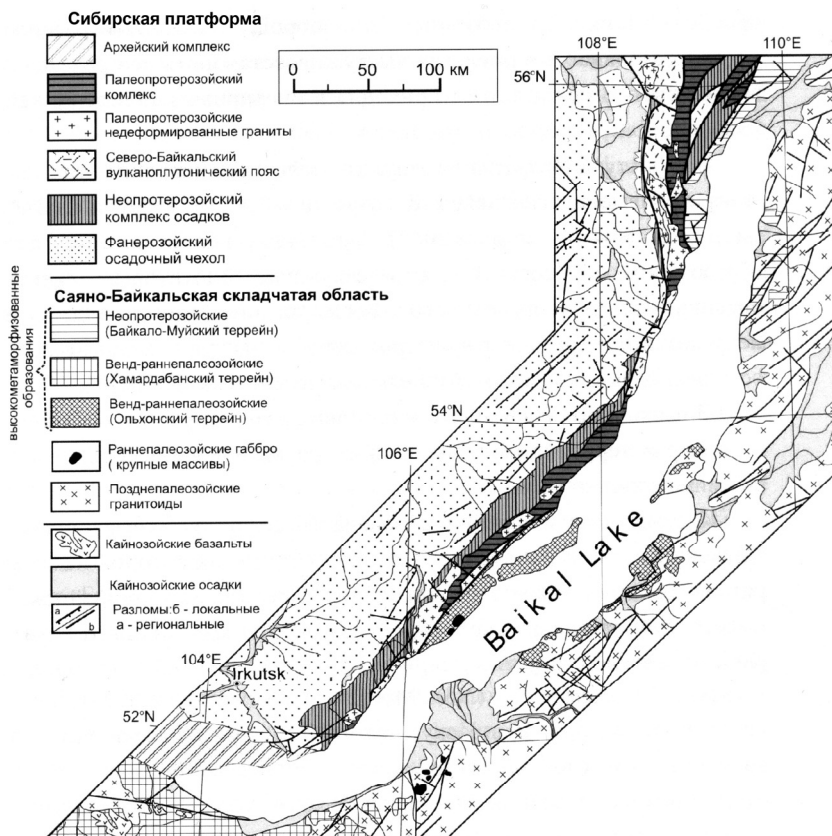


Рис. 2.1. Схема геологического строения Прибайкалья (Эволюция Земли ..., 2008)

Архейские породы платформы

Наиболее древние (возраст около 2,9–3,0 млрд лет) архейские комплексы фундамента платформы обнажены в пределах Шарыжалгайского выступа на участке побережья от пос. Култук до истока р. Ангары. Здесь широко представлены гнейсы и кристаллические сланцы с линзами мраморов и кварцитов. Породы отличаются высокой степенью метаморфизма и сложностью структуры, прорваны разновозрастными гранитными интрузиями (Эволюция Земли ..., 2008).

Протерозойские породы платформы

Палеопротерозойские метаморфизованные и практически неметаморфизованные комплексы пород, слагающие фундамент платформы, а также толщи морских отложений позднего рифея – венда, относящиеся к комплексам осадочного чехла, прослеживаются в пределах Приморского и Байкальского хребтов.

Метаморфические образования в пределах Приморского хребта представлены метаморфизованными алевролитами и песчаниками с прослоями туфов (иликтинская свита сарминской серии), перекрытыми кварцитами и хлоритоидными сланцами (анайская свита сарминской серии). Возраст пород серии от 1,9 до 2,3 млрд лет. Они прорваны неравномерно зернистыми гранитоидами приморского комплекса. Эти отложения прослеживаются от пос. Листвянка до устья р. Бугульдейка и далее в осевой части Приморского хребта. Возраст их составляет около 1,86 млрд лет.

Байкальский хребет преимущественно сложен осадочно-вулканогенными комплексами акитканской серии. Это терригенные породы от конгломератов до алевролитов с редкими покровами базальтов и риолитов (малокосинская свита), а также трахиандезиты, трахидациты, дациты и риолиты с редкими прослоями песчаников и туфов (хибиленская свита). Возраст пород составляет от 1,85 до 1,87 млрд лет.

Толщи осадочного чехла платформы, сформированные на породах фундамента, представлены комплексами байкальской серии, состоящей из голоустенской, улунтуйской, качергатской свит позднего рифея и ушаковской, куртунской и аянканской свит венда. Начало формирования голоустенской свиты относят к 730 млн лет назад. Породы серии представлены песчаниками, известняка-

ми, накапливающимися в условиях морского бассейна континентальной окраины. Отложения неравномерно деформированы с развитием складчато-надвиговых структур, интенсивность которых убывает по мере продвижения в глубину Сибирской платформы.

Протерозойские породы Саяно-Байкальской складчатой области

Кроме комплексов древней платформы в пределах западного побережья озера выделяют толщи пород, относящиеся к Саяно-Байкальской складчатой области. Один из районов их развития располагается в виде узкой (4–8 км шириной) полосы, протянувшейся вдоль побережья от м. Котельниковского в северо-восточном направлении вплоть до северного окончания озера. Это нюрндуканская толща, сложенная амфиболитами, кристаллосланцами и гнейсами. Ее возраст около 1,05 млрд лет. Данные комплексы представляют собой составную часть Байкало-Муйского террейна, присоединенного к Сибирской платформе в конце протерозоя.

Палеозойские отложения Саяно-Байкальской складчатой области

Следующий крупный блок – это Ольхонский террейн, занимающий о. Ольхон и Приольхонье. Он объединяет три тектонические пластины, сложенные метаморфическими комплексами, состоящими из различных гнейсов, кристаллических сланцев, амфиболитов, мраморов. Время формирования комплекса – вендорвик.

Образование того же возраста – Хамардабанский террейн, располагающийся на восточном борту котловины Байкала в пределах хр. Хамар-Дабан. Он объединяет слюдянскую, хангарульскую и хамардабанскую серии. Здесь широко представлены ритмично переслаивающиеся мрамора, кварциты, кристаллосланцы и гнейсы. Характеризуется высокой степенью метаморфизма.

По восточному побережью Байкала к северу от устья р. Селенги и вплоть до северного окончания озера распространены гранитоиды, составляющие Ангаро-Витимский батолит, который прорвал толщи пород, метаморфизованных в раннем палеозое.

Мезозойские отложения

Мезозойские отложения в пределах котловины озера представлены фрагментарно. Наиболее крупный район их распростра-

нения – это участок к северу от истока Ангары вплоть до урочища Чертов мост. Здесь у берега озера залегают конгломераты байкальской фации, накапливавшиеся в условиях краевой части озерно-речного бассейна седиментации Иркутского предгорного прогиба. Конгломераты того же происхождения отмечаются и в приустьевой части р. Селенги.

Мел-палеогеновые отложения

С конца мезозоя начался период формирования латерит-каолининовой коры выветривания, развивавшейся в условиях ослабления вертикальных тектонических движений и жаркого влажного климата. Мел-палеогеновые отложения приурочены к реликтам древней поверхности выравнивания, которая прослеживается как на приводораздельных поверхностях Приморского хребта и Олхинского плато, так и более широко – в пределах Приольхонья и о. Ольхон, а также на Тья-Горемыкском плато. Ее фрагменты отмечаются и на восточном побережье Байкала (Чивыркуйский залив, район оз. Котокель, у ст. Танхой и т. д.).

Отложения мел-палеогенового возраста также представлены делювиальными, делювиально-пролювиальными красноцветными и пестроцветно-красноцветными бескарбонатными глинами, аллювиальными песчано-галечными отложениями и озерными глинами, песками, галечниками. Они встречаются фрагментарно в пределах Тья-Горемыкского плато (песчано-галечный аллювий), на о. Ольхон (озерные глины), в районе бухты Песчаной (озерные галечники), а также в составе усть-селенгинской толщи дельты Селенги.

Неоген-четвертичные отложения

С конца олигоцена – начала неогена идет активное формирование широких и глубоких котловин с расчленением ранее сформированного пенеплена. В этих условиях происходило развитие красноцветной коры выветривания, которая сохранилась в Приольхонье и на о. Ольхон, Тья-Горемыкском плато, п-ве Святой Нос.

По мнению ряда исследователей (В. Д. Мац и др., 2001), на основе различий в строении и мощности отложений этого времени, выделяют Южнобайкальский и Северобайкальский типы разрезов.

Осадки, соответствующие Южнобайкальскому типу разреза (верхний олигоцен – эоплейстоцен), широко представлены в основании разреза предгорной аккумулятивной равнины, протянув-

шейся вдоль подножия северного склона хребта Хамар-Дабан (в пределах Южного Байкала). Мощность свит составляет от нескольких сотен до 1000–1200 м. Характер отложений свидетельствует о том, что их накопление происходило в достаточно разнообразных условиях мелководной прибрежной зоны крупных озер. Осадки представлены переслаивающимся песчано-глинисто-алевритовым материалом, с более крупными фракциями – аллювиальные валунно-галечниковые конгломераты и прибрежно-озерные галечники.

Для впадины Северного Байкала характерно существенно более позднее начало периода осадконакопления. Его относят к нижнему миоцену (В. Д. Мац и др., 2001). Кроме того, разрез отложений Северобайкальского типа отличается значительно меньшей мощностью осадочной толщи (от 10–15 до 60–70 м). Наиболее представительными являются тагайская (нижний – средний миоцен), сасинская (верхний миоцен – нижний плиоцен) и харанцинская (верхний плиоцен) свиты о. Ольхон.

Четвертичные отложения широко распространены в пределах Байкальской котловины. Для этого геологического периода характерно формирование криогенной дресвяной коры выветривания, мощностью от первых метров до 10–12 м.

Отложения эоплейстоцена – начала плейстоцена представлены мощными толщами песков различного происхождения (озерные, озерно-аллювиальные, золовые, делювиально-пролювиальные, флювиогляциальные). Кроме того, на о. Ольхон выделены почвенно-лессовые отложения, отличающиеся ритмичным строением: красноватый лессовидный делювиально-оловый суглинок – почвы, напоминающие каштановые степные.

Отложения двух ледниковых эпох среднего плейстоцена (самаровской и тазовской) представлены глыбово-валунным материалом, моренными валунными суглинками и валунными галечниками. Гипсометрически они залегают в широком высотном диапазоне – от 360 м ниже (восточное побережье озера) и до 35–50 м выше современного уровня озера (район г. Северобайкальска) и широко представлены в пределах Рель-Горемыкского плато, на северо-восточном побережье Байкала. Озерные осадки этого времени, представленные чередующимися прослоями озер-

ных песков, алевроитов, галечников, слагают байкальские террасы 30–80-метрового уровня, а также образуют цоколи низких верхнеплейстоценовых террас на восточном побережье Северного Байкала.

Для верхнего плейстоцена характерно формирование ледниковых, озерных, аллювиальных, аллювиально-пролювиальных отложений.

В голоцене происходит формирование отложений пойм рек, первой террасы Байкала и его пляжевой зоны, глыбовых россыпей и нагорных террас в гольцовой зоне, у подножий склонов – мощных коллювиальных отложений. Активно проявляются эоловые процессы. В ряде районов формируются торфяники.

Подробный обзор кайнозойских отложений в пределах Байкальской котловины дан в работе «Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Строение и геологическая история» (Мац и др., 2001).

2.2.1. Основные черты морфологии котловины

Котловина оз. Байкал состоит из двух не компенсированных осадками тектонических рифтовых впадин: Южно-Байкальской, протяженностью около 430 км, и Северо-Байкальской, длиной около 400 км. Впадины сопряжены друг с другом на расстоянии 200 км через диагональную междувпадинную перемычку – о. Ольхон – Академический хребет – Ушканий архипелаг. Южно-Байкальская котловина объединяет в себе два глубоководных бассейна Байкала – Южный и Средний, разделенные мелководной Селенгинско-Бугульдейской перемычкой. Указанная перемычка представляет собой сложную седиментационно-тектоническую структуру, являясь результатом длительной аккумуляции выносов р. Селенги и деформаций фундамента блоковыми движениями и сейсмогравитационного смещения накопленного осадочного материала (Логачев, 2003).

Северная и Южная впадины Байкала морфологически однообразны (Флоренсов, 1968) и представляют собой асимметричные прогибы. Северные или северо-западные борта впадин отличаются значительной крутизной и приурочены к широким зонам мощных долгоживущих разломов. Высота сбросовых и сбросово-сдвиговых уступов над днищами впадин сильно варьирует и мо-

жет составлять до 1500–2000 м, а в случае с Байкальской котловиной и более.

Высокие разломные борта впадин зачастую осложнены узкими промежуточными ступенями, шириной не более первых километров и протяженностью в десятки километров.

Значительно более крупные структурные элементы в пределах впадин – краевые ступени, характерными примерами которых можно назвать Тыйско-Котельниковскую и Приольхонскую. Они представляют собой сложно построенные комплексы разновысотных ступеней, горстов, глыбовых поднятий и малых впадин. По своим размерам краевые ступени не намного уступают самим котловинам и обычно примыкают к структурам междувпадинных перемычек.

Южные и юго-восточные борта впадин байкальского типа чаще всего менее круты и представляют собой пологие сводовые изгибы, осложненные многочисленными малоамплитудными молодыми сбросами.

Южно-Байкальская впадина – самый древний сегмент БРЗ, наиболее крупная и глубокая рифтовая структура. Северо-Байкальская впадина по многим чертам глубинного строения, мощности осадочной толщи и морфологии считается значительно более молодой.

2.2.2. Особенности глубинного строения Байкальской котловины

В настоящее время получен достаточно полный объем данных о глубинном строении БРЗ в целом и Байкальской котловины в частности. Однако следует четко понимать, что результаты интерпретации этих данных в рамках применяемых геофизических моделей далеко не однозначны и, чаще всего, согласуются только в наиболее крупных деталях (Актуальные вопросы ..., 2005).

Под впадиной озера наблюдается крупная отрицательная аномалия **силы тяжести**, обусловленная недостатком масс впадинного рельефа и значительной мощностью осадочного заполнения.

Толщина земной коры в пределах рифтовой зоны имеет значительные вариации. Четко установлено утонение коры под рифтовыми впадинами, где ее мощность изменяется от 30 до 40 км, с

минимумом под Южным Байкалом, в то время как под сопредельными горными хребтами она увеличивается до 45–50 км, а под Сибирской платформой оценивается в 40–42 км. В самой Байкальской котловине установлено резкое изменение мощности коры в зоне междувпадинной перемычки о. Ольхон – Академического хребта. Северо-Байкальская впадина отличается большей толщиной коры по отношению к Южно-Байкальской.

Земную кору под рифтовой зоной подстилает **астеносферный выступ мантии** с пониженными скоростями продольных сейсмических волн. При этом имеются различные мнения о форме выступа и глубине расположения его поверхности.

В пределах рифтовой зоны земная кора отличается повышенной **термальной активностью**, одним из важнейших показателей которой является величина теплового потока. Ее наиболее высокие значения характерны для днищ рифтовых впадин (в среднем около 75–80 мВт/м²), что в два раза превышает величины, полученные для юга Сибирской платформы (в среднем около 38 мВт/м²). В пределах горного обрамления рифта тепловой поток составляет около 53 мВт/м² и менее (Актуальные вопросы ..., 2005). Аномально высокий вынос тепла (> 100–200 мВт/м²) наблюдается в центральной части Южно-Байкальской котловины, а также в зонах подводных разломов, где геотермические показатели достигают экстремальных значений – более 1000–20 000 мВт/м². Зоны активных разломов служат своеобразными каналами, по которым выносятся внутриземное тепло к поверхности. Авторы монографии «Актуальные вопросы...» (2005) указывают, что повышенный тепловой поток сохраняется до 5 км от оси разлома, а затем на протяжении 15–25 км показатели уменьшаются до фоновых.

2.2.3. Разломно-блоковая структура земной коры, ее движения

Земная кора в пределах БРЗ обладает сложной разломно-блоковой структурой, развитие которой происходило на протяжении всей геологической истории рифта (от раннего протерозоя до кайнозоя включительно). Процессы рифтогенеза привели к активизации всех существующих разломов и формированию новых (рис. 2.2). Зоной разломов наиболее высокого порядка в регионе

является литосферный шов между Сибирской и Амурской микроплитами Евразийской литосферной плиты, к которому и приурочена Байкальская котловина. В свою очередь, в пределах микроплит за длительный период их геологического развития сформировались свои системы разломов более низкого порядка, которые предопределяли особенности строения отдельных частей БРЗ (рис. 2.2).

Зоны наиболее крупных разломов контролируют западный борт рифтовых котловин и представляют собой протяженные системы сбросов с кулисообразной сменой друг друга по простиранию и ветвлению. В рельефе они выражены высокими тектоническими уступами. В пределах оз. Байкал эта система разломов в настоящее время известна как зона Обручевского сброса, амплитуда перемещений коренного фундамента в которой составляет до 10 км (рис. 2.3). Дихотомия (раздвоение) разломов в этой зоне наиболее ярко проявляется на двух участках:

- начиная от р. Бугульдейка – с выделением Приольхонской краевой ступени;

- начиная от м. Котельниковский – с выделением Тыйско-Котельниковской краевой ступени.

Разломы вдоль южного и восточного бортов впадин чаще всего представляют собой сочетание коротких, малоамплитудных разрывных нарушений, пересекающихся друг с другом под различными углами, вплоть до 90° , определяя формирование системы небольших блоков.

Следует отметить, что Южно-Байкальская котловина отличается более высокой плотностью разломов по отношению к Северо-Байкальской.

Большое значение в формировании разломно-блоковой структуры имеют зоны поперечных разломов (линеаментов), которые пересекают не только рифтовую зону, но и прослеживаются далеко за ее пределами, зачастую глубоко внедряясь в структуры Сибирской платформы. Для поперечных разломов Байкальской котловины характерно северо-западное простирание. Чаще всего к зонам поперечных линеаментов приурочены долины крупных рек: Ангара, Селенга, Бугульдейка, Анга, Рель и т. д.

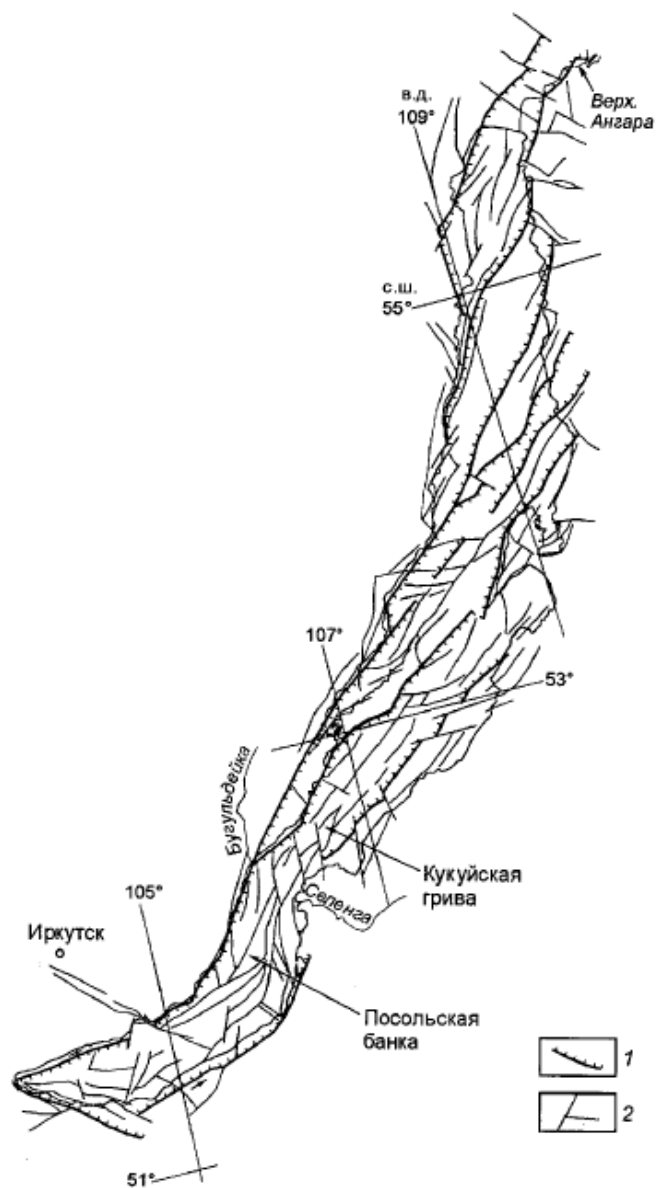




Рис. 2.2. Разломы впадины оз. Байкал (Мац и др., 2001; Логачев, 2003):

- 1 – главные, преимущественно краевые, разломы (сбросы и сбрососдвиги);
- 2 – внутривпадинные разломы (сбросы, сбрососдвиги, сдвиги)

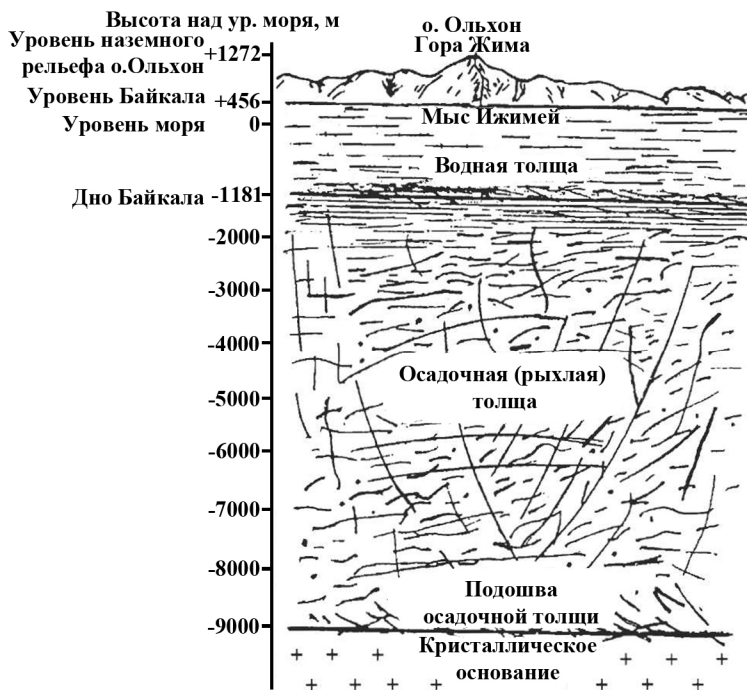


Рис. 2.3. Обручевский сброс в районе о. Ольхон (Кузьмин и др., 2004)

Для впадины оз. Байкал **поле напряжений земной коры** характеризуется обстановками растяжения. Исключением является центральная часть Байкальской котловины от северной оконечности о. Ольхон до дельты р. Селенги, где наблюдается растяжение со сдвигом. Ось растягивающих напряжений в большинстве случаев ориентирована в направлении северо-запад – юго-восток, поперек простирания основных рифтовых структур (Актуальные вопросы, 2005).

По данным спутниковой геодезии скорость расхождения бортов котловины друг от друга в центральной части Байкальского рифта составляет 4–6 мм/год.

Таким образом, Байкальская котловина может рассматриваться как гигантский раздвиг, величина которого оценивается в 10–15 км, с максимумом в пределах Южно-Байкальской впадины до 25 км (Логачев, Зорин, 1984).

На основе пространственного соотношения и распределения во времени рифтовых структур и **вулканических областей** был сделан вывод, что процессы тектонической деформации литосферы и магмогенеза в Прибайкалье являются независимыми друг от друга (Логачев, 2003).

2.2.4. Сейсмичность территории

Территория Байкальской котловины является чрезвычайно опасной в сейсмическом отношении, требующей обязательных антисейсмических мероприятий. В настоящее время на территории Прибайкалья действуют около 30 сейсмических станций Байкальского и Бурятского филиалов Геофизической службы СО РАН. В соответствии с картой общего сейсмического районирования ОСР-97-В (рис. 2.4) территория оз. Байкал и Прибайкалья относится к 10-балльной зоне интенсивности сотрясений (шкала MSK-64)².

² Для характеристики силы землетрясений широко используются такие понятия, как магнитуда, энергетический класс и балльность.

Магнитуда (М) землетрясения является условной мерой энергии, выделившейся из очага землетрясения в виде сейсмических волн. Максимальные зарегистрированные на Земле землетрясения имеют магнитуду до 8,9.

Энергетический класс (К) – это другая условная характеристика величины землетрясения, эквивалентная магнитуде и варьирующая в диапазоне значений от 1 до 18–20. В Байкальском регионе для пересчета магнитуд в значения энергетических классов К также приняты формулы Т. Г. Раутиан:

$$K = 4 + 1,8 M \text{ при } K \leq 14 \text{ и } K = 8,1 + 1,16 M, \text{ если } K > 14.$$

Балльность – это характеристика силы землетрясения, устанавливаемая только при ощутимых подземных толчках в каждом конкретном пункте на поверхности земли по описательной и, как правило, не инструментальной шкале (шкала MSK-64). Диапазон значений составляет от 1 до 12 баллов.

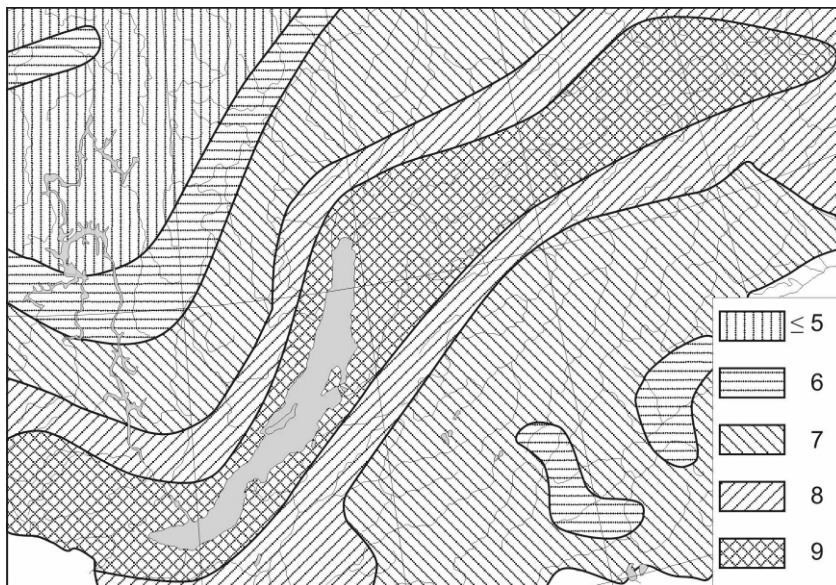


Рис. 2.4. Фрагмент карты общего сейсмического районирования.

Штриховкой показаны зоны интенсивности сотрясений на средних грунтах в баллах шкалы MSK-64 (вероятность превышения расчетной интенсивности в любом пункте зоны в течение 50 лет составит 5 %, что соответствует среднему периоду $T = 1000$ лет повторяемости таких событий)

Анализ пространственного размещения эпицентров землетрясений позволил выявить сложную мозаичную структуру поля их расположения (Сейсмическое районирование ..., 1977; Голенецкий, 1990; Мишарина, Солоненко, 1990). Наиболее активные сейсмические процессы приурочены к четко выраженным линейным областям, преимущественно ориентированным по простиранию рифтовой зоны в направлении северо-восток – юго-запад. Было установлено, что высокая сейсмичность наблюдается в зонах наибольших напряжений, приуроченных к концам разломов, узлам их пересечений, либо местам резкого изменения их простирания.

Наиболее высокой плотностью эпицентров в пределах котловины озера обладают два обособленных участка: один – между дельтой р. Селенги и о. Ольхон, другой – к юго-западу от п-ва Святой Нос.

Наряду с этим, отмечаются районы (например, к западу от юго-западной оконечности оз. Байкал, к северу от п-ва Святой Нос), где наблюдается дефицит сейсмической активности. Не выделяются в общем сейсмическом поле и районы крупных палеосейсмодислокаций.

Г. Ф. Уфимцев (1996) особо отмечает несоответствие сейсмической активности Байкальской котловины и ее тектоники. Наиболее тектонически активный в позднекайнозойское время западный борт Байкальского грабена является сейсмически спокойным. При этом к тектонически более спокойному восточному борту приурочены мощные сейсмические явления, а также выходы термальных вод.

В настоящее время в пределах Байкальской рифтовой системы и ее горного обрамления отмечается более 3000 сейсмических толчков ежегодно. При этом, с повышением чувствительности приборов, постоянно увеличивается количество регистрируемых слабых землетрясений (магнитуда $M < 1,7$; энергетический класс $K < 7$), что особенно важно для познания особенностей формирования и строения сейсмического поля региона.

Подавляющая часть фиксируемых землетрясений относится к разряду чрезвычайно слабых ($M < 2,3$; $K < 8$) и не ощущается человеком. Землетрясения с магнитудой $M > 6,0$ ($K > 15$) для Прибайкалья классифицируются как опасные, способные повлечь за собой значительные человеческие жертвы и материальный ущерб (Соболев, 2003). За последние 2–3 столетия в пределах БРЗ отмечено около 30–40 сильных землетрясений с $M \geq 6,0$, а с учетом палеоземлетрясений, данные о которых получены на основе изучения палеосейсмодислокаций, это количество может быть удвоено.

Так, за период 1994–2007 гг. в пределах акватории озера и его центральной экологической зоны было зафиксировано около 800 землетрясений энергетического класса более 8,0. Из них только в 15 случаях сотрясения были ощутимыми ($M > 4,4$; $K > 12,0$), включая одно землетрясение с магнитудой 5,6 ($K = 14,6$) 25 февраля 1999 г. в центральной части южного Байкала (<http://www.seisbykl.ru/modules.php?name=Data&da=1>).

По глубине расположения гипоцентров землетрясения Байкальской рифтовой зоны относятся к числу верхне- и среднекорových. Расчеты показывают, что сейсмически наиболее активен

диапазон глубин 10–25 км (Гилева и др. 2000; Радзиминович и др., 2003). Подошва сейсмоактивного слоя, соответствующая уровню, выше которого сосредоточено 90 % очагов, располагается на глубине 26–27 км; 95 % уровень залегает на 30 км. Верхняя часть геологического разреза в пределах котловин представлена осадочными отложениями и, соответственно, является малопрочной средой, не способной выдерживать напряжения, достаточные для возникновения сильных землетрясений.

Приведем параметры некоторых макросейсмических проявлений в пределах Байкальской котловины (Сильные землетрясения, 2008).

Наиболее сильное землетрясение в пределах впадины оз. Байкал произошло 27 июня 1742 г. Эпицентр располагался в районе Южного Байкала, магнитуда ориентировочно составила 7,7, интенсивность сотрясений в эпицентре – около 10 баллов. В «Каталоге землетрясений Российской Империи» содержится следующее описание: «...в городе Иркутске, в первом и третьем часах дня было земли великое трясение, от которого в соборной церкви каменной с одной главы крест сломило... Звон колокольный во время землетрясения был сам собою... А у обывательских домов все трубы рассыпались, а печи тоже все повредило».

Наиболее катастрофичным по своим последствиям является Цаганское землетрясение, произошедшее 12 января 1862 г. Это землетрясение является первым, последствия которого изучались учеными Сибирского отделения Императорского Русского географического общества. Магнитуда его составила 7,5, а интенсивность сотрясений в эпицентре – 10 баллов. В результате землетрясения под воду ушла территория площадью около 230 км²; образовался новый залив – Провал. Первые толчки Цаганского землетрясения были отмечены еще вечером 10 января, 11 января произошло довольно сильное землетрясение, а наиболее сильные, основные толчки последовали 12 января. В «Иркутской летописи» приводится следующее описание: «...После сильного подземного гула были такие колебания земли, что люди и скот не могли держаться на ногах, а 20-пудовые бочки с рыбою перекатывались во дворах с одного конца на другой. В земле образовались щели, из которых шла вода с илом, из колодцев выбрасывало илистую воду на сажень вышины... В Кударе купол церкви обрушился во внутрь

храма, а из образовавшихся в земле трещин выброшенный песок выбивал половицы в избах, и вода затопила землю на поларшина.

Через образовавшиеся трещины во льду Байкала затоплена воюдо Цаганская степь с пятью населенными улусами, в коих было 310 домов и 357 деревянных юрт, местность которой осела... Люди заблаговременно спаслись, так как вода прибывала постепенно целые сутки...». Интенсивность сотрясений в Иркутске оценена в 8 баллов.

В XX в. наиболее интенсивным землетрясением в пределах акватории Байкала было Среднебайкальское землетрясение 29 августа 1959 г. Его магнитуда составила 6,8, а интенсивность сотрясений в эпицентре – 9 баллов. Эпицентр располагался на расстоянии около 20 км к северу от залива Провал. В течение 7 часов после основного удара Иркутской сейсмостанцией было зарегистрировано 104 повторных толчка, общее же число повторных толчков за три последующих месяца превысило 700, а до мая 1960 г. инструментально было зарегистрировано более 1200 толчков. В эпицентре произошло опускание дна озера на 10–15 м. Сильно пострадали строения на юго-восточном берегу озера. В Иркутске интенсивность сотрясений составляла 6–7 баллов.

Наиболее сильным из последних макросейсмических событий является землетрясение 27 августа 2008 г. Его магнитуда составила 6,2, а интенсивность сотрясений в эпицентре – 8 баллов. Эпицентр располагался на расстоянии около 10 км к северу от пос. Утулик. Рассчитанная длина образовавшегося разрывного нарушения в очаге составила около 27 км, а амплитуда смещения – около 30 см (Южно-Байкальское землетрясение ..., 2008). Данное землетрясение располагается в зоне подводного продолжения Главного Саянского разлома (Геодинамическая эволюция ..., 2008).

Наиболее сильно толчки проявились в г. Слюдянка, пос. Култук, пос. Ангасолка, где наблюдались массовые разрушения печных труб, печей, образование трещин в стенах домов. Практически все обвалы, камнепады и оползни приурочены к склонам карьеров, дорожных врезок и насыпей. Были зафиксированы трещины и смещения грунта в дорожных насыпях с зиянием до 10 см и протяженностью до 350 м (Южно-Байкальское землетрясение ..., 2008; Лунина, Гладков, 2008).

2.2.5. Взгляды на механизм формирования котловины

На протяжении ряда лет (с начала 70-х гг.) происходило развитие двух основных концепций, раскрывающих механизм заложения рифтовых зон: активный и пассивный рифтогенез. Их принципиальное отличие заключается в природе и местоположении энергетического источника, определяющего растяжение литосферы.

Концепция активного рифтогенеза предполагает первичность восходящего потока разогретой и, соответственно, разуплотненной мантии, которая поднимается до определенной границы в литосфере и в дальнейшем растекается под ней, вызывая за счет сил вязкого трения движение блоков литосферы. Этот процесс сопровождается формированием напряжений растяжения в основании земной коры, что в условиях высокого прогрева и понижения вязкости вещества ведет к пластическим деформациям и определяет утонение коры. В верхней части коры идет ее «хрупкое» разрушение с формированием рифтовых впадин, обычно на фоне сводового поднятия.

Основным доказательством активного рифтогенеза Байкальской рифтовой зоны является наличие мощного восходящего потока разогретого мантийного вещества под горными системами Прибайкалья и Северной Монголии и его растекание в юго-восточном направлении.

В концепции пассивного рифтогенеза первопричиной растяжения указываются боковые воздействия внешних сил на литосферную плиту, при этом источник напряжений может располагаться на значительном расстоянии от сформировавшейся рифтовой зоны. Необходимыми условиями в этом случае являются достаточно мощные горизонтальные растягивающие движения и наличие благоприятно ориентированной ослабленной зоны литосферы.

Пассивная концепция рифтогенеза строится на взаимодействии Евразийской и Индостанской континентальных литосферных плит, а также субдукции Тихоокеанской плиты под Евразийскую. Развитие этих процессов привело к формированию мощной зоны торошения литосферы в пределах Центральной Азии от северной оконечности Тибета до Байкала, с формированием целой системы микроплит и, соответственно, зон их активного взаимодействия.

В настоящее время все большее количество специалистов приходит к выводу, что процессы байкальского рифтогенеза не могут быть объяснены с использованием только одного из механизмов.

Согласившись с тем, что БРЗ формировалась под влиянием как активного, так и пассивного механизмов, теперь вся тяжесть споров перемещается в плоскость определения ведущей роли и временной последовательности активных и пассивных механизмов.

2.3. Рельеф Байкальской котловины

2.3.1. Рельеф надводной части котловины

Байкальская котловина практически на всем своем протяжении обрамлена молодыми горными поднятиями, входящими в состав Саяно-Байкальского станового нагорья (Нагорья Прибайкалья и Забайкалья, 1974) (см. прил. 1).

Западный борт. От западной оконечности озера до истока Ангары располагается Олхинское плато. Абсолютные высоты плавно увеличиваются с севера на юг, достигая максимума (933 м) в непосредственной близости от озера. Глубина эрозионного расчленения варьирует от 100 до 300 м. Вершинная пологоволнистая поверхность образована реликтами мел-палеогенового пенеплена на краевом поднятии Сибирской платформы. Характер рельефа определяют платообразные вершины, многочисленные скальные останцы, речные долины с обширными заболоченными расширениями. К озеру плато обрывается резким скальным уступом высотой около 300–350 м, который в настоящее время на всем своем протяжении подрезан искусственной выемкой Кругобайкальской железной дороги.

К северу от истока р. Ангары борт котловины Байкала образован склонами Приморского хребта, который протянулся вдоль берега озера на 280 км вплоть до Онгурен-Кочериковской впадины. Высота хребта постепенно увеличивается от 850–900 м у истока р. Ангары до 1700 м и более в районе пролива Малое Море. Максимальной отметкой является г. Голец Трехголовый (1746 м). Приморский хребет не имеет четко выраженного водораздельного гребня, характеризуется сравнительно плавными очертаниями и в

большей степени напоминает плато, высоты которого постепенно увеличиваются по мере приближения к береговой линии озера. В водораздельной области сохранились реликты деформированной поверхности мел-палеогенового пенеплена, которые прилегают к водораздельным останцовым возвышенностям в виде наклонных (до $5\text{--}10^\circ$) поверхностей. В рельефе хребта можно проследить элементы древней речной сети в виде широких, продольных к хребту речных долин. Склоны и вершинные поверхности хребта большей частью располагаются ниже границы леса, и лишь незначительные участки в Приольхонье с высотами более 1300 м имеют гольцовый облик. Здесь, в результате действия процессов криопланации, образовались горизонтальные поверхности нагорных террас, развивавшихся на протяжении плейстоцена-голоцена. Приморский хребет вплотную подходит к берегу озера, резко обрываясь крутыми склонами высотой до 500–700 м. Исключением является участок к северу от р. Бугульдейка, где между уступом хребта и берегом озера размещается вытянутый, расширяющийся к северу, блок Приольхонского плато, поверхность которого расположена на 200–400 м ниже основного хребта и характеризуется низкогорным или холмогорным рельефом. Здесь отмечается высокая сохранность субгоризонтальных поверхностей мел-палеогенового пенеплена, в который, к северу от устья р. Анга, вложена система неогеновых педиментов. Между собой они соединяются широкими водораздельными проходами, с характерными островными горами и грядами (Уфимцев, 1995). В результате длительной денудации на плато четко выражены формы структурного рельефа, отражающие как различия в породном составе фундамента, так и раннепалеозойских структур. Например, гнейсы выражены в рельефе протяженными грядами, гранитные жилы – скальными стенками и гребнями, габбро – отдельными вершинами и массивами и т. д. (Сковитина, Федоровский, 2007). В тыловой части плато, у подножья хребта, располагается широкое предгорное понижение в виде сопряженных водораздельных седловин и продольных речных долин, протягивающихся вплоть до Малого Моря. В морфотектоническом отношении блок Приольхонского плато рассматривается как крупная краевая ступень, сформировавшаяся в зоне разветвления крупных разломов западного борта котловины.

Близким по характеру рельефа к Приольхонскому плато является о. Ольхон. Большая его часть представляет собой поверхность наклонного горста с отметками высот, увеличивающихся в юго-восточном направлении – от 500 м у побережья Малого моря до 1100–1200 (г. Жима, 1274 м) у восточного берега острова. Со стороны Малого моря к структурам горста примыкают остаточные тектонические ступени. Так же как и в Приольхонье в рельефе острова широко представлены формы мел-палеогенового пенеплена и неогеновых педиментов (рис. 2.5). Неоднородность литологического субстрата и длительная денудация обуславливают широкое распространение структурных форм рельефа. С восточной стороны склоны острова очень крутые, скалистые, расчлененные короткими V-образными распадками. По сочетанию форм эта часть острова представляет собой аналог сбросового уступа Приморского хребта.

Остров Ольхон является надводной частью сложно построенной междувпадинной перемычки, разделяющей Южно- и Северобайкальскую котловины.

У северной оконечности Приморского хребта его «монолитность» нарушается и формируется сложная система тектонических ступеней, горстов и грабенов. Вдоль побережья озера на этом участке располагается Онгурен-Кочериковская равнина, с высотными отметками 600–650 м. От берега озера она отделяется системой наклоненных к хребту блоков и рассматривается как краевая ступень, сформировавшаяся в месте пересечения Приморского сброса мощной системой поперечных разломов северо-западного направления.

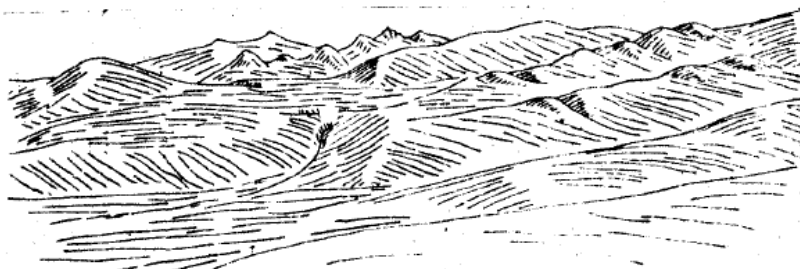


Рис. 2.5. Ярусный рельеф юго-западной части Ольхона у зал. Загли (Уфимцев, 1995)

Далее, к северо-востоку, вплоть до северной оконечности озера протягивается Байкальский хребет. Длина хребта составляет 250 км при ширине от 7 км на юге и до 40 км к северу. Хребет значительно выше, чем Приморский. Водораздельный гребень на всем своем протяжении имеет отметки не ниже 1600 м, четко выражен и большей своей частью располагается в непосредственной близости от береговой линии (гора Черского, 2572 м). В некоторых местах побережья (районы мысов Заворотный, Елохин) водораздельная линия удалена всего на 2–3 км от уреза. Это создает удивительный контраст между поверхностью Байкала и вершинами хребта, которые вздымаются над зеркалом вод на более чем полторы тысячи метров. Высокогорный облик хребта подчеркивается и преобладанием альпинотипных форм вершинного пояса, поднимающегося над границей леса. Подобная картина прослеживается вплоть до м. Котельниковский, где осевая линия хребта отклоняется к западу от берега озера, у северной оконечности озера она удалена от побережья на 30–40 км и между хребтом и Байкалом обособляется Тыйско-Котельниковское (Тыя-Горемыкское) плато. Оно представляет собой еще одну крупную краевую ступень, во многом аналогичную Приольхонской. Отроги хребта, в виде системы разновысоких блоков, протягиваются к озеру, имеют сравнительно небольшие высоты (от 700 до 1500 м) и мягкие очертания. К северу от р. Рель в пределах плато, наряду с разновысотными и косо поставленными блоками, распространены поверхности озерных террас изолированных низких гор останцового типа.

Таким образом, в целом для западного борта впадины следует отметить его значительную крутизну и структурную цельность, что говорит о генетическом единстве горных хребтов западного побережья озера, несмотря на имеющиеся различия в их внешнем облике. По характеру морфоструктур эти хребты представляют собой наклонные горсты, западный склон которых относительно пологий и длинный, а восточный резко обрывается к впадине Байкала. Подобная асимметрия хребтов определяется приуроченностью западного борта рифтовой котловины к зоне «Обручевского сброса». Крутой тектонический уступ (до 35°, а иногда и до 50°) возвышается над уровнем Байкала от 300 до 1500 м и, не меняя своей крутизны, продолжается под водами озера до глубин

1200–1400 м. На всем своем протяжении уступ состоит из сочетания в разных пропорциях всего трех элементов: в центральной части – сбросовый эскарп, в верхней – вершинный скат, в нижней – полого-наклонный предгорный откос.

Для исчерпывающей характеристики этих элементов приведем выдержку из монографии «Кайнозой Байкальской ...»: «Сбросовые эскарпы обычно включают три вида тектогенных граней рельефа. Крупные треугольные или трапециевидные базальные фасеты, сомкнутые в основаниях, образуют непрерывный стеноподобный фронт гор. В тылу их, в верховьях коротких долин, прорезающих сбросовые эскарпы, также располагаются крутые тектогенные грани, ограничивающие полые объемы долин. Это антифасеты. Третий вид тектогенных граней представлен вершинными фасетами, располагающимися на гребнях позади базальных фасет или наращивающими вверх поверхности антифасет (рис. 2.6). Перечисленные виды тектогенных граней указывают на деление приповерхностных частей литосферы на бортах рифта на узкие пластинчатые блоки шириной в сотни метров – первые километры и являются морфологическим выражением молодых активных сместителей.

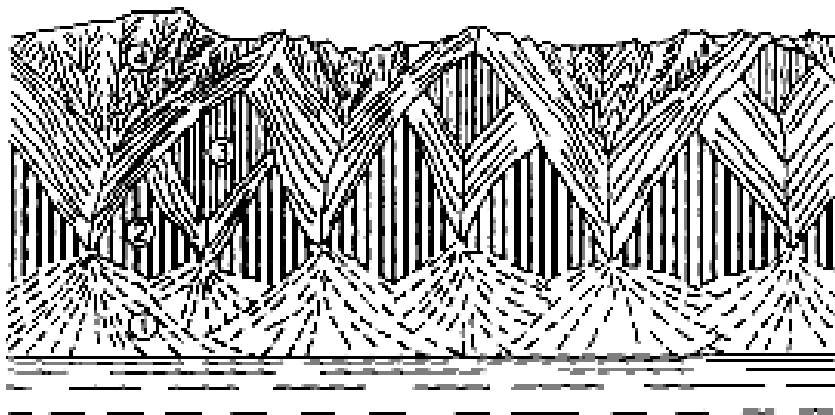


Рис. 2.6. Строение тектонического уступа:

1 – предгорный откос в виде системы слившихся конусов выноса, 2 – базальная фасета, 3 – антифасета, 4 – скальный бедленд в верховьях долины, прорезающей тектонический уступ (Мац и др., 2001)

Над сбросовыми эскарпами расположены вершинные скаты, являющиеся морфологическим выражением нагорных участков широких зон краевых частей борта рифтовой долины. Здесь преобладают малоамплитудные вертикальные смещения по многочисленным сближенным сместителям, что обуславливает формирование пологонаклонных вершинных поверхностей и гребней в нагорных частях тектонических уступов.

Предгорные откосы в виде пологонаклонных поверхностей слившихся конусов выноса... достигают в ширину 1–2 км и представляют собой геоморфологическое выражение фронтальных частей молодых разломов, перекрытых пролювием» (Мац и др., 2001, с. 75–76).

Сбросовые уступы западного борта Байкальской впадины повсеместно осложнены промежуточными ступенями, представляющими собой узкие пластинчатые блоки, шириной от первых сотен метров до 3–4 км при протяженности до 30 км и вершинной поверхностью, обычно наклоненной в сторону озера (рис. 2.7). На склонах можно увидеть различные стадии развития этих форм – от заложения до полного денудационно-тектонического разрушения. Процесс обособления промежуточных ступеней и их разрушения рассматривается как важный элемент механизма расширения рифтовых впадин за счет их горного обрамления. Этот же процесс ведет к постоянному обновлению сбросового уступа и сохранению его морфологии (Уфимцев, 1992).



Рис. 2.7. Узкие промежуточные ступени на тектоническом уступе Приморского разлома у дер. Курма на северо-западном побережье Малого моря, к северо-западу от устья Сармы. Вид с юга (Уфимцев, 1992)

Западный борт котловины в значительной степени расчленен долинами рек и временных водотоков. В большинстве своем, реки короткие и имеют значительное падение, их долины имеют V-образную форму, продольный профиль не выработан и, как следствие, развиты пороги и водопады. Такой характер долин ясно говорит о преобладании глубинной эрозии в пределах участков поверхности, испытывающих поднятие. Лишь несколько крупных рек на протяжении всего западного берега озера имеют широкие выработанные долины с комплексами террас (Голоустная, Бугульдейка, Анга, Тья и др.). В большинстве своем они приурочены к зонам мощных поперечных разломов, которые разделяют борт котловины на отдельные секции.

Более подробно ознакомиться с особенностями крупных форм рельефа западного борта котловины можно в учебном пособии Г. Ф. Уфимцева (1995).

Крайнее северо-восточное побережье Байкала представляет собой обширную дельту рек В. Ангара и Кичера. Это значительно заболоченная низкая аккумулятивная равнина с большим количеством озер, стариц и проток. От Байкала эта поверхность отделяется протяженной песчаной косой, состоящей из островов Ярки и Миллионный, которая в настоящий момент интенсивно разрушается.

Восточный борт. Характерной особенностью горного обрамления восточного побережья озера является в целом меньшая крутизна восточного борта впадины, а также диагональное расположение продольных осей горных хребтов по отношению к береговой линии озера. В зонах межгорных стыков формируются пониженные участки рельефа, занятые крупными речными долинами и определяющие развитие крупных бухтовых «овалов» берега озера. Исключением является крайняя юго-восточная часть озера, где рельеф борта котловины обусловлен протяженной зоной активного разлома – сбросом Черского, и, соответственно, хорошо представлен сбросовый тип морфоструктур.

По характеру морфоструктур хребты восточного побережья озера являются или сводовыми поднятиями, в различной степени осложненными сбросовыми дислокациями (Хамар-Дабан, Улан-Бургасы, Икатский), либо ступенчатыми глыбовыми массивами (Морской, Голондинский, Баргузинский хребты).

В целом следует заметить, что рельеф восточного берега озера значительно разнообразнее в сравнении с западным.

От северо-восточной оконечности озера до Баргузинского залива почти на 300 км протянулся Баргузинский хребет (г. Байкал, 2840 м). К югу хребет постепенно повышается, достигая в районе Баргузинского залива высоты 2382 м (г. Гольмакта). Так же, как и у Байкальского хребта, водоразделы имеют ярко выраженный альпийский облик и на севере озера значительно удалены от побережья (40–45 км и более), и лишь в районе Чивыркуйского залива располагаются вплотную к берегу. Пространство между хребтом и побережьем озера занято наклонной предгорной равниной с средне- и низкогорным эрозионно-денудационным рельефом, в сочетании с аллювиально-пролювиальными равнинами небольших впадин, ограниченных короткими сбросами. Например, Большереченская впадина.

У южной оконечности Баргузинского хребта располагается крупный горный блок п-ва Святой Нос. С коренным берегом он связан низменным перешейком Мягкая Карга (яркий пример крупной пересыпи – томболо). Полуостров занят двумя кулисообразно расположенными горными хребтами высотой до 1877 м, круто обрывающимися к побережью и представляющими собой комбинацию из двух горстов.

К югу от Баргузинского залива к побережью озера выходят отроги низких хребтов Голондинского (1510 м), Улан-Бургасы (2033 м) и Морского (1717 м). В прибрежной зоне шириной до 20–22 км, протягивающейся вплоть до долины р. Селенги, прослеживается сложное сочетание небольших котловин (Котокельская, Нижнетуркинская, Духового озера, Гусихинская и др.) с разновысотными ступенями, холмогорьями и низкогорными блоками, достигающими 900–1000 м высоты. В совокупности они составляют Кика-Усть-Баргузинскую краевую ступень (рис. 2.8). Днища котловин всего лишь на несколько десятков метров выше уровня Байкала, часто представляют собой заболоченные равнины с озерами. От Байкала малые котловины отделяются системами низкогорных, вытянутых в длину массивов, вершинные поверхности которых наклонены в сторону горного обрамления Байкальской котловины, формируя закономерное сочетание форм – береговой горст – тыловой грабен.

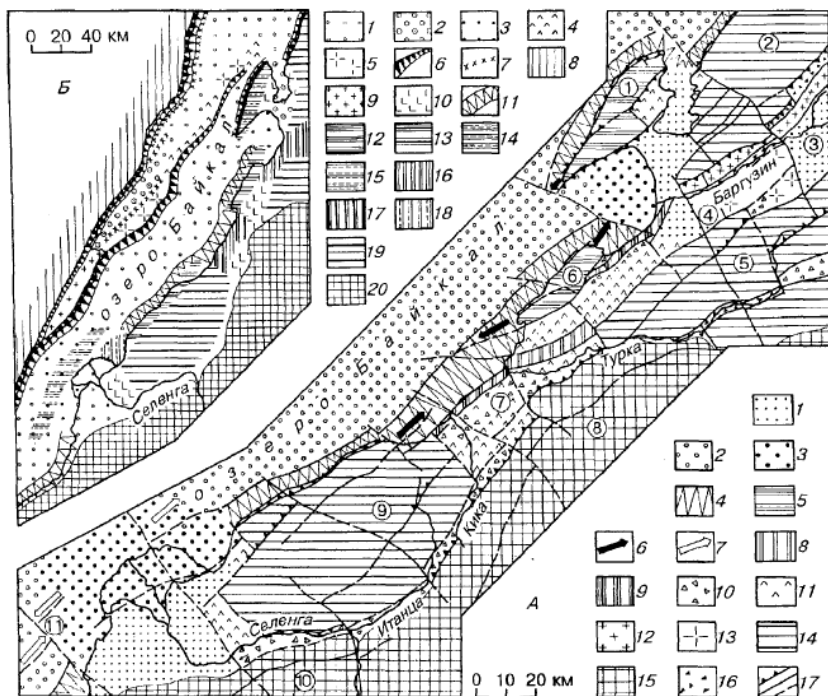


Рис. 2.8. Схема морфотектоники восточного побережья Среднего Байкала (А) и новейшая геодинамика Среднего Байкала (Б):

А. 1–3 – днища рифтов, в том числе глубоководная котловина (2) и крупные авандельты (3); 4 – подводная часть борта рифта; 5 – глыбовые поднятия святоносского типа; 6 – их подводные продолжения; 7 – подводные поднятия; 8, 9 – береговые горсты (9) и их продолжения в сторону суши (8); 10 – малые впадины; 11 – остаточные ступени; 12 – промежуточные ступени бортов рифтов; 13 – междувпадинные перемычки; 14 – ступенчатые глыбовые поднятия; 15 – сводовые поднятия; 16 – долины-грабены; 17 – молодые разломы. Б. 1–3 – интенсивные погружения, в том числе длительные (1), начальной стадии грабенообразования (2) и с влиянием нагрузки осадков авандельт (3); 4, 5 – междувпадинные перемычки с погружением остаточных ступеней (4) или воздыманиями, в том числе инверсионными (5); 6, 7 – перемещения по крупным сбросам, в том числе листрическим (7); 9 – относительно стабильные краевые ступени; 10, 11 – погружения на бортах рифта, в том числе медленные остаточных ступеней (10) или интенсивные на подводном береговом склоне (11); 12–15 – блоковые формы святоносского типа: 12 – зарождающиеся, 13 – юные, 14 – зрелые, 15 – реликтовые; 16–18 – тектонопары береговой горст–тыловая впадина: 16 – юные, 17 – зрелые, 18 – реликтовые; 19, 20 – общие воздымания: 19 – глыбовые, 20 – сводовые

Цифры в кружках: 1 – Святоносское, 2 – Баргузинское поднятия, 3 – Баргузинская впадина, 4 – междувпадинная перемычка, 5 – Голондинское поднятие, 6 – Катковский горст, 7 – Котокольская впадина, 8 – Уланбургагинский свод, 9 – Морское поднятие, 10 – Хамардабанский свод, 11 – поднятие Посольской банки

В качестве примера можно привести систему Ярцинского горста, протягивающегося между устьями р. Кика и р. Турка и Котокельской котловины, большая часть которой занята одноименным озером. Другой вид сочетания форм рельефа представлен системами крупных горстов. Например, п-ов Святой Нос, Катковский горст, глыбовое поднятие Морского хребта (Уфимцев, 1999).

Наиболее крупным разрывом в горном обрамлении Байкала является район дельты Селенги. Дельта полукругом глубоко вдается в акваторию озера, замыкаясь с юго-запада заливом Истокский сор, с северо-востока – заливом Провал. Площадь ее составляет около 1120 км². Расстояние между двумя крайними протоками по берегу озера составляет около 60 км. Поверхность нижней части дельты представляет собой низкую аллювиальную равнину, всего на 1,5–2 м выше уреза озера в наиболее возвышенных местах. Она сильно заболочена, с множеством мелких озер. Русло Селенги в ее пределах распадается на более чем три десятка больших и малых проток. Поверхности двух озерно-речных террас формируют средний и предгорный участок дельты (Нагорья Прибайкалья и Забайкалья, 1974).

Южнее обширной дельты р. Селенги располагается хребет Хамар-Дабан (г. Хан-Ула, 2371 м), который протягивается параллельно юго-восточному участку побережья. Водораздельные гребни хребта удалены от берега на 30–35 км. В их рельефе сохранились и широко представлены слабоизогнутые и моделированные денудацией поверхности мел-палеогенового пенеплена. В значительной степени вершинные поверхности изменены процессами ледниковой экзарации. Между отрогами хребта и берегом располагается предгорная равнина шириной до нескольких километров. На участках, приуроченных к зонам поперечных разломов, она представляет собой полого наклоненные к Байкалу аккумулятивную Утулик-Солзанскую и Танхойскую равнины, а за их пределами имеет низкогорно-холмистый эрозионно-денудационный рельеф.

Озерные террасы. Характерным элементом береговых зон крупных озер являются комплексы озерных террас.

Выделяются низкие (до 20–25 м), средние (30–80 м), высокие (до 150–200 м) байкальские террасы и фрагменты высокоподня-

тых аккумулятивных уровней (Мац и др., 2001). Наиболее хорошо изучены низкие террасы. В отношении остальных уровней существуют значительные различия во взглядах на возможность их существования и выделение.

Поверхности I–IV террас Байкала прослежены практически по всему периметру Байкала, при этом отметки высот I–III террас очень близки по всему побережью. I и II террасы обычно аккумулятивные, в основании III и IV террасы обнажаются более древние отложения. В рельефе восточного побережья поверхности террас выражены достаточно четко, образуя широкие площадки. На западном побережье (за исключением Тыйско-Котельниковской краевой ступени) они практически полностью уничтожены или перекрыты материалом конусов выноса, т. е. выделить их в рельефе часто не представляется возможным (в редких случаях их наличие можно установить по фрагментам озерных галечников).

Террасы среднего уровня развиты на берегах Байкала фрагментарно. Наиболее полно они охарактеризованы на севере Байкальской котловины, на м. Тыйском, в пределах Кичеро-Верхнеангарской дельты, на п-ве Святой Нос, а также по восточному берегу Среднего Байкала от устья р. Баргузин до дельты р. Селенги. Принадлежность террас этих уровней к байкальским образованиям установлена надежно. Террасы разорваны и смещены по зонам разломов. Формировались они, вероятно, при более высоком уровне Байкала, чем современный, на величину порядка 50–60 м.

Выделение террас более высокого уровня вызывает много споров, и этот вопрос пока не решен. Однозначных свидетельств принадлежности выделенных уровней к байкальским до сих пор не существует.

2.3.2. Рельеф подводной части впадины озера

Более века назад первой гидрографической экспедицией Ф. К. Дриженко было установлено, что в морфологическом отношении впадина оз. Байкал представляет собой 3 котловины – Южную, Среднюю и Северную. Морфометрические характеристики впадин приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Максимальные глубины, объемы, площади поверхности и средние глубины оз. Байкал и его котловин по данным различных авторов (Батиметрическая ..., 2006)

Котловина	Максимальные глубины, м			Объем, км ³		Поверхность, км ²		Средняя глубина, м	
	1	2	3	1	2	1	2	1	2
Вся	1642	1620	1637	23 615,4	23 015	31 722	31 471	744,4	731
Северная	904	889	903	8192,1	7844	13 690	13 621	598,4	576
Средняя	1642	1620	1637	9080,6	8943	10 600	10 469	856,7	853
Южная	1461	1423	1446	6342,7	6228	7432	7381	853,4	843

Примечание. 1 – A new bathymetric map..., 2009; 2 – Колокольцева, 1968; 3 – Бухаров, Филалков, 2001.

Распределение глубин по площадям приведено на батиметрической кривой (рис. 2.9).

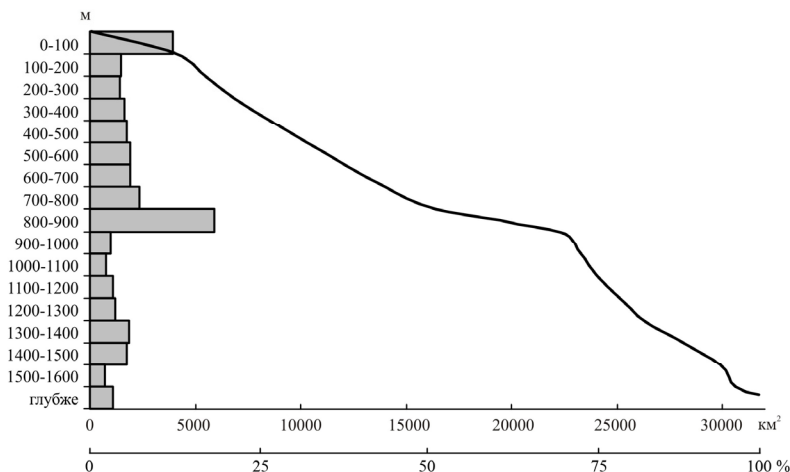


Рис. 2.9. Батиметрическая кривая оз. Байкал

Как показали исследования подводной части котловины озера (Лут, 1972; Батиметрическая ..., 2006), асимметрия впадины, четко выраженная в крутизне надводных склонов, присутствует и в их подводной части. Наиболее ярко это явление проявляется в

пределах Южной и Средней котловин озера, где западные склоны значительно круче восточных. Высокая крутизна склонов наиболее четко просматривается от Култука и практически до северной оконечности о. Ольхон. На этом участке уклоны могут достигать 60° , тогда как у противоположного берега – около $10\text{--}12^\circ$. В Северной котловине асимметрия прослеживается наименее ярко, и котловина представляет собой практически правильную корытообразную форму (рис. 2.10).

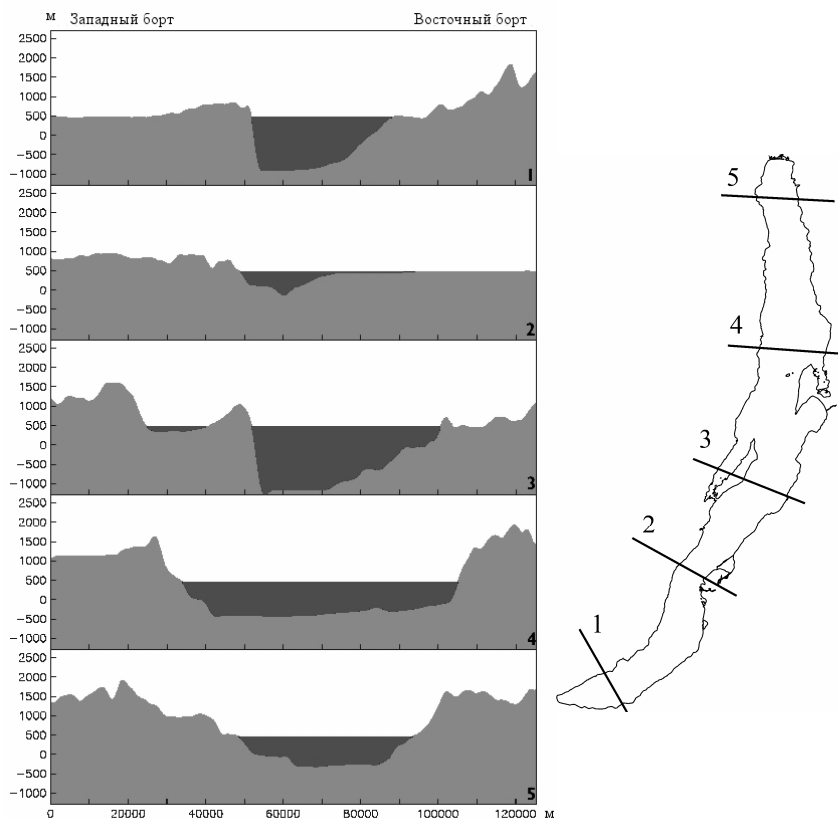


Рис. 2.10. Поперечные профили оз. Байкал (Батиметрическая ..., 2006)

Асимметрия подводных склонов определяет несколько особенностей. Во-первых, у западных берегов наблюдается резкое нарастание глубин по мере удаления от берега и слабое развитие зоны шельфа (на Байкале – это абразионная или аккумулятивная мелководная платформа, сформированная в зоне наибольшей активности гидродинамических процессов до глубин 20–25 м). Ширина ее может составлять первые десятки метров, в отдельных случаях до 1,0–1,5 км, тогда как у восточного берега – до 7–10 км. Во-вторых, у западных берегов наблюдается резкий перелом подводного склона к поверхности дна впадины (до 45–50°). Более того, проведенное электронное картографирование озера показало наличие у подножия наиболее крутых склонов узкого отчетливо выраженного углубления (Батиметрическая ..., 2006). Подобные «подводные флексуобразные рвы» (Бухаров, Фиалков, 1996) были отмечены и при наблюдении с подводных аппаратов «Пайсис».

Специфической чертой морфологии подводной части впадины является слабый наклон поверхности дна озера к западному берегу, у которого и отмечены наибольшие глубины, как в Южной, так и в Средней котловине. В Северной котловине это свойство, в общем-то, не выражено.

Абиссальные равнины. Наибольшие площади в пределах дна впадины занимают подводные аккумулятивные абиссальные равнины. Хотя для этих частей котловины характерен тектонический режим общего погружения и, как следствие, накопление мощных толщ рыхлых отложений, обширные выровненные участки дна здесь не формируются. Поверхность имеет холмистый характер, что в значительной мере объясняется развитием уступов молодых разломов и проявлениями грязевого вулканизма, усановленного в последнее время.

Подводные склоны. Значительно большей сложностью рельефа отличаются подводные склоны озера. Как для западных, так и для восточных подводных склонов отмечены многочисленные ступени, имеющие различные размеры и расположенные на разных глубинах. Скорее всего, они представляют собой краевые и промежуточные ступени, аналогичные по своему образованию надводным формам. Примерами таких структур могут быть названы: Муринская банка, возвышающаяся над сопредельными

участками склона на 400–500 м; система Танхойских ступеней берегового склона с площадками на глубинах 50–200 и 525–630 м; краевая ступень в районе мысов Солонцового и Заворотного; подводные уступы на продолжении юго-западной оконечности Святоносского блока и т. д. (Мац и др., 2001).

В свою очередь, все указанные подводные тектонические структуры и склоны усложнены более мелкими формами рельефа. Для приразломных, крутых склонов зоны Обручевского сброса характерно наличие отвесных и нависающих уступов, зияющих трещин отрыва и продольных склоновых рвов, зеркал скольжения, зон неотектонической трещиноватости, т. е. выявляются явные признаки интенсивной эрозионно-тектонической деструкции подводных склонов. Можно уверенно отметить, что процессы, свойственные для надводных, западных склонов котловины продолжаются и в их подводной части, с некоторой спецификой протекания эрозионных процессов в водной среде.

Для большей части подводных склонов восточного борта озерной котловины столь яркие формы не характерны. В условиях значительно меньших уклонов и большей ширины склона формируется слабоконтрастный рельеф, перекрытый мощной толщей рыхлых осадков. Тем не менее, и здесь отмечаются, например, многочисленные оползневые образования. Следует также помнить, что активные приразломные зоны существуют и у восточного берега, что должно определять формирование дифференцированных форм рельефа (Бухаров, Фиалков, 1996).

Еще одним важным элементом строения и динамики подводных склонов озера являются каньоны – подводные долины, рассекающие склоны вкрест их простираения. Во многих случаях они являются продолжением надводных долин рек и временных водотоков. Однако существуют каньоны, не имеющие продолжения на суше и располагающиеся своими вершинами напротив мысов и заливов. Возможно, это указывает на приуроченность этих каньонов к зонам высокой скорости седиментации. Кроме того, образование каньонов связывают также с поперечными разломами, пересекающими борта впадины.

Как показали батиметрические исследования и наблюдения с погружаемых аппаратов, каньоны Байкала имеют ряд особенно-

стей своего строения (Карабанов, Фиалков, 1987). Они рассекают весь подводный склон озера, начинаясь с глубин 3–5 м в береговой зоне, вплоть до его подножия. Глубина вреза достигает десятков метров. При этом борта и днища отличаются значительным расчленением и ступенчатостью.

Каньоны формируются как в толщах рыхлых отложений (например, каньоны Тельнинской и Тыйской систем), так и в кристаллических породах (например, каньоны юго-западной оконечности озера). Днища их покрыты толщей донных осадков, при этом здесь представлены не только тонкодисперсные илы, но и значительно более грубый материал – пески, дресва, гравий. Это указывает на существование тесной литодинамической связи с береговой зоной, из которой в каньоны поступает крупнообломочный материал, транспортируемый на большие глубины. При этом существуют каньоны, которые утратили такую связь, где транспортируются только илистые частицы и продукты разрушения бортов.

Интенсивное смещение материала в каньонах фиксируется по трещинам отрыва, слоям неокисленных осадков, перевернутым валунам и т. д. Как показали подводные наблюдения, в смещении и разрыхлении материала определенную роль играют и биологические объекты. Голомянки, бычки и их молодь в процессе кормления зачастую целиком погружаются в верхний слой осадков, создавая биотурбации в виде отверстий, желобков, холмиков и ямок, при этом смещая материал вниз по склону.

На всем протяжении каньонов в результате переноса обломочного материала развиты процессы эрозии их бортов и днища.

Основная часть каньонов приурочена к восточному борту котловины, но они широко развиты и вдоль западного склона Северной котловины Байкала.

Межвпадинная перемычка включает в себя надводный Ольхонский (описание дано ранее) и подводный Ушканий горсты, а также горст подводного Академического хребта. Все указанные структуры сформировались в зоне Ольхонского разлома и представляют собой асимметричные наклонные блоки. Высота тектонического уступа составляет от 1000 до 2000 м. Именно у основания северной части Ольхонского горста располагается наиболее

глубоководная часть Байкала с максимальной отметкой в 1637 м. Южный склон горста широкий и пологий, осложнен малоамплитудными сбросами и постепенно сливается со структурами абиссальной равнины Северного Байкала. В целом, межвпадинная перемычка по своему строению и развитию сходна с поднятием Приморского хребта.

2.4. Донные отложения

Изучением донных отложений озера занимаются на протяжении более чем полувека с 40-х гг. XX в. При этом перед исследователями возникало множество проблем, зачастую чисто технического характера. Ведь в условиях глубоководного водоема достаточно сложно извлечь ненарушенные образцы донных грунтов, и еще более проблематично отобрать пробу на всю толщу осадков. Для этого применялись дночерпатели различных конструкций (верхний слой осадков), грунтовые трубки (1–2 м), поршневые вакуумные трубки (10–12 м). В результате, уже к 80-м гг. прошлого века были получены достаточно полные сведения о распределении и составе грунтов поверхностного слоя (до 1 м), что позволило сделать обоснованные обобщения и выводы о строении верхней толщи отложений (Г. С. Голдырев, 1982, *Донные ...*, 1970). Слабо изученными оставались более глубокие слои (до 10–12 м) донных осадков, так как извлечь их образцы в тот момент не представлялось технически возможным. Недостаток информации привел к тому, что ряд специалистов имели ошибочные взгляды на условия формирования донных осадков и, соответственно, на историю развития озера (Путь познания Байкала, 1987). Только в результате глубоководного бурения, проводившегося по международному проекту «Байкал-бурение» в 1989–1999 гг., были получены образцы донных отложений Байкала с глубины до 670 м (*Глубоководное бурение ...*, 2001). Пристально изучались донные отложения и при глубоководных погружениях на подводных обитаемых аппаратах «Пайсис», проводившихся в 1977 г. и 1990–1991 гг.

На формирование донных отложений такого крупного озера, как Байкал оказывает влияние множество факторов: физико- и геолого-геоморфологические (морфология, рельеф и геоморфоло-

гические процессы котловины и водосбора, состав пород берегов и бассейна, неотектоника и сейсмичность, климат), гидрохимические (гидрохимия водоема и его притоков), гидрологические (водный сток и сток наносов, динамика водных масс озера), гидробиологические (продуценты органического вещества и породообразующие организмы) (Голдырев, 1982).

Основными источниками материала для формирования донных отложений являются: вещество, поступающее с речным стоком и атмосферными осадками; продукты разрушения берегов; отложения надводных склонов; остатки отмерших водных растений и животных.

Как показали данные геофизических исследований, в пределах Байкальской котловины накоплена огромная толща осадков. В Южной и Центральной котловинах озера мощность отложений составляет 7,5–8,0 км. Выделяется несколько зон с максимальной толщиной осадков (депоцентров): авандельта³ Селенги, район бухты Песчаной, северная оконечность о. Ольхон, район в непосредственной близости к Ольхонскому разлому с восточной стороны Академического хребта. В южном Байкале депоцентр располагается в осевой части котловины, а в Центральной котловине – приурочен к разлому западного борта впадины. К восточному берегу мощность осадков уменьшается до 2 км.

В Северной котловине мощность осадочных отложений изменяется от первых сотен метров на северо-западном склоне Академического хребта до 3,0–4,5 км с максимумами в районе авандельты р. В. Ангара, у западного берега у м. Елохин и в районе бухты Богучаны. Депоцентры, как и в Центральной котловине, приурочены к западному борту.

Слой осадков, накопленный за последние 10 тыс. лет, в различных частях озера весьма неоднороден и представлен образованиями, начиная от грубообломочных отложений и заканчивая пелитовыми (глинистыми) илами (табл. 2.2). Варьирует и мощность отложений – от первых сантиметров до 8–10 м. Наиболее велика толща осадков в западной части дна котловины озера. Однако здесь же, в пределах крутых подводных склонов, можно наблю-

³ Авандельта – подводная часть дельты реки.

дать скальные выходы, не покрытые рыхлыми осадками. Кроме того, довольно широко представлены плотные глины и пески, характеризующие условия осадконакопления, отличающиеся от современных. Как показали данные глубоководного бурения и изучения диатомовых комплексов, граница между глубоководными илами и плотными глинами соответствует границе между голоценовыми (современными) и позднелайстоценовыми отложениями (Вологина и др., 2007).

Таблица 2.2

Классификация терригенных отложений (по Н. М. Страхову, 1960)

Тип отложений терригенных осадков	Ср. диаметр частиц, мм
Пески	> 0,1
Крупноалевритовые илы	0,1–0,05
Мелкоалевритовые илы	0,05–0,01
Глинистые (пелитовые) илы	< 0,01

Источники поступления осадочного материала в котловину озера отражены на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Ряды значимости процессов в сносе вещества в Байкал (Б. П. Агафонов, 1990)

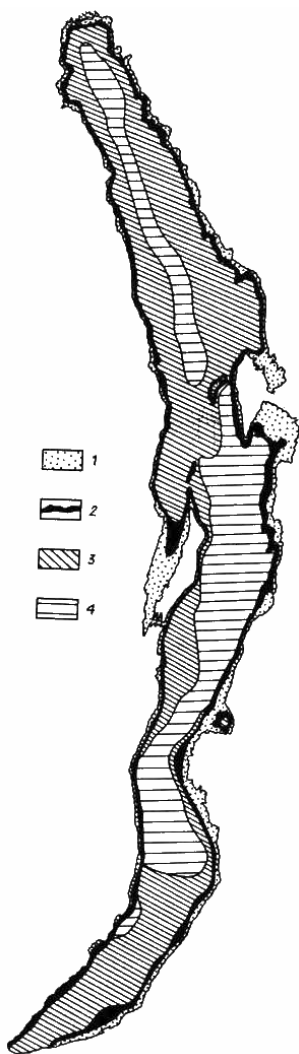


Рис. 2.12. Распределение современных донных отложений оз. Байкал (Голдырев, 1982).

1 – пески; 2 – крупноалевритовые илы; 3 – мелкоалевритовые илы; 4 – пелитовые илы

Таким образом, по данным Б. П. Агафонова (1990), за год в Байкале в среднем поступает около 15,1 млн т вещества (рис. 2.12). Величина выноса вещества р. Ангарой составляет около 6 млн т/год (Вотинцев и др., 1965), и, таким образом, в озере аккумулируется около 9 млн т/год.

Для **верхнего современного слоя** осадков Байкала, как и для большинства крупных озерных бассейнов, в общих чертах соблюдается следующая закономерность: в береговой зоне сосредоточена наиболее крупная фракция отложений, тогда как в глубоководных частях котловин – наиболее мелкая (рис. 2.12).

Вдоль скалистых берегов, в зоне активной волновой деятельности, на скалистых мысах широко представлены грубообломочные отложения – крупные валуны, галечные и гравийные грунты, часто в различных пропорциях сочетающиеся с крупнозернистыми песками.

Область отложения грубообломочного материала вдоль достаточно крутого западного берега озера достаточно узка и составляет от 300–500 м в южной котловине, до 2–3 км – в северной. У более пологого восточного берега ширина зоны может варьировать от 2,5 до 5 км от берега.

Преимущественные глубины распространения грубообломочного

материала – 20–30 м, реже до 50 м. В отдельных случаях на западном склоне озера и на крутом восточном склоне о. Ольхон грубообломочные отложения представлены очень широко вплоть до дна озера. Отмечается, что, если в верхней части склонов (до 400 м) еще можно встретить материал, привнесенный из прибрежной зоны, то на больших глубинах распространены продукты местного разрушения скальных стенок. В зависимости от характера коренных пород размер обломков может составлять от 3–4 м для мраморов до 10–30 см для гнейсов. Они очень подвижны и легко смещаются вниз, образуя осыпи у подножия склона, часто перекрытые тонким слоем ила мощностью 5–10 см (Бухаров, Филалков, 1996).

Окатанность грубообломочных отложений различна, но в целом отмечается более высокая степень обработки материала, приуроченного к восточному берегу озера.

По мере удаления от берегов и наиболее активной гидродинамической области, а также в придельтовых участках с глубин 10–15 м широкое распространение получают пески различной размерности. Причем, с нарастанием глубин уменьшается их зернистость и увеличивается доля алевритового материала.

Песчаные отложения распространены до глубин 100–150 м, хотя могут встречаться и значительно глубже (например, до 1200 м у м. Ижимей).

Окраска песков определяется минералогическим составом и может быть серой, темно-серой, коричневой и желто-серой, изредка светло-серой и белой. Чаще всего состав песков полимиктовый (состоит из множества порообразующих минералов). Велика примесь более мелкого алевритового и пелитового материала, а также растительного детрита – обломков древесины, остатков травяной растительности.

В авандельте Селенги пески располагаются обычно до глубин 15–20 м, редко до 30–40 м. Наиболее широко представлены мелко- и среднезернистые разности. В устье р. В. Ангара ширина зоны песков достигает 4,5 км. В Малом Море преимущественно распространены мелкозернистые пески, где они занимают полосу дна от берега вплоть до середины пролива, при этом отличаются хорошей сортированностью, особенно со стороны о. Ольхон. В Баргузинском заливе ширина зоны песков увеличивается до 15–18 км,

занимая почти половину залива. Песками покрыто дно Курбуликского залива и почти половина залива Провал.

Глубоководные склоны и днище Байкальской котловины покрыты илами, которые занимают до 90 % всей площади дна озера. Здесь встречаются преимущественно крупноалевритовые, мелкоалевритовые и пелитовые илы.

Крупноалевритовые илы распространены преимущественно на склонах котловины в виде узкой полосы шириной от 300 м до 1,5 км, примыкающей к зоне песков. Они обычно занимают интервал глубин от 50 до 400 м, хотя могут встречаться и глубже (например, зал. Лиственничный). В зависимости от крутизны склонов и скорости смещения материала, илы сочетаются с отложениями более крупной размерности вплоть до крупнозернистых песков, что определяет неоднородность, «пятнистость» зоны. В наибольшей степени это касается западного крутого борта котловин озера.

Окраска илов серая, темно-серая, с различными оттенками, чаще бурыми, реже зеленоватыми. По консистенции чаще вязкие, реже полужидкие, иногда уплотненные. Обычно содержат примесь песчаного, мелкоалевритового или пелитового материала, растительных остатков и панцирей диатомей.

Мелкоалевритовые илы занимают большую часть дна озера, и наиболее широко представлены в Северной и Южной котловинах Байкала, где распространены на глубинах от 25 до 1550 м. По внешнему виду это тонкие илы, светло-серые до темно-серых, часто с коричневатым оттенком, иногда почти черные, мягкие, вязкие, реже полужидкие. Обычно и значительна примесь более мелкого пелитового материала и панцирей диатомовых водорослей.

Пелитовые (глинистые) илы занимают центральные наиболее глубокие участки дна озера и широко распространены в Центральной котловине озера. Имеют различную по интенсивности окраску, иногда с зеленоватым, голубоватым и буроватым оттенком. Обычно слабо пластичны, содержат незначительную примесь алеврита и песка. Часто велика доля остатков диатомей, иногда достигающая до 60 %, что переводит такие илы в разряд диатомовых.

К диатомовым отложениям относят осадки, содержащие от 10 % и более панцирей диатомовых водорослей и спикул губок. Преимущественно это мелкоалевритовые и пелитовые илы. Граница распространения диатомовых илов составляет около 300–500 м

у восточного берега и 700–1400 м – у западного. Илы с содержанием диатомей до 40–50 % обычно мягкие, часто полужидкие, коричневатого-серого цвета со специфическим белесым оттенком. В сухом состоянии очень пористы и легки.

В верхней части глубоководные илы чаще всего имеют полужидкую консистенцию, что позволяет живым организмам, обитающим здесь, глубоко проникать в глубь толщи. Так, с подводных спускаемых аппаратов (ПОА) «Пайсис» и «Мир» наблюдали, как голомянки погружались в ил вниз головой почти на всю длину тела. Наблюдатели отмечали (Бухаров, Фиалков, 1996), что в результате такой «деятельности» донных организмов отложения глубоководных илов часто имеют мелкобугристую поверхность.

В глубоководных отложениях озера довольно хорошо выражена ритмичность в строении толщи осадков. В пределах разреза наблюдается чередование нескольких ритмов, каждый из которых начинается наиболее крупным материалом – мелкозернистым песком или крупным алевритом, который постепенно сменяется все более мелким материалом вплоть до пелитового ила. При этом нижняя часть ритма, наименьшая по мощности, имеет тонкую слойчатость, обусловленную дифференциацией минерального состава. Мощность каждого ритма может быть от 1 до 60 см, они могут следовать один за другим или прерываться обычными пелитовыми или диатомовыми илами (Голдырев, 1982). Подобная ритмичность осадков широко распространена в пределах дна всех котловин Байкала, но наибольшее их развитие характерно для северного Байкала.

Описываемая особенность разреза байкальских отложений не является уникальной для подводного осадконакопления, но уникальной для пресноводного водоема. Подобные ритмы отмечены для донных осадков морских бассейнов зоны континентальных окраин. Обусловлены они развитием мутьевых (суспензионных) потоков и отложения, формируемые ими, называются турбидитами. Широкому развитию турбидитов способствует целый набор факторов: наличие источников осадочного материала, высокая сейсмичность, активные экзогенные процессы (сели, оползни), котловинный тип озера и его глубоководность, крутые подводные склоны и относительно ровное дно. Принимая во внимание высокую энергию мутьевых потоков, крутые борта подводных бортов

котловин Байкала, можно предполагать, что отложения этих потоков могут полностью перекрывать дно впадин.

Таким образом, для формирования донных осадков Байкала характерны как процессы спокойного озерного осадкообразования, так и лавинной седиментации (Лисицин, 1991).

Проведенные работы по проекту «Байкал-бурение» позволили выяснить условия осадконакопления в различных частях озера на протяжении сотен тысяч лет, при этом были выявлены значительные отличия в процессах и скорости накопления осадков (рис. 2.13). Доказано существование Байкала как глубоководного озера на протяжении не менее 6–7 млн лет. Возраст вскрытых осадков в оз. Байкал составляет около 10 млн лет (Глубоководное бурение ..., 2001).

Скважины, пробуренные в пределах Академического хребта, показали, что при формировании осадочной толщи основное значение имело глубоководное озерное осадконакопление, для которого свойственно поступление осадочного материала только из водной толщи, без участия вещества приносимого с берегов. В результате накапливается толща осадков, представленная плотными тонкозернистыми алеврито-пелитовыми илами. Характерным является отсутствие перерывов и несогласий в залегании осадков, а также ритмичность разреза, связанная с чередованием прослоев терригенных глинистых осадков и диатомовых илов.

Скорость накопления осадочной толщи в пределах Академического хребта составляет около 4 см/1000 лет в верхней 277-метровой толще, увеличиваясь на глубине 480 м почти до 14 см/1000 лет.

Разрез донных отложений, полученный в результате бурения на Бугульдейской перемычке и дне центральной части Южной котловины озера, характеризуется ярко выраженными процессами лавинного накопления осадков. Так, в скважинах, наряду с глубоководными озерными осадками, в разрезах широко представлены (до 60–80 %) турбидитовые прослои, сложенные гравийно-песчаным материалом. В них четко выражена смена грубозернистого материала в основании прослоя (до 95 % песчаной фракции) к все более мелкому в его верхней части (около 3 %), постепенно переходящему в глубоководные озерные отложения (песок – алевропелитовый ил – пелитовый ил). На Бугульдейской перемычке скорость седиментации составляет около 15 см/1000 лет.

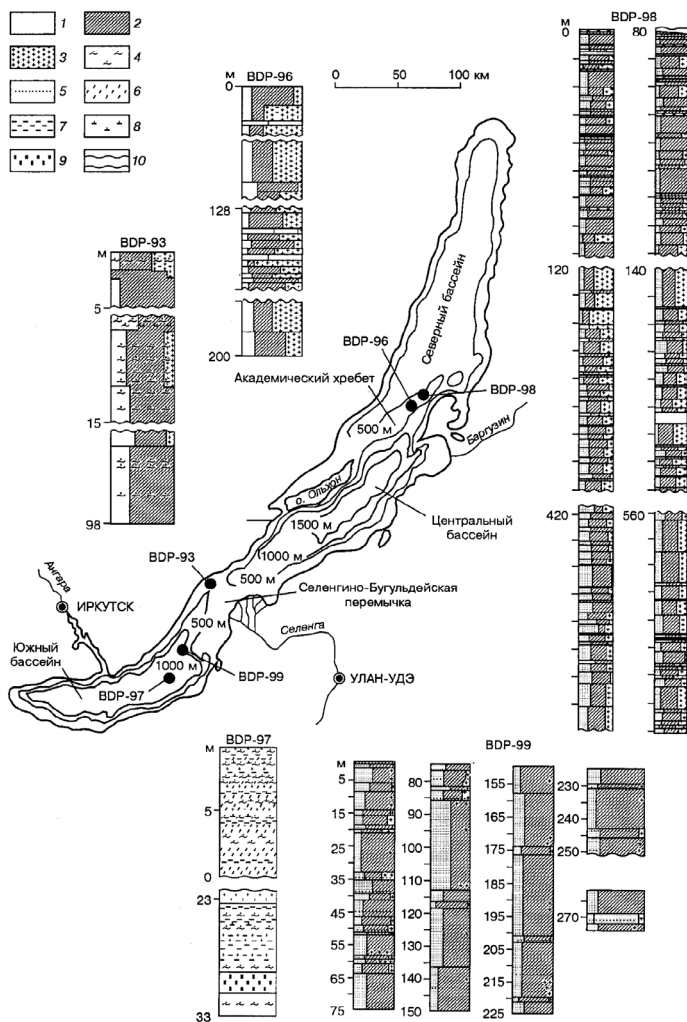


Рис. 2.13. Места бурения скважин и разрезы осадочной толщи. Кружками показаны места бурения скважин (Глубоководное бурение ..., 2001).

В колонках показаны разрезы осадочной толщи, пройденные при бурении. 1 — мелкий песок или алевроит; 2 — материал глинистой размерности; 3 — остатки диатомовых водорослей, отдельные крестики на фоне косой штриховки — единичные остатки диатомей; 4 — нижняя граница турбидитных прослоев; 5 — грубозернистый материал турбидитных прослоев; 6 — пелитовый ил с редкими диатомеями глубоководных котловин; 7 — глинистые прослои в глубоководных котловинах; 8 — остатки растительности; 9 — шлам; 10 — пропуск в разрезе

Несколько иной разрез отложений был получен на Посольской банке Байкала (Высокоразрешающая ..., 2004). Было выделено три толщи. Верхняя, от 0 до 120 м, представлена биогенно-терригенными илами. Следующая, от 120 до 230 м, выполнена алевритистыми глинами с довольно однородным составом. Нижняя, от 230 до 325 м, сложена алевритистыми глинами со значительной примесью песчаного материала. В некоторых прослоях выражена градационная слоистость. Плотность осадков значительно выше, чем в других районах озера, где проводилось бурение. В данном разрезе впервые была установлена потеря осадков за интервал около 200 тыс. лет, вероятно, обусловленная тектоническими движениями Посольского блока. Этими чертами разрез отличается от других, полученных при бурении. Скорость осадконакопления составляет около 16 см/1000 лет в верхней 126-метровой толще, однако ниже выявлены рекордные для Байкала скорости осадконакопления – до 1,7 м/1000 лет. Скорее всего, это определялось прямым поступлением осадочного материала из р. Селенги в период времени от 0,82 млн лет до 1,3 млн лет. В дальнейшем произошло поднятие восточного крыла Посольской банки, совпадающее по времени с приморской фазой необайкальского этапа развития впадины озера. Рассчитанная скорость поднятия блока составляла около 4,5 мм/год.

2.5. История формирования Байкальской котловины

Длительное изучение Байкальской котловины и прилегающих районов методами геологии, геофизики, палеогеографии позволило накопить большой объем материалов для составления единой схемы развития региона (Мац и др., 2001; Мац, Щербаков, 2008).

Выделено два основных этапа (мегаэтапа) развития территории – дорифтовый и рифтовый.

Дорифтовый мегаэтап охватывает гигантский промежуток времени с начала протерозоя до конца мезозоя, когда происходило формирование и преобразование литосферы региона. Неоднородности земной коры, созданные на этом этапе, в дальнейшем значительно повлияли на заложение и развитие всей Байкальской рифтовой системы. На этом этапе происходило становление

структур древней Сибирской платформы, которые в настоящее время наиболее полно представлены в пределах западного борта Байкальской котловины и фанерозойской Саяно-Байкальской области, слагающих восточный борт впадины.

Рифтовый мегаэтап. Его начало относят к концу мела, т. е. продолжительность составляет около 70 млн лет. Мегаэтап разделяют на два этапа: крипторифтовый (около 43 млн лет) и рифтовый (около 27 млн лет).

Крипторифтовый этап охватывает промежуток времени от позднего мела до раннего олигоцена (70–27 млн лет назад). Это время характеризуется спокойным тектоническим режимом, проявившимся на всей территории Центральной Азии. Прибайкалье представляло собой денудационное плато с очень незначительным вертикальным расчленением. Преимущественное развитие получил равнинный и равнинно-холмистый рельеф (мел-палеогеновый пенеплен). В условиях жаркого (среднегодовые температуры около плюс 15–20 °С, а к середине эоцена – до плюс 20–23 °С) и влажного (до 1200–1300 мм в год) субтропического и тропического климата происходило накопление мощной латерит-каолининовой коры выветривания, в которую были неглубоко врезаны долины рек. Широкое развитие получили хвойно-широколиственные леса субтропического и тропического облика.

На этом этапе, в зоне контакта Сибирской и Амурской литосферных плит, в условиях растяжения, начинается заложение Байкальской рифтовой системы. Это выразилось в формировании широких прогибов, в пределах которых располагались озера, обладающие глубиной в первые десятки метров, но, вероятно, были большими по площади и представляли собой аллювиально-озерно-болотные системы, в которых погружение дна в значительной мере компенсировалось накоплением осадков – глинистых каолинистых илов, гравия и мелких галечников.

Эти озера имеют большое значение в формировании уникальной фауны Байкала. В них сохранились и получили дальнейшее развитие организмы из многочисленных мел-палеогеновых озер Монголии и Западного Китая, где они погибли в результате похолодания конца олигоцена (Мартинсон, 1998).

В обрамлении прогибов формировались слабо возвышенные плато с останцовыми горами.

Рифтовый этап. Начало этого этапа отмечено усилением активности тектонических движений (тункинская фаза тектоногенеза позднего олигоцена). Произошло погружение рифтовых впадин и некоторое поднятие их обрамления, усилился эрозионный врез и изменился характер формирующихся отложений.

В пределах рифтового этапа выделяют две стадии: протобайкальскую и необайкальскую.

Протобайкальская стадия (поздний олигоцен – ранний плиоцен) (27–3,5 млн лет назад) характеризуется усилением процессов погружения байкальских впадин, контролируемых мощными зонами разломов земной коры, с формированием глубоководных озер. Сводовые поднятия обрамления котловины были весьма незначительны. Это привело, с одной стороны, к понижению базиса эрозии, интенсивному расчленению краевых частей бортов впадины и накоплению грубообломочного материала. С другой стороны, продолжали сохраняться слабо расчлененные поверхности мел-палеогенового пенеппена. На протяжении всей стадии ведущим процессом являлось погружение рифтовых впадин с подчиненной ролью поднятий.

Протобайкальскую стадию, в свою очередь, разделяют на две подстадии: *раннюю (27–10 млн лет назад) и позднюю (10–3,5 млн лет назад)*. Разделение проведено по деформациям миоценовых отложений дна Малого моря и Академического хребта, что связывают с маломорской фазой активизации тектонических движений.

На ранней подстадии был сформирован обширный (от побережья Хамар-Дабана до Святого Носа) и глубокий (до 400 м) водный бассейн в Южной и Центральной впадинах Байкала. На крайнем северо-востоке Северной впадины, вероятно, имелось глубоководное озеро, не связанное с южным и отделенное от него перемычкой на месте современных Ольхонского блока и Академического хребта.

Около 17 млн лет назад начинается развитие Маломорского рифта.

В интервале 21–17 млн лет назад происходят обширные излияния лав в Южно-Байкальской вулканической области, образо-

вавшие крупное лавовое плато, бронирующее вершины хребта Хамар-Дабан (Кузьмин, Ярмолюк, 2006). Непосредственно в Байкальской впадине вулканических образований не выявлено.

За счет скалывания и погружения узких пластин горных пород в зоне Ольхонского разлома происходит разрушение северо-западного борта Центральной котловины, которое в дальнейшем, на поздней подстадии, приводит к трансгрессии вод южного бассейна в район Малого моря и северной котловины по проливам центральной части Академического хребта и между Святоносским и Ушканским блоками.

В этот период климат территории характеризуется как теплый субтропический со среднегодовыми температурами в плюс 10–12 °С. На берегах озер произрастают хвойно-широколиственные леса. Однако постепенно идет понижение температур и переход к умеренному климату, что отразилось в появлении мелколиственных видов.

Необайкальская стадия (3,5 млн лет назад – до настоящего времени) характеризуется значительной активизацией тектонических движений не только в пределах Байкальской рифтовой зоны, но и в Центральной Азии в целом.

В Прибайкалье происходит усиление вертикальных тектонических движений, что ведет к росту Байкальского свода, углублению и разрастанию рифтовых впадин, где идет накопление моласовых отложений. Поднимающиеся горные сооружения подвергаются интенсивной морфоскульптурной обработке.

В пределах данной стадии выделяются три подстадии, каждая из которых разделена вспылками тектонической активности, проявившейся в Байкальской котловине и повлекшей значительные изменения в строении котловины. Это ранняя (3,5–0,8 млн лет назад), средняя (800–150 тыс. лет назад) и поздняя (150–0 тыс. лет назад).

Ранняя подстадия (верхнеплиоцен-эоплейстоценовая) определяется мощными вертикальными движениями, сдвиговыми деформациями, значительным расчленением бортов впадины. Произошло поднятие Ольхонского блока и осушение существовавшего ранее залива Байкала в пределах Маломорского рифта. Формировались небольшие впадины по восточному побережью борта котловины (Давшинская). Хотя и продолжалось углубление

и расширение озер, расположенных в северной котловине и объединенной южной и центральной, они по-прежнему были разделены сухопутной перемычкой. Вероятно, к этому же времени относится осушение Тункинской, Баргузинской и Верхне-Ангарской впадин.

Сток байкальских вод происходил по долине пра-Манзурки (Голоустенско-Манзурская древняя долина) в Лену (рис. 2.14).

На этом этапе проявляется и первое значительное похолодание климата, которое подтверждается появлением в интервале 2,82–2,48 млн лет среди донных отложений Байкала ледниковых глин, что свидетельствует о том, что в это время вокруг озер Байкальской котловины уже были горы, в пределах которых возможно развитие горного оледенения (Кузьмин, 2006). Произошло значительное расширение площади степных и лесостепных растительных сообществ, при сокращении доли лесных.



Рис. 2.14. Эволюция стоков Байкала (Мац и др., 2001):

1 – ленское направление (2–0,5 млн лет назад); 2 – енисейское направление (500–60 тыс. лет назад); 3 – современный сток

Следующий минимум похолодания в Байкальском регионе отмечается на временном рубеже в 1,75–1,45 млн лет назад, формировалась растительность лесотундрового облика. Произошло почти полное исчезновение умеренно-термофильных видов дендрофлоры и развитие холодостойкой бореально-таежной растительности (Глубоководное бурение ..., 2001).

Средняя подстадия характеризуется резко дифференцированными движениями в зоне Обручевского сброса, что проявилось подъемом западного борта Байкальской котловины и опусканием ее днища. Это привело к прекращению ленского направления стока в интервале 800–400 тыс. лет и значительно-

му повышению уровня Байкала. Как следствие, произошло формирование единого ультраглубокого водного бассейна, глубины которого достигали 1000 м. Вполне вероятно, что поднятие уровня Байкала в среднем плейстоцене могло составлять около 100–120 м выше современного. Оставаться бессточным длительное время Байкал не мог, и вероятным каналом стока могла явиться Култучно-Ильчинская долина, через которую воды Байкала направлялись в Иркут.

Резкие колебания климата на протяжении последних 800 тыс. лет истории байкальской территории зафиксированы в отложениях дна озера. За этот период в разрезе байкальских осадков отмечается 10 богатых и 9 бедных раковинами диатомовых интервалов (Кузьмин, 2006), что свидетельствует о многократных периодах значительного похолодания и формирования ледников в пределах окружающих Байкал горных сооружений. Ледники существовали на Северном (Байкальский и Баргузинский хребты) и Южном Байкале (Хамар-Дабан) (рис. 2.15). Они неоднократно спускались к берегу озера и, вероятно, непосредственно в него, что вело к образованию айсбергов.



Рис. 2.15. Районы распространения плейстоценовых ледников (показаны штриховкой) (Предбайкалье и Забайкалье, 1965)

К настоящему времени наиболее обоснованным является выделение четырех эпох оледенения: максимальной самаровской (300–250 тыс. лет назад), тазовской, зырянской (80–50 тыс. лет назад) и сартанской (25–10 тыс. лет назад).

В эпоху максимального среднеплейстоценового оледенения (самаровское время – конец первой половины среднего плейстоцена) платообразные вершины гор были покрыты полупокровными ледниками скандинавского или шпицбергенского типа. Их языки спускались в береговую зону Байкала, возможно, образуя подгорные ледники. Морены максимального оледенения установлены на западной и восточной сторонах Северо-Байкальской впадины. В настоящее время большая часть этих отложений располагается либо ниже уровня вод озера, либо на отметках высоких байкальских террас (120–150 м). Как в том, так и в другом случае они значительно переработаны, что затрудняет их идентификацию.

Последующие оледенения имели горно-долинный характер и их выводные языки в некоторых случаях достигали берега озера или останавливались недалеке от него. Морены этого времени отмечены по долинам рек Северного Байкала: Тья, Рель, Фролиха, Томпуда, Большая и др.

Выделение *поздней подстадии* связано с возросшей интенсивностью тектонических движений, которые привели к резкому воздыманию горного окружения Байкальской впадины и к погружению ее днища. Значительно возросло вертикальное расчленение рельефа за счет интенсивной глубинной эрозии. В это время Байкал приобретает облик близкий к современному.

Подробнее с этапами развития оз. Байкал и его котловины можно ознакомиться в монографии «Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Строение и геологическая история» (Мац и др., 2001).

2.6. Полезные ископаемые

В пределах водосбора озера на данный момент открыто более двухсот месторождений полезных ископаемых. Однако мы ограничимся описанием только тех из них, которые расположены непосредственно в Байкальской котловине.

Нефть. Нефтепроявления на Байкале были известны еще первым русским первопроходцам в конце XVII – начале XVIII вв. Это были шарики вязкой нефти, всплывающей со дна и образующей нефтяные пленки и пятна на водной поверхности, битумы в береговых обрывах, периодически обнаруживаемый на пляжах и в воде озокерит. Первые поисковые работы на нефть в Сибири проводились на Байкале еще в 1875 г. За этот период дальнейших исследований были пробурены многочисленные скважины (некоторые глубиной до 800 м), обнаружены пески, пропитанные нефтью, интенсивное газопроявление и т. д. Было установлено, что в воды озера поступает около 15 т нефти в год. Работы продолжались до второй половины XX в., вплоть до момента открытия месторождений западносибирской нефти, тогда интерес к ее поискам на Байкале угас.

В последние годы были изучены районы интенсивного нефтепроявления Среднего Байкала в устье р. Стволовая, у мысов Толстый и Горевой Утес (Нефтегазоносность ..., 2007; Нефть в озере ..., 2007). Авторы указанных работ пишут, что, в результате аналитических исследований проб, подтверждается гипотеза об олигоцен-раннемиоценовом возрасте байкальской нефти, источником которой является органическое вещество глубоководных пресноводных водоемов, с существенным содержанием остатков высшей наземной растительности, что говорит об озерном или дельтовом генезисе нефтематеринских отложений. Скорее всего, разгрузка нефти идет по зонам разломов, которые обеспечивают высокую проницаемость пород осадочного комплекса.

Нефтепроявления в акватории озера отмечаются на удалении до 1,5 км от берега и в основном выходы нефти приурочены к восточному берегу Южного и Среднего Байкала, на участке от дельты Селенги до Баргузинского залива. Любопытно, что в районах максимального скопления нефти отмечается высокое количество нефтеокисляющих бактерий, которые перерабатывают поступающую нефть. В настоящее время микробиологами ведутся интенсивные исследования этих бактериальных сообществ, в расчете на возможность использования их для очистки вод от нефтяного загрязнения.

Газогидраты. Еще в 70-х гг. XIX в. Сибирским отделением Русского географического общества направлялись исследователи

для изучения выходов газа в пределах озера. Интересная подборка исторических материалов по этому вопросу приводится в статье (Гранин, Гранина, 2002). В дальнейшем интерес к этому вопросу не ослабевал.

Значительным толчком к изучению газоносности акватории Байкала явились работы по сейсмическому исследованию осадочной толщи Байкала, проводимые в 1989–1992 гг. На полученных сейсмических профилях впервые была выявлена нижняя граница так называемой зоны стабильности гидратов (ЗСГ), что явилось косвенным признаком наличия на дне озера газогидратов. Прямые подтверждения были получены несколько позднее, в 1997 г., когда в ходе буровых работ по проекту «Байкал-бурение» с глубины 120 и 160 м под поверхностью дна были подняты кристаллы газовых гидратов.

Что же представляют собой газовые гидраты? Это твердые кристаллические вещества, являющиеся классическими представителями клатратных соединений и по внешнему виду напоминающие снег или рыхлый лед. В свою очередь, клатраты (с латинского – защищенный решеткой) – это вещества, в которых молекулы газа (метана) располагаются в полостях каркаса, образованного молекулами воды. Необходимыми условиями для формирования этих веществ являются низкие температуры и высокое давление, достаточное количество воды и газа. Газогидраты образуются в районах распространения многолетней мерзлоты, а наиболее широко в глубоководных осадках морей и океанов, в пределах зоны термодинамической устойчивости (ЗСГ). В океанах эта зона начинается с глубин от 200 м в высоких широтах и до 700 м – в низких. В районах многолетней мерзлоты – почти от поверхности (Дядин, Гушин, 1998; Газогидраты ..., 2005).

Повышенное внимание к газогидратам обусловлено тем, что с момента своего обнаружения в 1969 г. запасы углеводородов в газогидратном виде к настоящему времени оцениваются в $2 \cdot 10^{16}$ м³, это заметно превышает запасы всех вместе взятых видов топлива на Земле. Кроме того, в связи с тем, что газогидраты находятся на границе фазовой устойчивости, изменения температуры или давления могут привести к их разрушению с выделением значительного количества метана, что будет способствовать развитию «парникового эффекта» и соответственно изменению климата планеты.

В донных отложениях Байкала имеются все необходимые условия для формирования газогидратов – низкие температуры вод озера, большие глубины, значительные объемы органики, большая часть которой поступает в виде растительного детрита со стоком рек. Например, только р. Селенга поставляет в озеро от 57 до 630 тыс. т органического углерода. Еще больше его образуется в результате ежегодного отмирания фитопланктона (около 4 млн т).

В настоящее время максимальное газовыделение зафиксировано у восточного берега в районе авандельты р. Селенги и в заливе Провал. При сейсмозондировании, границы ЗСГ были прослежены на значительных площадях на дне Южной и Центральной котловин озера к югу и северу от дельты р. Селенги, что говорит о широком распространении газогидратов в донных отложениях озера. Отмечены разрывы границы ЗСГ в зонах разломов, что говорит о нарушении слоя газогидратов и высвобождении метана. Это подтверждено в 1999 г. при обнаружении на дне Байкала южнее дельты Селенги цепочки грязевых вулканов (Маленький, Большой, Старый и Малютка), расположенных вдоль зоны разлома на глубине 1350 м. Они имеют неправильную форму и достигают в поперечнике 900 м, а высоты до 200 м. Из отложений конуса одного из вулканов извлечены газогидраты с глубины всего от 15 до 40 см ниже уровня дна. Зафиксированы и выбросы струй газа и воды высотой до 25 м. Химический анализ воды показал высокое содержание метана. В будущем возможно открытие других газовыделяющих структур различного типа в пределах авандельты Селенги и прилегающих участков дна. В настоящее время суммарный дебит газовыделений в этом районе Байкала оценивается в 20 м^3 в год (Проблемы нефтегазоносности ..., 2005). При этом Н. Г. Гранин и Л. З. Гранина (2002) на основе анализа исторических данных делают вывод о снижении газовыделения в озере на протяжении последних 50 лет, что, по их мнению, связано с некоторым снижением тектонической активности в Байкальской котловине в XX в.

Изучение процессов газовыделения на Байкале необходимо, так как в условиях активизации тектонических движений возможен самопроизвольный выброс больших количеств метана, что может повлиять на экосистему озера и значительно сказаться на

рельефе дна. С процессами разрушения газогидратного слоя связывают развитие таких опасных процессов, как подводные оползни и обвалы. Районы интенсивной разгрузки газа, по мнению многих исследователей, определяют формирование пропарин в ледовом покрове озера.

Золото. Западное побережье озера входит в состав Прибайкальского золотоносного района. Здесь имеются как коренные, так и россыпные месторождения золота (Суходолов, 1998). Известные коренные месторождения золота располагаются за пределами территории Байкальского водосбора (верховья р. Лены). Россыпи приурочены в основном к аллювиальным отложениям долин рек и ручьев.

На берегах Байкала разработка россыпей началась в 40-х гг. XIX в., т. е. на десятилетие раньше, чем в Лено-Витимском районе. К началу XX в. разрабатывалось около 15 участков, расположенных в основном на юго-западном побережье озера (реки Крестовка, Б. Коты, Черемшанка). Россыпи были известны в районе р. Сарма в Приольхонье, и в бассейне р. Тья на северной оконечности озера. Ежегодно добывалось до 40 кг золота. Всего за период добычи было извлечено около 1 т золота.

Добыча золота на берегах озера продолжалась до 50-х гг. XX в. Так, в районе пос. Б. Коты разрабатывались россыпи не только на суше, но и в прибрежной зоне, при этом использовалась драга с объемом черпака 50 л и ежегодной добычей до 12 кг золота. Остатки этого механизма до сих пор можно увидеть в долине р. Б. Коты.

Необходимо заметить, что россыпи отработаны не полностью, но утратили свое промышленное значение. В последние годы были попытки использовать их для привлечения туристов при организации «золотопоисковых» туров.

Месторождения **слюды-флогопита, мраморов, кристаллического графита** открыты и разрабатываются в Слюдянском горнорудном районе, крупнейшем и единственном центре горнодобывающей промышленности на Байкале. Первые упоминания об этом районе относятся к XVIII в. и связаны с открытием и началом освоения крупных месторождений слюды-флогопита, которая добывалась здесь подземным способом с 60-х гг. XVIII в. вплоть до 1974 г. Качество добываемой слюды было очень высоким, и

она считалась лучшей в России. Добыча была прекращена по причине снижения спроса на листовую слюду. Оставшиеся запасы флогопита оцениваются в 111,3 тыс. т.

В 1957 г. начались разработки мраморов месторождения «Перевал» (запасы около 108 млн т). В основном, добываемый материал служит сырьем для производства цемента и извести на предприятиях Иркутской области. В меньшем объеме ведется производство мраморной крошки и облицовочного камня (карьеры «Буровщина» и «Динамитный»).

В районе г. Слюдянка имеется крупное месторождение кристаллического графита – Безымянное. Запасы сырья составляют около 750 тыс. т.

Список минералов, встречающихся в Слюдянском районе, включает в себя почти 200 наименований. Недаром эту территорию причисляют к разряду уникальных научных полигонов для минералогов, петрологов, геохимиков, тектонистов. Здесь обнаружены редчайшие минералы и их разновидности, открыты новые, которых нет нигде в мире. В XVIII в. в долине р. Слюдянки впервые в России был обнаружен ценный ювелирно-поделочный камень – лазурит. Несколько позже были найдены его крупные коренные месторождения в бассейне р. М. Быстрая.

Минералогическое разнообразие обусловлено особенностями геологического субстрата – слоистых глубоко метаморфизованных пород венда-ордовика (Эволюция Земли..., 2008).

Следует отметить, что наряду со Слюдянкой, на берегах Байкала можно выделить еще один район, который с полным правом относят к геологическим памятникам минералогического типа мирового значения. Это **Тажеранский массив**, расположенный на западном берегу озера в 20 км к юго-западу от южной оконечности о. Ольхон. К настоящему времени здесь уже обнаружено около 150 минералов, многие из которых относят к числу редчайших или встречающихся только здесь.

К числу не разрабатываемых на настоящий момент месторождений полезных ископаемых на побережье Байкала можно отнести:

- Сарминское фосфоритное месторождение, расположенное в Ольхонском районе вблизи пос. Курма. Запасы фосфоритов составляют более 1 млн т.

- Бугульдейское месторождение мрамора, расположенное в 2,5 км северо-западнее пос. Бугульдейка, с запасами сырья более 10 млн т. Мрамор обладает высокими декоративными свойствами.

- Усть-Ангинское месторождение известняков, которые могут быть использованы в металлургической и химической промышленности.

- Заворотненское месторождение микрокварцитов, расположенное в 7 км северо-западнее бухты Заворотная. Микрокварциты этого месторождения относятся к разряду лучших природных абразивных материалов в мире. С 1975 по 1993 гг. экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» производилась добыча этого минерала открытым способом.

- Многочисленные месторождения строительных материалов (глины, пески, гнейсы, граниты и др.).

Минеральные воды. В соответствии с районированием природных минеральных вод, котловина озера относится к Байкальской области азотных и метановых терм (Ломоносов, 1974).

Наиболее широко здесь представлены термы, газирующие азотом. Они распространены в области развития кислых изверженных и метаморфических пород протерозоя и начала палеозоя и приурочены к зонам высокой неотектонической активизации рифтовой зоны. С континентальными терригенно-угленосными отложениями кайнозойских котловин байкальского типа связаны метановые термы, преимущественно вскрытые скважинами.

Подавляющая часть гидротерм Байкала располагается по восточному побережью озера, что определяется системами глубинных разрывных нарушений и зонами их пересечений. Источники расположены к северу от устья р. Селенги почти до северной оконечности озера (Горячинский, Святоносовский, Кулиных Болот, Змеиный, Давшинский, Фролихинский, Хакусский). На западном берегу озера отмечен только один термальный источник – Котельниковский. Кроме естественных выходов термальных вод, в дельте Селенги у с. Сухая Загза были пробурены две скважины (150 и 277 м глубиной), которые дали минеральные воды.

Термы байкальского побережья отличаются весьма разнообразными и зачастую значительными дебитами. Одним из наиболее мощных источников является Хакусский с самоизливом в 3500–

4000 м³ в сутки, для остальных дебиты составляют от 200 до 700 м³ в сутки.

По температуре термы разделяют на: теплые – Фролихинский (32 °С), скв. Сухая Загза (27 °С); горячие – Змеиный (39,8 °С), Давшинский (41,5 °С); остальные источники относятся к разряду очень горячих с температурой от 42 до 60 °С (Котельниковский – 62 °С).

Все термы имеют минерализацию в среднем от 200 до 600 мг/дм³. Примечательным является высокое содержание кремнекислоты, изменяющееся от 30 до 80 мг/дм³.

Азотные термы по химическому составу подразделяются на 4 типа (Ломоносов, 1974):

- горячинский тип – сульфатные натриевые кремнистые гидротермы. Это Горячинский, Хакусский и Давшинский источники. Аналоги терм горячинского типа в мире очень немногочисленны;

- аллинский тип – гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные натриевые термы. Это Змеиный и Фролихинский источники. Терм этого типа много на Памире, Тянь-Шане, Алтае, в Болгарии, Корее и др.;

- кульдурский тип – фторидно-гидрокарбонатные, а также фторидно-сульфатно-гидрокарбонатные натриевые термы. Это Котельниковский и Давшинский источники. Главной особенностью этих вод является высокое содержание фтора (14–20 мг/дм³). Аналоги вод этого типа имеются в пределах Восточно-Африканского рифта, а также в Болгарии;

- питателевский тип – хлоридно-сульфатные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые гидротермы. Это источник Кулиных болот.

Метановые гидротермы имеют ограниченное распространение и вскрыты скважинами в пределах дельты р. Селенги (скв. Сухая Загза). Это хлоридно-гидрокарбонатные натриевые термы тункинского типа.

Существуют убедительные доказательства существования разгрузки термальных вод и на дне озера, причем не только в прибрежной зоне, но и на больших глубинах (Писарский, 1987).

По данным анализа изотопов водорода (Ломоносов, 1974) формирование вод терм Байкальской котловины происходит в

основном за счет инфильтрационных приповерхностных и атмосферных вод, проникающих по зонам разломов на большие глубины, где происходит нагрев и обогащение химическими элементами. Вполне вероятно, что свой вклад в формирование минеральных вод вносят и ювенильные воды, а также эндогенные флюиды, поступающие с больших глубин.

Кроме терм в пределах озерной котловины имеются выходы холодных железистых вод (Онгуренский источник). Он расположен в 6 км от берега Байкала близ пос. Б. Онгурен. Дебит его составляет 0,44 л/с, температура воды – 4,2 °С. Вода источника содержит 15 мг/дм³ железа и 4,0 ммкКюри/дм³ радона. По химическому составу вода гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная с минерализацией 277 мг/дм³ (Ломоносов, 1974).

В настоящее время наиболее освоенным и используемым является Горячинский источник, на основе вод которого функционирует одноименный курорт. Одновременно здесь могут лечиться до 400 человек. На Хакусском источнике действует водолечебница. Остальные источники плохо или вовсе не благоустроены и используются неорганизованными отдыхающими как «дикие» курорты.

2.7. Климат Байкальской котловины

Климат южной части Восточной Сибири, где находится Байкал, в силу значительной удаленности от океанов и морей является резко континентальным с холодной продолжительной зимой и относительно теплым летом.

Условия атмосферной циркуляции характеризуются установлением зимой высокого атмосферного давления (азиатского антициклона) с ясной солнечной, морозной погодой и развитием процессов выхолаживания (инверсий температур). В теплый период года наблюдается усиление циклонической деятельности с поступлением с запада континентальных и атлантических воздушных масс, приносящих основное количество атмосферных осадков. С юга и юго-запада приходят центрально-азиатские континентальные сухие и теплые воздушные потоки. Во второй половине лета отмечается активизация южных циклонов, приносящих влажные воздушные массы через северную Монголию.

Большая протяженность Байкала с севера на юг определяет наличие широтной зональности в распределении солнечной радиации и температуры воздуха. На климат Байкальской котловины большое влияние оказывает ее межгорное положение и воздействие огромной водной массы озера, которая медленно нагревается и охлаждается. Это обстоятельство определяет относительно холодное лето и теплую зиму, что приводит к значительному снижению континентальности климата по сравнению с соседними территориями, находящимися вне влияния Байкала.

Сведения о среднегодовом материале наблюдений за различными метеорологическими характеристиками наиболее подробно приводятся в справочниках по климату, опубликованных в конце 60-х гг. прошлого столетия. Так, например, данные по температуре воздуха и атмосферным осадкам представлены там, соответственно, по 38 и 36 пунктам, расположенным в Байкальской котловине (прил. 1, 2). В более поздних изданиях (Научно-прикладной ..., 1991; СНиП 23-01-99*, 2000), к сожалению, помещены данные лишь по 5 пунктам наблюдений (Солнечная (Покойники), Б. Голоустное, Б. Ушканий остров, Бабушкин и Танхой), что явно недостаточно для климатического обзора рассматриваемой территории.

2.7.1. Температурный режим воздуха

Результаты наблюдений за температурой воздуха по прибрежным и островным станциям, заимствованные из «Справочника по климату» (1968 а), приводятся в прил. 2.

Как видно из этих данных, среднегодовая температура воздуха по всем пунктам наблюдений имеет отрицательное значение, колеблясь, в зависимости от широты, в пределах $-0,3^{\circ}\text{C}$ до $-4,6^{\circ}\text{C}$. Самым холодным месяцем является январь, хотя по некоторым станциям минимальные температуры отмечаются в феврале. Обращают на себя внимание различия в температурах между «байкальскими» и «континентальными» станциями. Так, среднемесячные температуры января в пределах южного побережья имеют следующие значения: Слюдянка – $17,4^{\circ}\text{C}$, Маритуй – $16,6^{\circ}\text{C}$, Листвянка – $16,7^{\circ}\text{C}$, в то время как в Иркутске – $20,9^{\circ}\text{C}$, Хомутово – $24,7^{\circ}\text{C}$, Улан-Удэ – $27,5^{\circ}\text{C}$. Та же закономерность относится к

средней и северной частям котловины (Б. Ушканий остров – 18,3 °С, Покойники – 19,3 °С, Усть-Баргузин – 22,5 °С, Нижнеангарск – 22,8 °С), а в Баргузине, Курумкане и Гоуджоките, находящихся за пределами Байкальской котловины, январские температуры будут, соответственно, равны -27,8 °С, -30,6 °С, -26,6 °С.

Приведенные данные наглядно показывают обогревающее воздействие Байкала в зимний период.

Обратное явление, приводящее к охлаждению побережья, наблюдается летом. Так, июльская температура в Слюдянке – 15,3 °С, Маритуе – 14,8 °С, Листвянке – 12,8 °С, Бабушкине – 14,2 °С, а в Иркутске – 17,6 °С, Хомутове – 17,5 °С, Улан-Удэ – 19,0 °С.

Открытая часть оз. Байкал находится, соответственно, в пределах -16–20 °С и 8–14 °С январской и июльской изотерм (Байкал: атлас, 1993).

В целом, судя по более высоким значениям среднегодовых температур, Байкал оказывает обогревающее воздействие на побережье. Продолжительность безморозного периода здесь на 5–10 дней больше, а количество дней с температурой ниже +10 °С почти на 30 дней меньше, чем на станциях, находящихся вне влияния озера.

Характер внутригодового распределения температур наглядно иллюстрируется на рис. 2.16.

Следует отметить, что глобальное повышение температуры воздуха нашло отражение и в котловине Байкала. Потепление здесь, по данным М. А. Шимараева и др. (2008), составило 1,2 °С за 100 лет и происходило вдвое быстрее, чем в среднем для земного шара. Об этом же свидетельствуют данные табл. 2.3, где сопоставлены значения среднегодовых температур воздуха, осредненных за различные многолетние периоды наблюдений.

Как видно из этой таблицы, за последнее 40-летие произошло потепление на 0,5–1,2 °С.

Влияние Байкала на побережье распространяется до вершин горных хребтов, окружающих озеро. В теплом полугодии при штилевой погоде охлаждающее влияние озера проявляется в среднем до высот 250–500 м над уровнем озера на обращенных к нему береговых склонах. Но оно может значительно возрасти или уменьшиться под влиянием ветровых потоков. В холодное время года тепловое воздействие Байкала прослеживается на расстоянии 2,0–2,5 км от озера, а по долинам рек – до 30–50 км (Галазий, 1987).

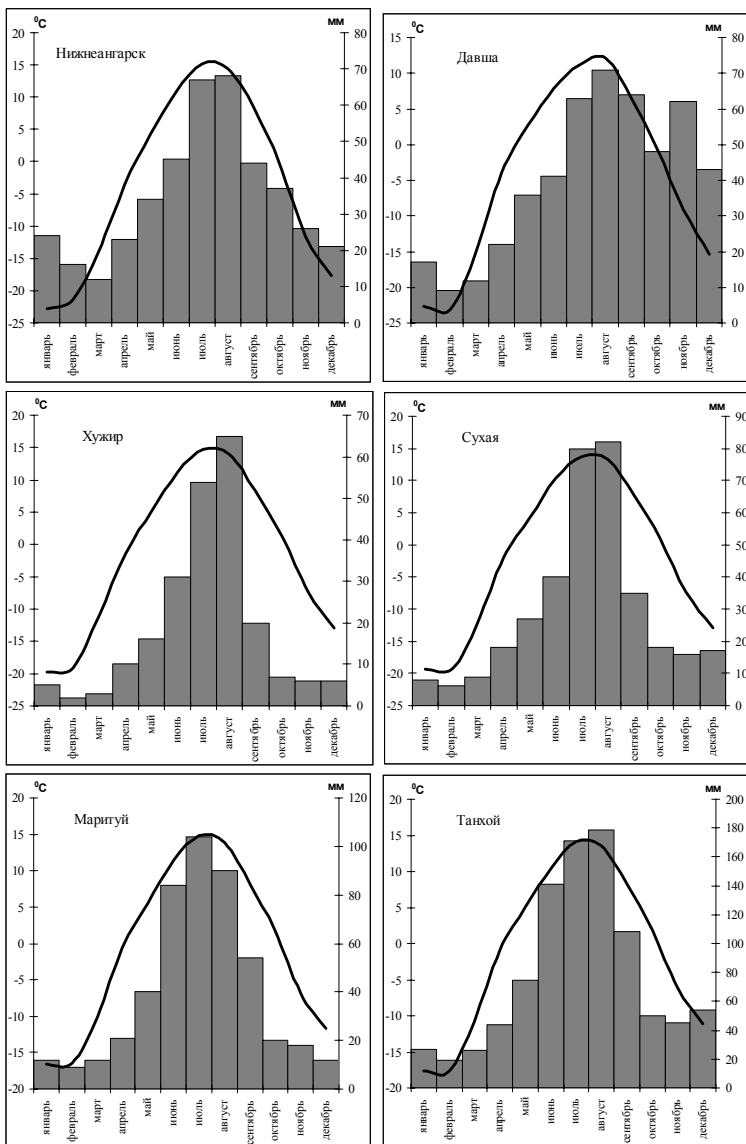


Рис. 2.16. Внутригодовое распределение среднемесячной температуры воздуха и месячных сумм атмосферных осадков. Линия – ход температур, столбцы – суммы осадков

Таблица 2.3

Сравнительные характеристики среднегодовых температур воздуха, °С

Станции	Год начала наблюдений	Температуры воздуха, осредненные за периоды		Повышение температуры на
		с начала наблюдений до 1965 г.	с 1966 до 2006 гг.	
Давша	1954	-4,1	-3,4	0,7
Б. Ушканий	1950	-2,0	-1,1	0,9
Култук	1897	-0,4	0,1	0,5
Исток Ангары	1954	-1,7	-0,5	1,2
Б. Голоустное	1897	-1,3	-0,1	1,2
Сарма	1954	-1,0	-0,2	0,8
Хужир	1947	-1,4	-0,4	1,0
Узур	1953	-2,2	-1,3	0,9
Покойники	1934	-2,2	-1,2	1,0

2.7.2. Облачность, туманы

Для Байкала характерна высокая интенсивность солнечного сияния. В среднем здесь наблюдается около 50 ясных дней в году. Число часов солнечного сияния на Байкале значительно превышает соседние территории и многие известные курортные районы. Так, например, для метеостанции Б. Голоустное эта величина равна 2175 ч, для о. Ольхона – 2200 ч, при этом в Иркутске она составляет 2000 ч, в Братске – 1973 ч, на Рижском взморье и в Теберде (Кавказ) около 1840 ч, в Москве – 1600. В котловине Байкала меньшее количество часов солнечного сияния приходится на восточное побережье, где более выражены процессы конденсации, туманообразования и облачности из-за преобладания западного перемещения воздушных масс над водной поверхностью и поднятия его по наветренным склонам береговых хребтов (Ладейщиков, 1982). На западном побережье и над открытой частью водной поверхности наличие частой безоблачной погоды объясняется тем, что воздушные потоки, приносящие облака с суши, переваливая Приморский и Байкальский хребты, скатываются по восточным склонам в котловину, при этом нагреваются (феновый эффект) и облака рассеиваются. Многие наблюдатели, побывавшие на Байкале, отмечают типичную картину – небо над озером безоблачное, а прибрежные горные хребты покрыты густыми об-

лаками. Исключением из этого правила является период от начала замерзания до установления ледостава (октябрь–декабрь), когда происходит интенсивное образование нижней облачности за счет испарения влаги с его свободной ото льда водной поверхности.

Следует отметить, что в этот период на Байкале образуются туманы испарения вследствие того, что температура воздуха имеет отрицательные значения, а вода сохраняет положительную температуру.

Кроме туманов испарения, на Байкале широко распространены обычные и для других территорий туманы охлаждения. Они формируются преимущественно в июне–августе при поступлении воздушных потоков с суши на холодную поверхность байкальских вод. Распределение туманов по акватории Байкала неравномерно, о чем свидетельствуют следующие данные (в днях): Култук – 5, Песчаная бухта – 7, Душканчанский Маяк – 10, Ушканьи острова – 23 и Лиственничное – 42 (Галазий, 1987).

2.7.3. Распределение и режим атмосферных осадков и снежного покрова

Стационарные наблюдения за атмосферными осадками ведутся на метеостанциях и постах Роскомгидромета. В приложении 2 помещены сведения о месячных и годовых суммах осадков по 36 пунктам (Справочник, 1968 б).

Атмосферные осадки на Байкале формируются, как отмечалось выше, в основном за счет поступления атлантических воздушных масс. Роль местных осадков незначительна в связи с малой величиной испарения с холодной поверхности озера.

Крайне неравномерное распределение атмосферных осадков по акватории Байкала и его побережью вызвано сложными условиями циркуляции атмосферы и орографии рассматриваемой территории. Как отмечалось выше, при прохождении западных воздушных масс через Приморский и Байкальский хребты значительная часть влаги конденсируется на западных наветренных склонах. Далее, воздушные массы, скатываясь с гор вдоль подветренных восточных склонов, подвергаются феновому эффекту, т. е. значительно ускоряются и нагреваются. При этом дефицит влажности воздуха увеличивается, относительная влажность падает, и

в результате на северо-западном побережье озера на акватории и островах выпадает очень мало осадков. Так, о. Ольхон и Приольхонье являются самым «сухим» местом не только на Байкале, но и на всей территории Иркутской области. Годовые суммы осадков составляют в Хужире – 225, Ольхоне – 197, Ташкае – 242 и Сарме – 213 мм, в то время как на западных склонах Приморского и Байкальского хребтов выпадает до 1000 мм и более (Беркин, 1986). Далее, по мере движения на восток над водной поверхностью Байкала, воздушные массы вновь охлаждаются, дефицит влажности снижается и в результате на восточном побережье Байкала количество выпавших осадков возрастает (Сосновка – 519, Н. Изголовье – 425, Усть-Баргузин – 453, Горячинск – 547, Исток – 338 мм), достигая максимума на наветренных склонах Баргузинского хребта (до 1200 мм).

За счет западного переноса значительное количество влаги поступает в южную часть Байкальской котловины по Иркутско-Черемховской равнине через исток р. Ангары и по относительно невысокому Олхинскому плато. Достигая юго-восточного побережья и наветренных склонов Хамар-Дабана, она конденсируется и выпадает в виде обильных осадков, достигающих максимальных значений для всей Байкальской котловины (Хамар-Дабан – 1443, Снежная – 1437, Выдрино – 1101, Танхой – 939 мм).

Сезонное распределение осадков, так же как и территориальное, очень неравномерно. Основная их часть приходится на теплый период года, за который выпадает 70–75 % годовой суммы осадков. Исключением является Приольхонье, где с апреля по октябрь фиксируется около 90 %, т. е. на зимние месяцы (ноябрь–март) приходится всего 10 % годовых осадков. Это обстоятельство является основной причиной малоснежья этого района.

Максимальные суммы осадков по всем метеостанциям Байкальской котловины приходятся на июль–август, а минимальные – на февраль–март (рис. 2.16).

Снежный покров. Величина и распределение снежного покрова по акватории озера зависят от количества твердых осадков, выпавших в зимний период и от ветрового переноса. Наибольшая высота снега имеет место в прибрежных районах Баргузинского хребта (26–33 см) и Хамар-Дабана (45–50 см). В других районах озера она значительно ниже (10–20 см) и минимальных значений

достигает в Приольхонье (0–7 см), в отдельные годы снежный покров здесь вообще отсутствует. Анализ материалов наблюдений за высотой снега показывает возрастание его мощности по направлению к восточному побережью, чему способствует метелевый перенос при сильных северо-западных ветрах (Верболов и др., 1985).

В целом, высота снежного покрова на акватории Байкала невелика, что объясняется не только малой долей зимних осадков, но и поздним установлением ледостава (декабрь–январь), сокращающим период снегонакопления. Кроме того, в результате радиационного испарения, о котором будет сказано ниже, уже в конце февраля–марта под влиянием солнечной радиации происходит уменьшение снегот запасов.

2.7.4. Ветровой режим

Ветровой режим на Байкале формируется под влиянием процессов общей циркуляции атмосферы, горного обрамления котловины, термических различий озера и прилегающей суши. Вытянутость озера с северо-востока на юго-запад определяет направление четырех основных ветров над его акваторией – продольных (верховик и култук) и поперечных (горная и шелонник).

Наиболее полное исследование ветровой деятельности на Байкале выполнила Л. И. Лут (1976). Эти материалы легли в основу при написании данного параграфа.

Верховик – это продольный ветер преимущественно северо-восточного направления, но он имеет северную составляющую при выходе из долины р. В. Ангара, где носит название ангара, и восточную – при соединении с воздушным потоком, дующим из долины Баргузин и имеющим одноименное название.

Ветры типа верховика обычно возникают, когда с запада или юго-запада к Байкалу приближается теплый фронт, а районы Забайкалья и Северного Прибайкалья в это время заняты антициклоном.

В теплый период года над акваторией Северного Байкала скорости верховика составляют 2–4 м/с, наивысшие (8 м/с) отмечаются в средней части озера. К югу скорости понижаются до 5 м/с и приурочены к западному берегу. В холодный сезон скорости верховика несколько выше (до 9 м/с).

Верховик почти всегда дует в ясную солнечную погоду. Продолжительность этого ветра, в зависимости от сезона, колеблется

от 8–15 часов до 2–2,5 суток. Наибольшая повторяемость верховика наблюдается у западных берегов.

В центральной и южной частях Байкала верховик вызывает значительное волнение.

Култук – продольный ветер, имеющий направление, противоположное верховику, т. е. юго-западное в южной и средней частях Байкала и южное – в северной. Свое название он получил по одноименному населенному пункту, расположенному на юге озера. Ветер возникает в том случае, когда к югу или юго-востоку от озера располагается антициклон, а на севере – циклон. Максимальные скорости ветра в теплый сезон находятся в пределах 5–6 м/с, а в осеннее время достигают 8–10 м/с. Наибольшая повторяемость култука отмечается вдоль восточного побережья, где он преобладает над другими ветрами. Култук почти всегда сопровождается плохой погодой. «Невезучими оказываются туристы, застигнутые култуком..., – красочно описывает в своих рассказах Тахтеев (2001, с. 24), – ...слякоть, ненастье, порывы промозглого ветра будут сопровождать их очень долго... Проходя вдоль всего Байкала, он разгоняет огромные свинцового цвета волны, так что морское путешествие в это время тоже не доставляет удовольствия».

Продолжительность култука и верховика примерно одинакова. Лишь летом в северной части озера длительность култука больше, чем всех остальных байкальских ветров.

Горная – наиболее сильный ветер на Байкале, преимущественно северо-западного направления, возникающий при переваливании холодных воздушных масс через Приморский и Байкальский хребты. Независимо от ориентировки фронтов горная всегда дует поперек озера. Повторяемость ветров имеет четко выраженную сезонную изменчивость. Горная преобладает в холодное время года, особенно в декабре перед замерзанием озера и характеризуется исключительной порывистостью, но в промежутках между отдельными порывами отмечаются моменты полного штиля. Наибольшая скорость этого ветра (до 40 м/с) наблюдается в долине р. Сарма, где он получил одноименное название. Ураганные порывы сармы, достигающие 60 м/с, способны срывать крыши домов, вырывать с корнями деревья, уносить скот, оставленные на берегу большие лодки, вызывать катастрофы судов и т. д. Возникновение таких скоростей объясняется тем, что холодный воздух устремля-

ется в суживающуюся к устью долину р. Сарма, которая образует своего рода природную аэродинамическую трубу. Большой перепад высот между Приморским хребтом и уровнем Байкала (более 500 м) приводит к тому, что низвергающиеся со значительной высоты массы холодного воздуха приобретают огромные скорости и разрушительную силу. Налетает горная резко и неожиданно, вследствие этого она загубила немало жизней. Самая страшная история случилась в начале XX в., когда пассажирский пароход «Потапов» в Малом Море, возле бухты Семисосенной был выброшен сармой на скалы. Погибло более 200 человек (Тахтеев, 2001).

По сравнению с другими байкальскими ветрами горная обладает наибольшей длительностью в период с августа по декабрь.

Шелонник – ветер, дующий с юго-восточного побережья, является, также как и горная, поперечным, но имеющим противоположное направление. Название ему присвоили выходцы из Новгорода по аналогии с ветрами, дующими на оз. Ильмень. Наблюдается этот ветер на Байкале относительно редко, в основном осенью. Шелонник отличается большой порывистостью и вызывает значительное волнение у западного побережья, хотя сам затихает над акваторией Байкала, не достигнув берега. Необходимым условием возникновения шелонника штормовой силы является наличие над Забайкальем области повышенного давления, а над Прибайкальем – пониженного. В теплый период максимальные скорости ветра достигают 8–10 м/с. Наибольшая повторяемость отмечается осенью и достигает 20–30 %.

Как и для других крупных водоемов, для Байкала в теплый период характерна бризовая циркуляция: днем ветры дуют с озера на сушу, а ночью – с суши на озеро.

Статистическая обработка повторяемости всех ветров позволила Л. И. Лут (1976) сделать вывод, что наиболее устойчивым ветровым потоком для акватории всего Байкала является горная. На Южном Байкале к группе устойчивых ветров можно также отнести култук, а на Среднем и Северном – верховик.

В течение года в разных районах Байкала наблюдается от 18 до 148 штормовых дней, которые приурочены к весне и осени. Сильных ураганных ветров насчитывается около двух десятков. Особенно они часты с октября по декабрь в Приольхонье, где на 100 дней приходится 58 штормовых.

2.8. Растительный покров

Сложные и контрастные физико-географические условия Байкальской котловины создали пестроту растительного покрова, многообразие типов растительности. Здесь, наряду с горно-таежными темнохвойными и светлохвойными лесами, широко распространены горные тундры, субальпийские луга, лугово-болотные и степные сообщества.

Наличие горных хребтов, окружающих Байкальскую котловину, и их преимущественно субмеридиальное простираие определили не только высотную поясность, но и меридиональные изменения растительности от гумидных темнохвойных горно-таежных лесов наветренных западных и северо-западных склонов к более ксерофитным – восточных и юго-восточных склонов как результату аридно-теневого эффекта (Сочава, 1980).

На западных, наиболее увлажненных макросклонах Хамар-Дабана и Баргузинского хребтов в горно-таежном поясе доминируют темнохвойные леса из пихты, кедра, ели. Восточные, более сухие, макросклоны представлены светлохвойными лиственничниками, сосняками и остепненными участками.

На восточных склонах Байкальского и Приморского хребтов представлены следующие пояса растительности: гольцовый – с каменистыми и лишайниковыми тундрами и полосой кедрового стланика в нижней части, подгольцовый – с редколесьями и рединами из флагообразных лиственниц, сосен, единичных кедров и зарослями кедрового стланика, горно-таежный лесной – с сосновыми и лиственничными лесами в сочетании со степными взлобками («марьянами») (рис. 2.17). В его нижней полосе распространены лиственничники с рододендром даурским, на береговом валу в конусах выноса произрастают «ветровые» лиственницы, лиственничный полустланик, встречаются степные участки⁴.

⁴ При характеристике растительности и почвенного покрова Хамар-Дабана, Приморского, Байкальского хребтов и западного побережья Байкала использован текст из работы «Иркутская область ...» (1993), написанный Г. В. Руденко.



Рис. 2.17. Растительность восточного склона Приморского хребта (фото А. А. Макарова)

Темнохвойные кедровые леса с участием лиственницы, ели представлены фрагментами в верхней части лесного пояса на затененных склонах, в глубине падей, защищенных как от байкальских, так и от горных ветров. На склонах, непосредственно обращенных к Байкалу, темнохвойные леса не встречаются. Верхняя граница лесного пояса на Байкальском хребте проходит в среднем на высоте 1250 м, иногда спускаясь до 954 м. Столь низкое положение границы леса Л. И. Малышев (1957) объясняет повышенной в сравнении с другими частями Байкала жесткостью погоды, большей сухостью воздуха и более сильным охлаждающим влиянием Байкала на растительность западного побережья.

На плоских вершинах гольцов, выпуклых склонах вплоть до берега Байкала под воздействием горных ветров формируются своеобразные «ветровые» формы крон сосен и лиственниц. Деревья с флагообразными кронами наклонены в сторону озера, их

кроны срезаны с северо-западной стороны, ветви развиты лишь с юго-восточной стороны.

На гольцовых поверхностях отмечается чередование узких, заросших кедровым стлаником полос, и параллельных им, лишенных растительности каменистых участков. Полосы строго ориентированы с северо-запада на юго-восток, что связано с оголением и постепенным отмиранием стволов и ветвей с наветренной стороны и их нарастанием и укоренением в юго-восточном направлении. В подгольцовых редколесьях карликовые лиственницы с флагообразными кронами также образуют узкие полосы, протягивающиеся с северо-запада на юго-восток. Лишь на вогнутых участках склонов, огражденных от воздействия горных ветров, формируются нормально развитые древостой.

«Ветровые» формы лиственницы, наклоненные от гор к Байкалу, распространены также в прибрежной полосе, придавая ей своеобразный парковый облик. На шлейфах, обрамляющих коренные склоны, встречаются лиственницы с лежащими и полустланиковыми нижними ветвями, протягивающимися в стороны на несколько метров и приподнятыми на низких изогнутых стволах односторонними кронами. Они чередуются с участками злаково-полынно-разнотравных степей, образуя горную прибайкальскую лесостепь. По выпуклым каменистым склонам степные участки местами поднимаются до подгольцового пояса.

Между берегом оз. Байкал и юго-восточными склонами Приморского хребта, долиной р. Анга и проливом Ольхонские Ворота на 50 км в длину и 10–12 км в ширину распространены тажеранские степи. По своему составу это типичные типчаковые и мятликовые степи с зарослями степных кустарников. В их средней более пониженной части и в долине р. Анга встречаются ковыльно-житняковые разнотравные степи с чием, полынью и галофитные луга на солончаках и по берегам соленых озер.

Типчаковые и мятликовые степи встречаются небольшими фрагментами в устьевых частях речных долин и на прибрежных равнинах.

В западной части о. Ольхон распространены типичные злаково-тырсовые и типчаковые степи в сочетании с лугами, редкими остепненными сосняками и развеваемыми песками, в восточной и центральной частях острова преобладают остепненные леса из

лиственницы и сосны с богатым подлеском из багульника, рододендрона даурского, ольхи и караганы. К сожалению, разреженная степная растительность подвергается стравливанию скотом, продуктивность естественных сообществ низка.

Аналогичные степные сообщества распространены в пределах Баргузинской котловины.

В горном массиве Хамар-Дабан четко выражена вертикальная поясность растительности, в структуре которой представлены сочетания сообществ разного генезиса – горно-тундровых, альпийских и субальпийских в высокогорьях, темнохвойных и светлохвойных с фрагментами степей и лесостепей в горно-таежном поясе. Широко распространены леса, доминантами которых являются кедр, пихта, ель, лиственница, сосна, береза, осина.

Охлаждающее влияние Байкала проявляется в снижении до его уровня горно-таежных кедровников, а также распространении кедрово-пихтовых чернично-травяно-зеленомошных лесов на террасах Байкала.

Полный набор поясов растительности представлен на северном склоне Хамар-Дабана. Он обрамлен равниной, поросшей вторичными сосновыми и мелколиственно-кедровыми лесами. В нижней части склонов на высоте 550–800 м распространены пихтово-кедровые и кедровые леса с участием ели, сосны, подлеском из рододендрона и кедрового стланика, а также послепожарные березняки на месте темнохвойных. Средние части склонов до высоты 1550–1600 м занимают черневые леса, представленные несколькими типами пихтачей, дифференцированными в зависимости от экспозиции склонов и характера субстрата.

Расчлененность верхнего яруса гор усложняет очертания верхней границы лесного пояса. В троговых долинах, карах ее уровень снижен по сравнению со склонами на 50–100 м, кроме того, снижению границы леса способствуют внедрения курумов, осыпей, скальные останцы.

Подгольцовый пояс прослеживается до высоты 1700 м, в его составе темнохвойные редколесья и комплексы горно-тундровых и горно-луговых группировок, чередующиеся с зарослями кедрового стланика. Более высокие гипсометрические уровни занимает гольцовый пояс с фрагментарным распространением лишайниковых тундр.

Специфические черты растительности Хамар-Дабана придают альпинотипные формации, черневой подпояс, кедровый стланик, произрастающий здесь на юго-западном пределе распространения, многочисленные реликты третичных широколиственных лесов и эндемики Южного Прибайкалья.

В высокогорьях Хамар-Дабана со сложным альпийским рельефом, крупноглыбовыми россыпями, скальными останцами, дифференциация растительности вызвана различиями в абсолютной высоте, крутизне склонов и характере поверхности. Верхние части склонов, гребни заняты гольцовыми горно-тундровыми сообществами. В субальпийско-подгольцовом поясе пихтовые редколесья и пихтовые рощи соседствуют с зарослями кедрового стланика, других высокогорных кустарников, на выположенных участках днищ каров они чередуются с низкотравными лугами на щебнистых местах, красочным альпийским высокотравьем у подножия каров, по берегам ручьев и озер.

На зарастающих каменных россыпях распространяются сообщества корковых и листоватых лишайников, бадана, постепенно дополняющиеся кустарничками и кустарниками (брусника, черника, водяника, рододендрон золотистый), среди которых особое значение имеет кедровый стланик как важный стабилизирующий компонент. Накопление мелкозема способствует зарастанию курумов и прекращению их перемещения.

Горная тайга представлена в верхней полосе пихтово-кедровыми лесами с участием ели или полидоминантными елово-пихтово-кедровыми насаждениями с подлеском кедрового стланика. Важной особенностью данного природного комплекса являются признаки деградации темнохвойного леса, выражающейся в разрушении кедрового полога и смене его разновозрастными пихтовыми древостоями. Активная роль пихты в лесовосстановлении отмечается на месте оползней и селей, буреломов, на гарях. Лишь под пологом пихтачей появляется благонадежный подрост кедра.

В нижней полосе горной тайги наиболее широко распространены пихтачи, причем по характеру травяно-кустарничкового яруса они весьма разнородны – травянистые, бадановые, черничные, вороничные, мелкотравно-зеленомошные и др. Основные массивы травянистых пихтовых лесов с подлеском из высоких кустарников

(кедровый стланик, душекия) отмечаются в нижних частях склонов, созданных конусами выноса, обвальным-осыпным материалом.

Антропогенное воздействие в нижней части склонов (вырубки и, главным образом, пожары) привело к распространению вторичных, преимущественно березовых травяно-зеленомошных лесов.

На подгорной равнине сохранились лишь небольшие массивы коренных перестойных темнохвойных лесов, в составе которых кедр, пихта, ель, обильно возобновление всех древесных пород, подлесок образуют кедровый стланик и стланиковые формы пихты, душекия, рододендрон золотистый, а нижние ярусы богаты брусникой, черникой, таежным разнотравьем, в сырых и холодных местообитаниях появляются сфагнум, кукушкин лен, голубика, клюква, багульник, возле многочисленных ключей формируются кочкарники.

Большим своеобразием отличаются долины рек Солзан, Харлахта, Бабха, Утулик, где распространены тополевики, имеющие возраст от 20 до 260 лет. В результате естественных смен на их месте происходит медленное замещение тополя пихтой и елью, формируются полидоминантные темнохвойные леса.

Оригинальностью выделяются и болотные массивы прибрежных террас, для них характерно чередование сухих, вытянутых в одном направлении гряд с древесным ярусом из низкорослого кедра, с участием сосны, березы, лиственницы, ели и широких мочажин. На рассматриваемой территории встречаются выпуклые верховые болота, прибрежные низинные и переходные болота и заболоченные луга с березой, зарослями кустарников. Особенности гидрологического режима прибрежной зоны Байкала определяют развитие болот Прибайкалья по регрессивному типу (Ляхова, 1988).

Растительность подгорных шлейфов и озерно-аллювиальной равнины наиболее сильно изменена в результате антропогенной деятельности и представлена как коренными, так и производными сообществами. С этими местоположениями связано распространение эндемичных и реликтовых растений третичного возраста – ветреницы байкальской, вальдштейнии тройчатой, ятрышника шлемоносного, тридактилины Кирилова, ириса гладкого, башмачков крупноцветного и настоящего. На террасах приустьевой части рек Утулик, Бабха и др. встречается голубая разновидность сибирской ели.

На поверхности Олхинского плато коренные кедровые и пихтовые леса сохранились лишь на небольших площадях. В результате антропогенного воздействия на их месте в настоящее время произрастают послепожарные сосновые и лиственнично-сосновые, а также осиново-березовые леса.

Подробное описание растительности Баргузинского хребта дано в работе Л. Н. Тюлиной (1976). По данным ее наблюдений, в районе бухты Сосновка нижняя прибрежная полоса находится под непосредственным охлаждающим и увлажняющим воздействием Байкала. Это под пояс температурной инверсии, или ложно подгольцовый (рис. 2.18). Здесь распространены лиственничные леса и редколесья с бедным кустарничковым покровом из багульника, различных ягодников с ярусом кедрового стланика и полудрево-видных и полукустарных форм берез. От берега Байкала на западных склонах Баргузинского хребта хорошо просматриваются три растительных пояса: лесной, субальпийский и альпийский.



Рис. 2.18. Кедровый стланик в пределах ложно-подгольцового пояса Баргузинского хребта (фото А. А. Макарова)

Лесной пояс по высоте снизу вверх подразделяется на подпояс лиственничных лесов и редколесий с ярусом кедрового стланика, подпояс смешанных темнохвойно-светлохвойных лесов с преобладанием сосновых (сюда относится средняя часть лесного пояса) и подпояс темнохвойных лесов, в нижней части которого преобладают кедровники, а в верхней – пихтарники.

Субальпийский пояс расположен у верхней границы леса, на нижних отметках представлен пихтово-березовыми лесами, перемежающимися с ассоциациями кедрового стланика, ерниками и голыми каменными россыпями, а в верхних – каменными россыпями и скалами в сочетании с зарослями кедрового стланика и золотистого рододендрона. До верхнего предела древесной растительности доходит пихта и различные формы берез.

В альпийском поясе распространены каменные россыпи и скалы с нивальными луговинами, редкими зарослями кедрового стланика.

Этот своеобразный тип поясности, связанный с увлажняющим и охлаждающим влиянием Байкала на его берегу, был назван Л. Н. Тюлиной (1976) «влажным прибайкальским» с двумя вариантами – Баргузинским и Хамар-Дабанским.

Хребты Улан-Бургасы и Морской характеризуются наличием отдельных участков инверсионной (ложно-подгольцовой) растительности, представленной кедровым стлаником, а также светлохвойными лесами и лесостепью.

На высотах 500–1000 м в основном представлены сосняки рододендроновые с примесью ольхи и лиственничники рододендрово-зеленомошные, на отметках 1000–1300 м, занятых водоразделами и пологими склонами, господствуют кедровники зеленомошные (Типы ..., 1980).

В современной флоре высших сосудистых растений Байкальской котловины, по данным А. В. Белова, выявлено 1500 видов (Природопользование ..., 1990).

Кроме лесной и степной растительности в межгорных котловинах заметную роль играют лугово-болотные комплексы. Местами встречаются заросли ивняков и ерников. Луга преимущественно переувлажнены (Моложников, 1986).

Леса Байкальской котловины сильно нарушены пожарами и частично рубками. Это привело к сокращению темнохвойных древостоев и замене их вторичными лесами.

2.9. Почвенный покров

Распределение почв Байкальской котловины и прилегающих горных хребтов определяется особенностями рельефа, геологического строения, условиями увлажнения и теплообеспеченности, характером растительного покрова и другими природными факторами. Разнообразие физико-географических условий, присущих рассматриваемой территории, создает значительную пестроту и неоднородность в составе и свойствах почв. Главной характерной особенностью в распределении почв является высотная поясность.

Почвообразование в пределах северного склона Хамар-Дабана происходит на щебнистом элювии, делювии и коллювии плотных пород – кислых изверженных и метаморфических, основных и средних, сланцев и аргиллитов, слагающих юрское обрамление, а также предгорные шлейфы и прибрежную равнину. Здесь представлена четкая вертикальная поясность. В наиболее высокой осевой части хребта – скальные выступы и каменные поля, распространены горно-тундровые фрагментарные, горно-тундровые типичные и горно-луговые, подчиненное положение занимают почвы с активным развитием процессов оглеения, торфонакопления, криогенеза.

В субальпийско-подгольцовом поясе доминируют горно-лугово-лесные перегнойные и дерновые почвы, горно-таежные перегнойно-подзолистые и др.

В горно-таежном поясе широко распространены дерново-перегнойные почвы, под черневой тайгой – своеобразные дерново-буроземные, перегнойно-подзолистые. В средних и нижних частях склонов в условиях ослабленного дренажа встречаются горно-таежные дерново-подзолистые, подзолисто-глеевые почвы (Краснощеков, Горбачев, 1987).

В горно-таежном поясе на Олхинском плоскогорье обычны дерновые лесные и дерново-подзолистые почвы.

В долинах и ложбинах распространены мерзлотно-луговые почвы, формирование которых связано с многолетней мерзлотой, вследствие чего отмечается постоянное повышенное увлажнение. На равнине в прибрежной части распространены болотные почвы.

Сложная структура почвенного покрова Приморского, Байкальского хребтов и прибрежной полосы вызвана, также как в других горных районах, разнообразием коренных пород, условий почвообразования. Для данной территории характерно распространение плотных пород на их элювии, делювии и коллювии формируются маломощные сильно щебнистые почвы.

Характерной особенностью является формирование слабозавитых короткопрофильных почв с дресвой и щебенкой на поверхности с повсеместно развитой многолетней и сезонной мерзлотой. Большие площади заняты каменными россыпями и пустошами. Исследования В. А. Кузьмина (1988) свидетельствуют о распространении в почвенном покрове гор Прибайкалья комбинаций подзолистых и неоподзоленных почв, в том числе подбуров и бурых лесных.

Специфика почвенного покрова рассматриваемой территории заключается в отсутствии или редкой встречаемости черноземов и серых лесных почв, смене каштановых почв дерновыми лесными, что объясняется резким переходом от небольших выровненных поверхностей к крутым горным склонам. На значительных площадях распространены горные дерновые лесные, подзолистые и дерново-подзолистые почвы.

На крутых южных склонах Байкальского хребта встречаются участки горных черноземов, чередующиеся с дерново-подзолистыми почвами других местоположений. Приольхонье, юго-западный Ольхон слагают разнородные породы – туфы, габбро, сланцы – со специфическими процессами почвообразования. В наиболее засушливых местах этой территории, юго-западной части и на северной оконечности о. Ольхон преобладают горно-каштановые глубокопромерзающие почвы. Они занимают нижние части склонов и днища сухих падей, где образуют комплексы с солонцами и солончаками.

Засоленные почвы и солончаки встречаются также в прибрежной полосе соленых озер Приольхонья. Прибайкальские каштановые почвы имеют легкий механический состав, насыщены хрящами, щебнем. Отсутствие гипса, уплотненный глыбистый горизонт и повышенное содержание поглощенных магния и натрия свидетельствуют о солонцеватости почв.

Продуктивность угодий, распространенных на каштановых почвах, низкая, что связано с недостатком влаги. Каштановые почвы соседствуют с дерновыми лесными под остепненными лиственничниками.

В широких речных долинах и на плоских впадинах на мощных толщах аллювия формируются мерзлотно-луговые почвы.

В северо-восточной и восточной частях Байкальской котловины, согласно почвенной карте (Байкал: атлас, 1993), в горно-таежном поясе западных склонов Баргузинского хребта п-ва Св. Нос и хр. Улан-Бургасы преобладают подбуры типичные и оподзоленные, подзолы и глеевые мерзлотно-таежные. В высокогорном поясе формируются подбуры и подзолы, глиноземы тундровые, дерновые и глеевые горно-луговые почвы. Широко распространены выходы скальных пород и каменистых россыпей. По долинам рек встречаются различные разновидности дерновых, бурые лесные типичные, подзолистые, аллювиальные и черноземы. В Баргузинской котловине большое развитие получили каштановые, аллювиальные и болотные почвы. В дельтах Селенги, В. Ангары и на равнинных участках, примыкающих непосредственно к берегу Байкала, формируются преимущественно аллювиальные и болотные почвы. По механическому составу наиболее распространены супесчаные и суглинистые, однако значительное место принадлежит песчаным почвам.

Детальный обзор почвенного покрова Забайкалья представлен в работах Ц. Х. Цибжитова и др. (1999, 2000).

Контрольные вопросы

1. Географическое положение и параметры озера (основные заливы, проливы, острова и горные хребты, обрамляющие котловину Байкала).

2. Особенности глубинного строения Байкальской котловины.
3. Сейсмичность в пределах Байкальской рифтовой зоны.
4. Рельеф надводной части котловины.
5. Рельеф подводной части котловины.
6. Донные отложения.
7. История формирования котловины Байкала.
8. Полезные ископаемые Байкальской котловины.
9. Климатообразующие факторы в пределах Байкальской котловины.
10. Температурный режим воздуха.
11. Облачность, туманы, распределение и режим атмосферных осадков.
12. Ветровой режим над озером.
13. Растительный покров Байкальской котловины.
14. Почвенный покров Байкальской котловины.

3. Гидрологический режим и водные ресурсы Байкала

3.1. Гидрологическая характеристика основных притоков Байкала и озер прибрежной зоны

3.1.1. Притоки

По различным оценкам в Байкал впадает от 330 до 500 водотоков. Столь значительное расхождение объясняется, главным образом, отсутствием единых критериев при выделении рек, временных водотоков, а также разными масштабами карт, по которым производился подсчет речных долин и распадов. Водосборная площадь озера равна 588 000 км². Основные характеристики стока рек представлены в табл. 3.1 (Многолетние данные ..., 1986; Ресурсы ..., 1972). Ниже дано краткое описание наиболее крупных притоков.

Река Селенга – самый крупный приток Байкала (расход воды у рзд. Мостового – 910 м³/с), приносящий 28,7 км³ в год, или около 50 % всех речных вод, поступающих в озеро. Река берет свое начало в Монголии от слияния рек Идэр и Мурен. Полная площадь ее бассейна составляет 447 060 км², или 78 % от общей водосборной площади озера, причем большая ее часть находится на территории Монголии. Длина реки равна 1024 км. В пределах России наибольшей приточностью отличается правобережье, где впадают довольно крупные реки Чикой, Хилок, Уда. Слева Селенга принимает Джиду и Темник. Основной источник питания – дожди. Половодье начинается обычно в апреле и характеризуется слабо выраженной волной. При впадении в Байкал Селенга образует обширную дельту, прорезанную большим количеством рукавов.

Таблица 3.1

Основные характеристики стока наиболее крупных рек, впадающих в оз. Байкал

№	Река – пункт	Площадь бассейна, км ²	Средняя высота бассейна, м, абс.	Расходы воды, м ³ /с													Ср. год	Модуль, л/с км ²	Слой, мм
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII				
1	Голоустная – с. Б. Голоустное	2260	836	0,61	0,51	0,46	10,2	20,2	17,4	20,8	15,9	8,91	5,88	2,46	1,00	8,65	3,82	121	
2	Бугульдейка – Б. Бугульдейка	1700	827	1,85	1,8	1,81	5,62	12,6	7,00	6,34	5,83	5,04	4,4	2,89	2,07	4,74	2,64	83	
3	Анга – с. Еланцы	711	926	0,26	0,15	0,16	1,98	10,4	4,43	5,58	3,44	2,93	1,92	0,88	0,43	2,72	3,74	118	
4	Рель – с. Байкальское	567	1220	0,54	0,29	0,37	1,53	12,5	57,7	33,7	16,9	11,6	5,99	2,8	1,32	12,2	21,5	678	
5	Тыя – пос. Тыя	2580	1220	5,69	4,52	4,03	5,11	47,3	218	63,0	53,3	39,7	22,7	11,3	7,72	39,9	16,8	530	
6	Холодная – пос. Холодная	1050	1370	2,12	1,67	1,54	1,68	22,8	120	41,9	33,9	25,8	11,6	5,41	3,51	23,0	21,9	690	
7	В. Ангара – В. Заимка	20 600	1170	73,8	64,4	59,8	70,3	231	814	609	429	352	197	102	89,0	258	12,5	394	
8	Давше – с. Давша	93,7	844	0,30	0,21	0,20	0,28	1,34	1,67	1,34	1,04	1,00	0,86	0,50	0,36	0,75	8,00	252	
9	Баргузин – с. Баргузин	19 800	1150	33,9	28,2	26,8	52,4	138	248	247	253	224	120	52,2	42,3	122	6,16	194	
10	Максимиха – с. Максимиха	444	670	0,55	0,42	0,44	1,25	5,87	2,57	1,80	1,55	1,30	1,21	0,84	0,70	1,54	3,47	109	
11	Турка – с. Соболиха	5050	1180	18,4	14,1	12,7	20,5	86,2	92,2	77,2	61,2	56,9	39,3	26,4	23,5	44,0	8,62	272	
12	Кика – с. Хаим	1740	1050	10,8	8,43	8,26	11,9	44,7	58,1	38,8	31,8	28,0	21,1	16,4	14,5	24,4	14,0	442	
13	Б. Сухая – ст. Сухая	379	1080	1,46	1,27	1,24	1,60	7,93	7,47	5,75	5,13	4,36	3,33	2,29	1,79	3,66	9,66	305	
14	Селенга – рзд. Мостовой	440 000	–	110	77,7	81,3	524	1560	1480	2020	1940	1730	1060	316	179	910	2,07	65	
14	Селенга – с. Кабанск	446 900	–	110	69,6	72,5	429	1350	1300	1700	1900	1330	881	282	165	801	1,80	57	
15	Б. Речка – с. Посольская	565	1020	3,52	2,89	2,84	5,33	25,2	30,7	21,3	16,1	15,3	10,5	6,61	4,88	12,1	21,8	688	
16	Мантуриха – пос. Мантуриха	558	941	2,91	2,49	2,41	4,55	20,4	18,6	13,2	9,68	8,51	6,41	4,25	3,50	8,01	13,8	435	
17	Мысовка – г. Бабушкин	147	1040	1,51	1,34	1,36	2,03	6,08	6,20	4,66	3,67	3,51	3,00	2,19	1,89	3,00	19,9	628	
18	Снежная – ст. Выдрино	3000	1490	5,84	4,26	3,64	11,2	80,5	125	119	94,3	71,4	32,5	15,4	9,07	47,4	15,8	498	
19	Хаара-Мурин – пос. Мурино	1130	1520	4,20	3,51	2,63	5,42	38,9	56,3	62,8	51,7	38,1	18,2	8,62	5,98	24,6	21,8	695	
20	Утулик – пос. Утулик	959	1140	2,36	1,71	1,70	3,93	20,6	29,4	44,5	38,4	28,2	13,0	5,88	3,79	16,0	16,6	525	
21	Безымянная – пос. Мангутай	204	1260	1,78	1,59	1,53	1,85	4,74	7,96	12,8	12,1	9,23	5,84	3,55	2,29	5,46	26,8	843	
22	Похабиха – г. Слюдянка	62,9	1070	0,94	0,80	0,65	0,68	1,15	1,58	2,36	2,58	2,46	1,95	1,47	1,09	1,47	23,5	738	
23	Б. Половинная – 110-й км ВСЖД	356	740	0,47	0,33	0,18	3,78	5,26	3,89	6,18	4,22	3,83	2,87	1,17	0,71	2,74	7,70	243	
24	Слюдянка – г. Слюдянка	56,3	1240	0,41	0,37	0,32	0,36	0,50	0,91	1,60	1,33	0,95	0,73	0,55	0,48	0,71	12,6	399	

Река В. Ангара – второй по водности приток Байкала со среднегодовым расходом воды $258 \text{ м}^3/\text{с}$. Объем стока $8,13 \text{ км}^3$ в год. Берет начало на Байкало-Витимском водоразделе в отрогах Делюн-Уранского и Северо-Муйского хребтов, течет по широкой заболоченной Верхне-Ангарской котловине и впадает в северную оконечность Байкала, образуя совместно с р. Кичера обширную дельту – Верхне-Ангарский сор, изобилующий многочисленными рукавами, протоками, озерами, болотами. Длина реки 452 км. Площадь водосбора $21\,800 \text{ км}^2$. Основные притоки В. Ангары – слева Чуро, справа – Котера и Светлая. Главный источник питания – дожди.

Река Баргузин берет начало на склонах Икатского и Баргузинского хребтов. Протекает по широкой Баргузинской котловине и впадает в одноименный залив оз. Байкал. Длина реки 480 км, среднегодовой расход воды у пос. Баргузин $122 \text{ м}^3/\text{с}$. Годовой объем стока $3,8 \text{ км}^3$. Бассейн р. Баргузин асимметричен, основные притоки Гарга, Аргода и Ина впадают слева.

Река Снежная берет свое начало с отрогов Хангарульского хребта и Хамар-Дабана, далее течет на восток между этими хребтами. После впадения правого притока Урдо-Оглок (77 км от устья) река резко поворачивает на северо-восток и прорезает Хамар-Дабан, принимая многочисленные притоки. Среднегодовой расход реки – $47,4 \text{ м}^3/\text{с}$. Длина – 173 км.

Река Турка берет начало на северных склонах хребта Улан-Бургасы и течет на запад, принимая основные притоки Ямбуи и Голонду справа. В 3 км от устья в р. Турка впадает левый приток Коточик, в который сбрасывает свои воды крупное оз. Котокельское, имеющее площадь $68,9 \text{ км}^2$. Расход воды Турки равен $44 \text{ м}^3/\text{с}$.

Река Кичера – северный короткий (126 км) приток Байкала, берет начало в пределах Верхне-Ангарского хребта. На расстоянии 18 км от устья Кичера соединяется с В. Ангарой протокой Ангарокан. Впадая в Байкал, образует дельту. Наиболее крупным правым притоком Кичеры является р. Холодная. Расход воды реки в пос. Кичера равен $40,6 \text{ м}^3/\text{с}$.

Река Тья стекает с южных склонов хребта Сынныр и впадает в Байкал, разбиваясь на несколько рукавов на северо-западе. Дли-

на реки 120 км. Слева принимает крупнейший приток Нюрунду-кан. Расход воды Тыи равен $39,9 \text{ м}^3/\text{с}$.

По водному режиму большая часть притоков Байкала относится, согласно классификации Б. Д. Зайкова, к дальневосточному типу с половодьем в теплую часть года, которое формируется дождевыми паводками.

Однако на некоторых реках отмечается также весеннее половодье. Почти для всех притоков характерна низкая зимняя межень. На рис. 3.1 представлены гистограммы распределения стока рек по месяцам.

О характере распределения стока по побережью Байкала говорят данные о модулях стока, помещенные в табл. 3.1. Модуль стока – это отношение расхода воды, выраженного в литрах в секунду к площади бассейна в км^2 ($\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$). Он отражает водообеспеченность данной территории. Анализ пространственного распределения этой характеристики стока показывает ее тесную связь с годовыми суммами осадков.

Самые высокие модули стока ($15\text{--}27 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$) имеют реки, стекающие с Байкальского хребта, Северо-Байкальского нагорья (Холодная, Рель, Тыя, Кичера) и Хамар-Дабана (Безымянная, Хара-Мурин, Б. Речка, Мысовка, Похабиха, Утулик, Снежная). На реках восточного побережья повышенным модулем стока отличаются Кика ($14 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$), а также Давше, Турка, Б. Сухая ($8\text{--}10 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$). Пониженные значения модуля стока (от 2 до $4 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$) характерны для рек Селенги, Голоустная, Бугульдейка, Анга.

Самый низкий сток имеет место на о. Ольхон и прилегающем к нему побережье оз. Байкал, где значения модуля, по нашим расчетным данным, опускаются до $0,8\text{--}1,0 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$ (Беркин, 1970, Иркутск и Иркутская область, 1997). Однако средний модуль стока со всей водосборной площади Байкала невелик и составляет всего $3,3 \text{ л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$.

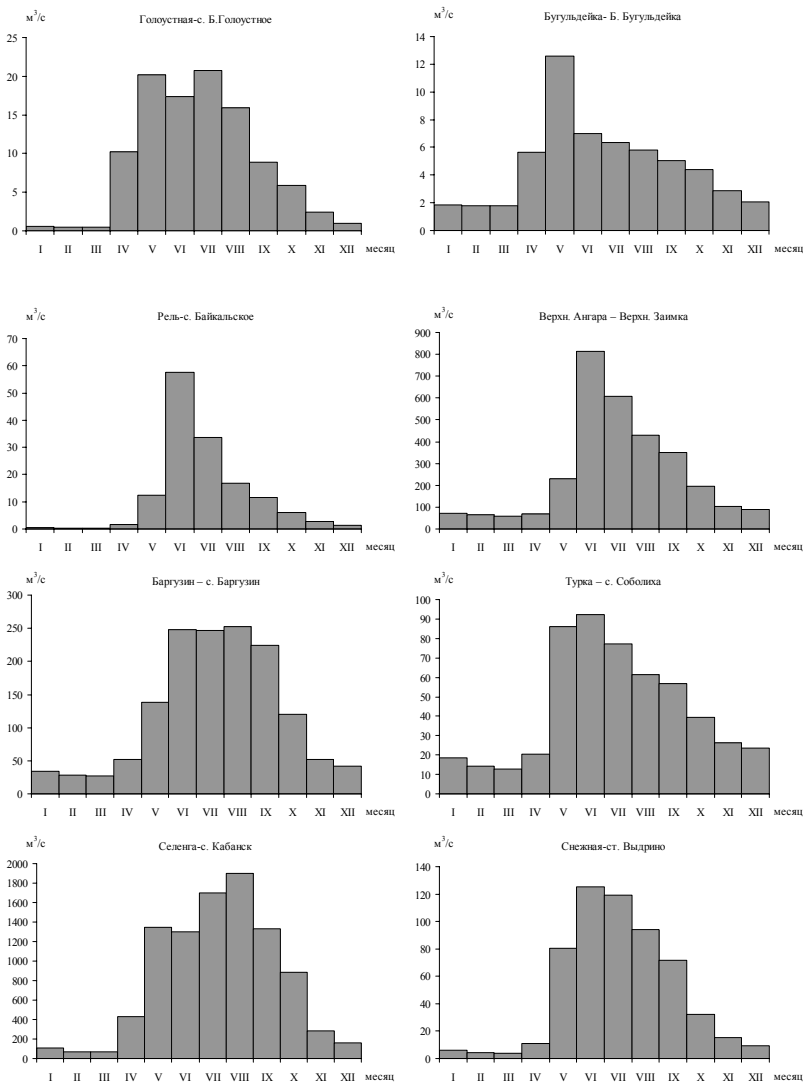


Рис. 3.1. Внутригодовое распределение стока некоторых рек, впадающих в оз. Байкал

3.1.2. Озера

Гидрографическая сеть Байкальской котловины представлена также многочисленными озерами, болотами. Однако стационарные наблюдения за гидрологическим режимом этих водных объектов отсутствуют.

Наиболее полное описание озер дано в монографии М. М. Кожова (1950), где на основе экспедиционных наблюдений и разовых замеров приводятся морфометрические характеристики озер, температура, гидрохимический состав воды и некоторые гидрологические особенности.

В работе «Литология прибрежно-соровой зоны Байкала» (1977) обобщены результаты экспедиционных исследований 1957–1958 гг. в связи с предстоящим подъемом уровня Байкала при создании Иркутского водохранилища. В программу исследований входило производство промерных работ в озерах, измерения уровня, температуры, химического состава воды, отбор проб грунтов и сбор материалов по фито- и зоопланктону, бентосу и ихтиофауне.

После повышения уровня воды оз. Байкал многие прибрежные озера исчезли. В публикации Г. Ф. Уфимцева и др. (1998) рассмотрено происхождение озер прибрежной зоны Байкала, дана их общая характеристика и проведена морфогенетическая классификация, согласно которой озера подразделяются на 5 категорий (рис. 3.2).

1. *Озера береговой зоны Байкала.* На западном берегу в районе Обручевского сброса встречаются различные микротектонические нарушения, в том числе микрограбены, в которых располагаются небольшие озера. Кроме того, здесь широко распространены соровые озера, особенно на побережье Северного Байкала и на берегах пролива Малое Море. Самые крупные соровые озера – Арангатуй и М. Арангатуй, Светлое и Бармашевое расположены на восточном побережье в пределах низменной перемычки п-ва Святой Нос.

Лиманные озера встречаются относительно редко, преимущественно на восточном побережье в устьях рек (р. Кика, р. Сосновка).

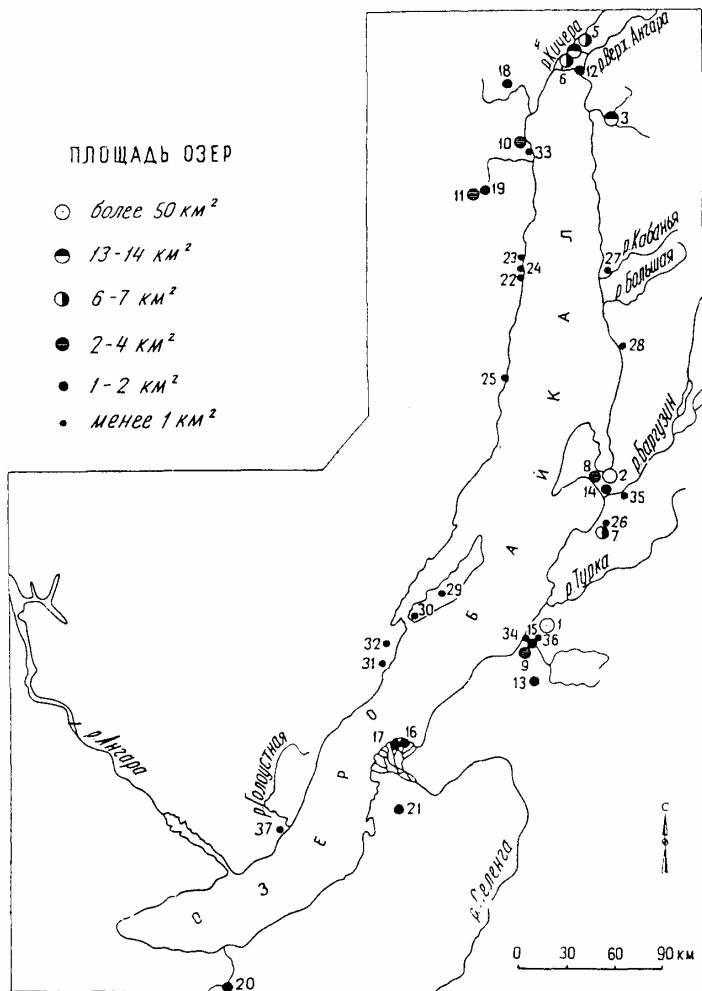


Рис. 3.2. Карта-схема расположения озер вокруг оз. Байкал (Уфимцев и др., 1998):

озера: 1 – Котокель, 2 – Арангатуй, 3 – Фролиха, 4 – Кичерское, 5 – Блудное, 6 – Мугдышова, 7 – Духовое, 8 – М. Арангатуй, 9 – Духовое, 10 – Слюдянское, 11 – Илинья, 12 – Б. Акули, 13 – Колок, 14 – Бормашево, 15 – М. Духовое, 16 – безымянное озеро, 17 – Грязное, 18 – Грамна, 19 – Верхнеирельское, 20 – Соболиное, 21 – Никиткина, 22 – Утренней Зари; 23 – сор в бухте Б. Коса, 24 – сор на м. Б. Коса, 25 – сор на м. М. Солонцовый; 26 – Шанталык, 27 – Лосиное, 28 – в устье р. Сосновка, 29 – Шара-Нур, 30 – Нурское, 31 – Намиш-Нур, 32 – Гызги-Нур, 33 – Богучан, 34 – безымянное озеро, 35 – Лебяжье, 36 – Дикое, 37 – Озерко

2. *Озера прибрежных равнин.* Представлены старицами в поймах крупных рек (Селенга, В. Ангара, Баргузин, Турка). Сюда же относятся озеровидные расширения русел, особенно в приустьевых участках В. Ангара и Кичеры (озера Сиким, Блудное, Кичерское и др.).

3. *Озера прибрежных низкогорий.* Между берегом Байкала и подошвами склонов хребтов Баргузинского, Улан-Бургасы и Хамар-Дабана в прибрежной 20-километровой полосе имеет место сложный рельеф с чередованием возвышенных участков и понижений. Наиболее примечательны озера, занимающие днища малых впадин и грабен. Здесь находятся озера Духовое, Лосиное, ряд озер у устья р. Кика, самое крупное из прилегающих к Байкалу оз. Котокель (60 км²) и оз. Шанталык.

К этой же группе относится знаменитое оз. Фролиха, расположенное на северо-восточном побережье, в формировании котловины которого принимали участие тектонические, эрозионные и ледниковые процессы; оз. Колок в пределах Морского хребта.

В Приольхонье в пределах Тажеранских степей широко распространены небольшие соленые озера (Намиш-Нур, Гызги-Нур и др.), а на Ольхоне – Шара-Нур. Они расположены в замкнутых котловинах в наиболее низких частях долинных педиментов.

4. *Долинные озера* довольно многочисленны на рассматриваемой территории. Среди них встречаются старичные, термокарстовые. Типичные долинные озера распространены в бассейнах рек Тья и Рель на северо-западном побережье Байкала. Имеют место и подпрудные озера, созданные благодаря перегораживанию долин гигантскими обвалами и осыпями. К ним следует отнести довольно крупное Соболиное озеро в бассейне р. Снежная и небольшое озеро (Озерко) вблизи устья р. Голоустная.

5. *Озера в высокогорном поясе* широко представлены в хребтах Байкальском, Хамар-Дабанском и Баргузинском на высотах более 2000 м. Они расположены в карах и, как правило, незначительны по величине и нередко образуют в приводораздельной части хребтов озерные гирлянды.

3.2. Водный баланс оз. Байкал

Метод водного баланса, отражающий один из фундаментальных законов физики – закон сохранения вещества, широко применяется для изучения многих гидрологических процессов, например формирования стока воды в речных бассейнах, колебания уровня и объема озер, морей и т. д. Метод заключается в составлении уравнения водного баланса, анализе его членов, определении главных составляющих и их вклад в водный баланс.

Водному балансу Байкала было посвящено много исследований, однако наиболее подробные и детальные расчеты были выполнены А. Н. Афанасьевым (1976), Б. С. Цейтлиным (1959) и Н. Н. Янтер (1990). Несмотря на независимые друг от друга расчеты, авторы получили довольно близкие результаты.

В табл. 3.2 приводится водный баланс озера по А. Н. Афанасьеву (1976) и Н. Н. Янтер (1990).

Таблица 3.2
Водный баланс оз. Байкал за различные периоды

Составляющие баланса	А. Н. Афанасьев			Н. Н. Янтер		
	1901–1971 гг.			1901–1985 гг.		
	Слой, мм	Объем, км ³	%	Слой, мм	Объем, км ³	%
Приход						
Поверхностный приток	1870	58,75	82,7	1942	61,51	83,8
Подземный приток	68	2,30	3,0	6	0,18	0,2
Осадки	296	9,29	13,1	373	11,78	16,0
Конденсация	27	0,82	1,2	–	–	–
Итого	2261	71,16	100	2321	73,47	100
Расход						
Поверхностный сток	1916	60,39	84,8	1929	61,08	83,1
Испарение	331	10,33	14,6	392	12,39	16,9
Изменение уровня и объема	14	0,44	0,6	–	–	–
Итого	2261	71,16	100	2321	73,47	100

Как видно из табл. 3.2, главной составляющей приходной части баланса является речной сток, а расходной – сток из озера. Осадки и испарение играют подчиненную роль. Величина притока подземных вод незначительна и находится в пределах точности расчетов.

Таким образом, за рассматриваемые периоды для баланса Байкала характерно относительное равновесие между поступлением и расходом воды.

3.3. Уровенный режим

Первые стационарные наблюдения за уровнем режимом Байкала были организованы Б. И. Дыбовским. В 1869 г. им сделаны засечки (углубления) в виде черт на отвесном утесе у Шаманского мыса (в районе Култука). Идея многолетних исследований колебания уровня воды путем засечек в дальнейшем была реализована И. Д. Черским. На отвесных скалах над озером он долотом выбил полосы-черты длиной около 20 см, глубиной 0,5 см, шириной 1 см. Над чертой отмечены годы, когда сделаны засечки и их высота над уровнем воды. Всего по периметру озера было выбито 16 засечек. В настоящее время они взяты под охрану как памятники истории научных исследований.

Более широкая сеть водомерных постов на Байкале сформировалась в начале XX в.

Изменения уровней воды на Байкале вызвано двумя причинами. Первая – это колебания приходно-расходных статей водного баланса, т. е. изменение объема воды в озере, что вызывает долговременные, равномерные повышения и понижения уровня. Вторая – обусловлена денивелицией уровня за счет ветровых стонно-нагонных явлений, перепадов атмосферного давления, сейшей (стоячие волны, вызывающие колебания воды под воздействием резкого изменения атмосферного давления, ветра, сейсмических явлений), приливов и отливов и др., вызывающих обычно кратковременные колебания уровней.

В годовом ходе уровней воды Байкала отмечается начало подъема в апреле-мае из-за резкого увеличения стока впадающих в него рек в период весеннего половодья. Далее уровень воды продолжает расти за счет летних паводков и достигает максимального значения в конце августа – начале октября. Затем, вследствие уменьшения стока рек в течение зимних месяцев, происходит снижение уровня, продолжающееся до апреля. Таким образом, в среднем за многолетний период наблюдений максималь-

ный уровень приурочен к сентябрю, а минимальный – к апрелю (рис. 3.3). Амплитуда сезонных колебаний уровней воды Байкала составляет 80–100 см. Максимальная амплитуда многолетних колебаний по данным наблюдений составила 217 см. Согласно дендрохронологическим исследованиям Г. И. Галазия (1987), амплитуда вековых колебаний уровня за последние 500 лет не превысила 250 см. К подобному же мнению пришел и А. Н. Афанасьев, который указывает, что даже при наличии подпора плотины Иркутской ГЭС вековые колебания уровня укладываются в величину 314 см.

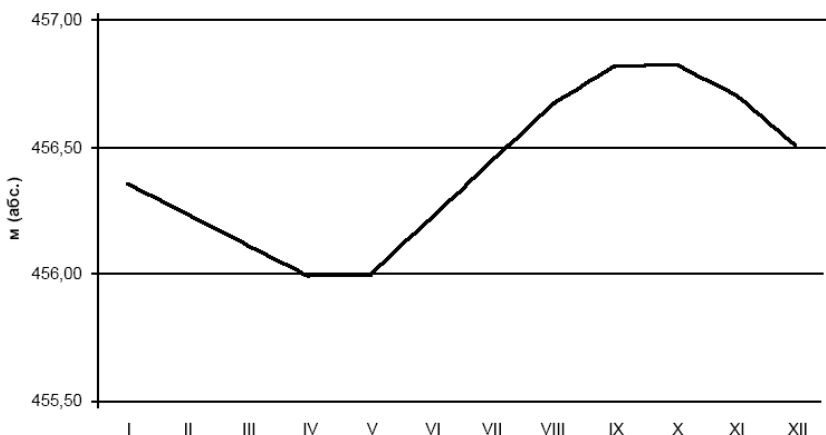


Рис. 3.3. Многолетние (1963–2006 гг.) средние месячные значения уровня воды оз. Байкал (Гос. доклад ..., 2008)

После сооружения плотины Иркутской ГЭС и наполнения Иркутского водохранилища подпор от плотины в 1959 г. распространился на оз. Байкал и в 1964 г. повысил его среднее многолетний уровень на 130 см, достигнув отметки 456,80 м над уровнем моря (в тихоокеанской системе высотных отметок). В дальнейшем этот уровень поддерживался в среднем на отметке в 1 м выше среднего уровня Байкала до строительства ГЭС. Это обстоятельство позволило использовать часть объема озера в качестве водохранилища для сезонного и многолетнего регулирования стока

р. Ангары. Годовой ход уровня в условиях подпора в целом сохранился близким к естественному режиму. Зарегулированность проявилась в увеличении амплитуды колебаний (от 80 до 113 см) (Гос. доклад ..., 2008).

С 1960 г. уровень Байкала зависит не только от соотношения приходных и расходных элементов водного баланса, но и от режима эксплуатации каскада ангарских ГЭС, обеспечения потребности водоснабжения и судоходства на Ангаре и Енисее. Таким образом, уровень Байкала в настоящее время является искусственно зарегулированным. Постановлением Правительства РФ № 234 от 26 марта 2001 г. для снижения негативных экологических последствий установлены предельные максимальные (457,00 м) и минимальные (456,00 м) отметки уровня воды в Байкале, в диапазоне которых возможно использовать его водные ресурсы. На рисунке 3.4 наглядно показан характер среднемесячных колебаний уровня воды в озере за 1994–2007 гг. (Государственный доклад ..., 2008).

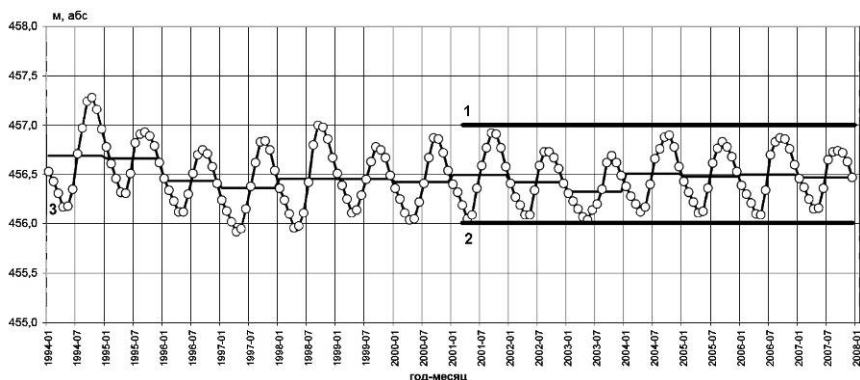


Рис. 3.4. Среднемесячные значения уровня воды оз. Байкал в 1994–2008 гг.:

- 1 и 2 – соответственно максимальные (457,00 м) и минимальные (456,00) значения уровня воды согласно постановлению Правительства РФ № 234 от 26 марта 2001 г.;
- 3 – среднегодовой уровень оз. Байкал

Сгонно-нагонные явления на Байкале наблюдаются в течение всего года, достигая максимальной величины в сентябре–декабре, когда отмечаются наибольшие скорости ветра. Так, в районе пос. Листвянка в год бывает до 20–25 случаев нагона и до 35–40

случаев сгона воды. Летом и осенью сгоны продолжаются в среднем около 40, а зимой – 35 часов, а нагоны – 44 и 40 часов соответственно. Средняя высота сгонов 11 и 9 см, а нагонов 8 и 7 см (Галазий, 1987).

Продолжительность сейш составляет от нескольких минут до 4,5 часов с амплитудой от 8 до 16 см. Для Байкала также характерны приливы и отливы, однако амплитуда этих колебаний весьма низка (1–2 см).

3.4. Течения, волновой режим Байкала, прозрачность вод

Течения. Наблюдения за течениями на Байкале проводятся с помощью морских вертушек, различного рода поплавков, по дрейфу льдов как по непосредственным наблюдениям, так и с использованием аэро- и космических снимков. Для изучения направления и скоростей течений применялась также бутылочная почта. В начале 60-х гг. прошлого столетия было отправлено в дрейф несколько тысяч бутылок с вложенными в них открытками, в которых содержалось обращение, чтобы нашедшие бутылку записали место и дату ее вылова и отправили открытку по указанному адресу. Возвращено было 10 % открыток. Следует отметить, что бутылки, выпущенные в Южной котловине Байкала, были выловлены в Северной на расстоянии 400 км.

Главными причинами, определяющими движение воды в Байкале, являются приток и отток речных вод и ветровая деятельность. Из постоянных стоковых течений следует выделить Селенгинское, Ангаро-Кичерское и Баргузинское. Селенгинское течение состоит из 2 ветвей. Основная юго-западная ветвь широким потоком от дельты Селенги направлена к западному берегу и прослеживается в районе Б. Котов и вблизи истоков Ангары (Сокольников, 1964). Селенгинские речные воды, перемешанные с водами озера, хорошо различаются по уменьшенной прозрачности и измененной цветности воды, по наличию в планктоне организмов, свойственных лишь Селенге и селенгинскому мелководью, а также по химическим показателям.

Ангаро-Кичерское течение от устьев рек В. Ангары и Кичеры направляется сначала на запад, а затем поворачивает на юг.

Баргузинское течение от устья р. Баргузин направляется вдоль берегов одноименного залива сначала на север, а затем вдоль побережья п-ва Св. Нос на юго-запад. Покидая залив, оно вдоль восточного берега устремляется на север.

Помимо этих постоянных течений в Байкале существуют и временные потоки водных масс различных направлений, вызван-

ные сильными ветрами. Проявляются они в поверхностных слоях воды и на глубине 15–20 м быстро затухают (рис. 3.5).

В общей сложной системе течений вырисовывается следующая закономерность: вдоль западного берега потоки воды движутся на юг, а вдоль восточного — на север, т. е. общая циркуляция водных масс направлена против часовой стрелки, и все три котловины охвачены этой циркуляцией. Роль течений в Байкале очень велика — они обеспечивают не только горизонтальный обмен водных масс внутри и между котловинами озера, но и в связи со сложностью рельефа байкальского дна играют большую роль и в вертикальном перемешивании воды, особенно в районе перемычек между котловинами.

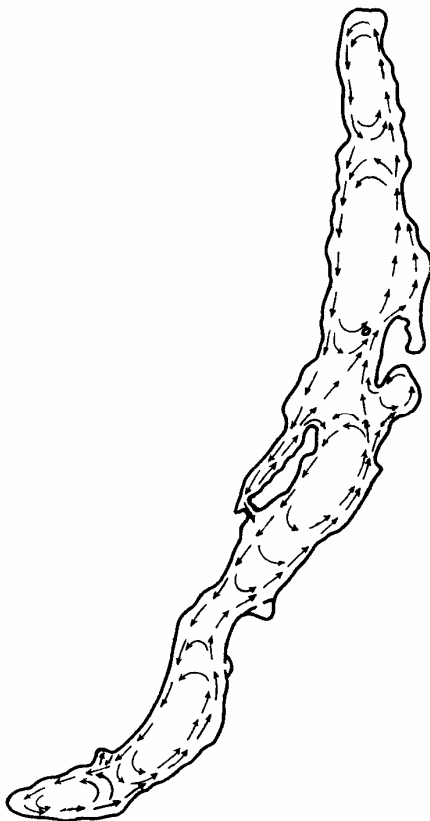


Рис. 3.5. Схема поверхностных течений оз. Байкал (Байкал: атлас, 1993)

Распределение скоростей течений по глубине может быть проиллюстрировано следующими данными наблюдений: 10 м – 142–96 см/с, 50 м – 56 см/с, 250 м – 30 см/с, 675 м – 12 см/с, 1000 м – 8 см/с, 1200 м – 6 см/с (Проблемы Байкала, 1978).

Волнение. Волны на Байкале, как и в других крупных водоемах, возникают под воздействием ветра, от перепада атмосферного давления на различных участках акватории и иных причин. Высота волн зависит от скорости ветра, длительности его действия и разгона – расстояния, на котором ветер продолжает воздействовать на бегущую волну. Волны, вызванные продолжительными ветрами (култук, верховик, баргузин) после прекращения ветра затухают в течение полусуток, а местными ветрами – через 2–3 часа.

В течение года наблюдаются два максимума волнения – первый сразу после вскрытия и очищения озера ото льда (май–июнь), а второй – в осенний период. Июнь–июль – наиболее спокойная часть навигационного периода. Почти в 80 % этого времени отмечается штиль и слабое волнение (высота волн менее 0,5 м). Подавляющее число летних штормов наблюдается во второй половине августа и сентябре, при этом высота волн достигает в Среднем Байкале 4,0–4,5 м. Октябрь–декабрь – наиболее штормовой и наиболее опасный по волнению отрезок времени. Волнение наблюдается почти непрерывно и развивается быстро. В этот период отмечаются самые высокие волны (более 5 м) (Байкал: атлас, 1993).

Каждый из основных байкальских ветров имеет свои особенности воздействия на волнение (Брянский, 1989).

Верховик образует значительное волнение в открытой части Среднего и Южного Байкала, в Чивыркуйском заливе и Малом Море. Култук формирует сильное волнение в средней и особенно северной части озера, образуя сильный прибой у восточных берегов о. Ольхон, у наветренных берегов Ушканьих островов, в Баргузинском заливе, у Нижнеангарска, а также на южном побережье от Мысовой до Посольска. Горные ветры вызывают наибольшее волнение у юго-восточной части побережья, в Малом Море – у наветренных берегов о. Ольхон.

Шелонник – единственный ветер, развивающий волнение у западного побережья, особенно на участке от Маритуя до Ольхонских ворот.

Для Байкала характерно образование сложного волнения, так называемой толчеи, возникающей при столкновении двух противоположных по направлению волнений.

Байкальские волны обладают огромной разрушительной силой. Вдоль Кругобайкальской железной дороги волнами неоднократно разрушались мощные железобетонные берегоукрепительные сооружения. На отдельных участках берегов, где происходит абразия ледниковых отложений, волны перемещали глыбы весом 4–6 т.

Прозрачность вод. Для определения прозрачности воды в озерах, водохранилищах, морях пользуются белым металлическим диском диаметром 30 см (диск Секки). Диск опускают с судна с помощью лебедки в воду до тех пор, пока он не скроется из виду. Эта глубина считается величиной «условной прозрачности». В настоящее время широко используются электронные прозрачномеры, которые позволяют фиксировать и записывать прозрачность на различных глубинах.

Наблюдения над прозрачностью Байкала ведутся с начала прошлого столетия и продолжаются в настоящее время. Условная прозрачность воды зависит от коэффициента отражения белого диска, характера освещенности, оптических характеристик воды и т. д. Результаты наблюдений показали, что прозрачность байкальских вод имеет временную и пространственную изменчивость. В глубоководных районах озера, по данным П. П. Шерстянкина, в годовом ходе прозрачности наблюдается два максимума (июнь-июль и декабрь-январь) и два минимума (март-апрель и август-сентябрь). Максимумы связаны с интенсивным вертикальным перемешиванием поверхностных вод с прозрачными глубинными в периоды весенней и осенней гомотермии, а минимумы вызваны интенсивным развитием в верхних слоях фитопланктона и устойчивой плотностной стратификацией, которая образуется летом и зимой (рис. 3.6). На мелководьях и заливах годовой ход прозрачности сглаживается (Байкал: атлас, 1993).

Самая высокая прозрачность отмечается в районах наибольших глубин и достигает 40 м, причем с глубиной прозрачность возрастает. По величине максимальной прозрачности Байкалу принадлежит ведущее место среди всех озер мира. Более прозрачными являются моря.

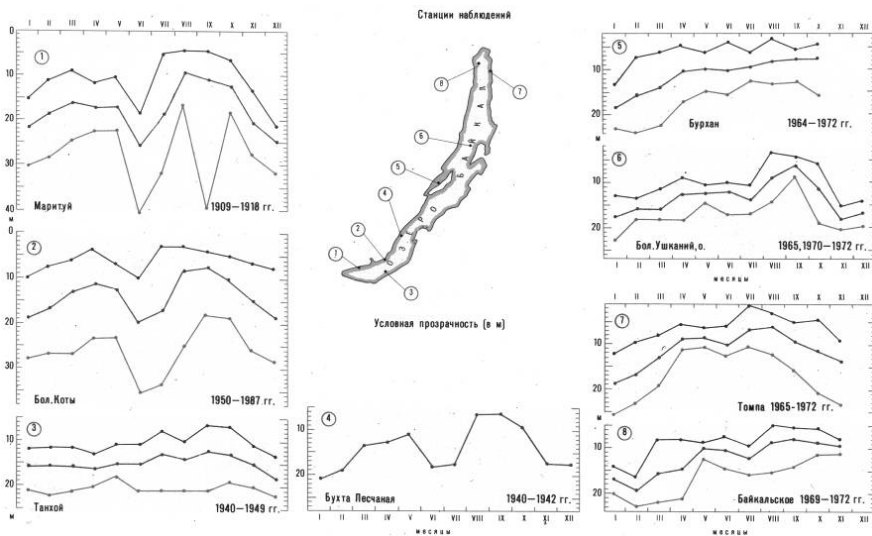


Рис. 3.6. Годовой ход условной прозрачности (Байкал: атлас, 1993).

Линии: верхняя – максимальная, средняя – средняя, нижняя – минимальная

Эталонем самой высокой прозрачности считались воды Саргассова моря (65 м), однако появились газетные публикации, что самая высокая прозрачность обнаружена в Южной Атлантике у берегов Антарктиды в холодных водах моря Уэдделла, где диск Секки исчез из виду на глубине более 80 м.

Самая низкая прозрачность на Байкале (до 1 м) зафиксирована в нескольких километрах от дельты Селенги. Это связано с большой мутностью речных вод особенно в периоды половодий и паводков.

В целом же, высокая прозрачность Байкала связана с малым содержанием в его воде взвешенных и растворенных веществ, а также за счет существования некоторого Механизма Самоочищения и Самосохранения (МСС) байкальских вод. Самое распространенное биологическое объяснение этого механизма заключается в том, что микроорганизмы, особенно зоопланктон и, в частности, рачки эпишура в процессе жизнедеятельности профильтро-

выпадают через себя в 10–15 раз больше воды, чем годовое ее поступление из всех притоков Байкала.

Другая точка зрения гидрофизическая. Не отвергая биологическое объяснение, считается, что высокая прозрачность вызвана интенсивным вертикальным водообменом, т. е. вентиляцией придонных вод поверхностными за счет фронтов океанического типа, своеобразных подводных водопадов, которые с большой скоростью, от 70 м в сутки в период ледостава и до сотни метров в сутки в период открытой воды, устремляют поверхностные водные массы, содержащие муть, взвешенные вещества и антропогенные загрязнения в придонные области, где эти вещества оседают на дно (Шерстянкин, 1997, 2000).

3.5. Термический режим воды в озере

Для большинства озер, в том числе и Байкала, главными приходными составляющими теплового баланса являются солнечная радиация, теплообмен с атмосферой, принос тепла с речным стоком, выделение теплоты при конденсации водяного пара и при ледообразовании. Расходная часть теплового баланса – это эффективное излучение, передача тепла в процессе турбулентного теплообмена в атмосферу, затраты тепла на испарение, таяние льда и тепловой вынос с речными водами.

Передача тепла от поверхности на глубину и наоборот происходит вследствие механического перемешивания и конвекции. Перемешивание, в свою очередь, вызывается волнением и течениями. Конвекция возникает в результате превышения плотности вышележащих слоев над плотностью нижележащих.

Сезонное изменение составляющих теплового баланса обеспечивает накопление тепла водной толщей Байкала с марта до второй половины сентября и расход тепла в остальную часть года (Верболов и др., 1965).

Следует отметить, что, несмотря на значительную площадь озера ($31\,500\text{ км}^2$), она относительно невелика по сравнению с глубинами и большим объемом воды в Байкале ($23\,000\text{ км}^3$), поэтому влия-

ние солнечной радиации, турбулентного теплообмена и тепловой приточности рек здесь несколько снижено относительно других озер.

Наиболее полные исследования, посвященные изучению температуры вод Байкала, были выполнены Л. Л. Россоломо и опубликованы в 1957 г. в книге «Температурный режим озера Байкал». В ней обобщен огромный объем материалов наблюдений за температурой воды в озере, начиная с исследований Раде, Дыбовского, Годлевского и других, дан критический анализ всех предыдущих работ, посвященных этой тематике. Обстоятельные сведения о температурном режиме Байкала имеются также в работах В. И. Верболова и М. Н. Шимараева.

3.5.1. Температура воды поверхностного слоя

Распределение температуры воды по акватории Байкала носит неравномерный характер. Её максимальные значения отмечаются в августе, составляя в открытых районах озера 8–11 °С. У берегов она повышается, достигая 15–16 °С. Отепляющее влияние на воды прибрежных участков оказывает тепловой сток крупных и средних рек. В связи с этим температура воды в придельтовых участках рек, а также в хорошо прогреваемых мелководных заливах – Баргузинском, Чивыркуйском, Провале, Посольском Соре, Мухорском и других может превышать 20 °С. Минимальные температуры в поверхностном слое обычно приурочены к январю–февралю и составляют 0,2–0,5 °С (рис. 3.7). Определенную роль на температурный режим прибрежных участков оказывает ветровая деятельность, приводящая к сгону поверхностных вод и подъему более теплых или холодных глубинных. Однако эти изменения температур имеют небольшую продолжительность.

Средняя годовая температура на поверхности воды равна 4,0 °С.

Суточный ход температуры воды выражен слабо, его амплитуда даже вблизи берега не превышает 0,5 °С и уменьшается по мере удаления от него.

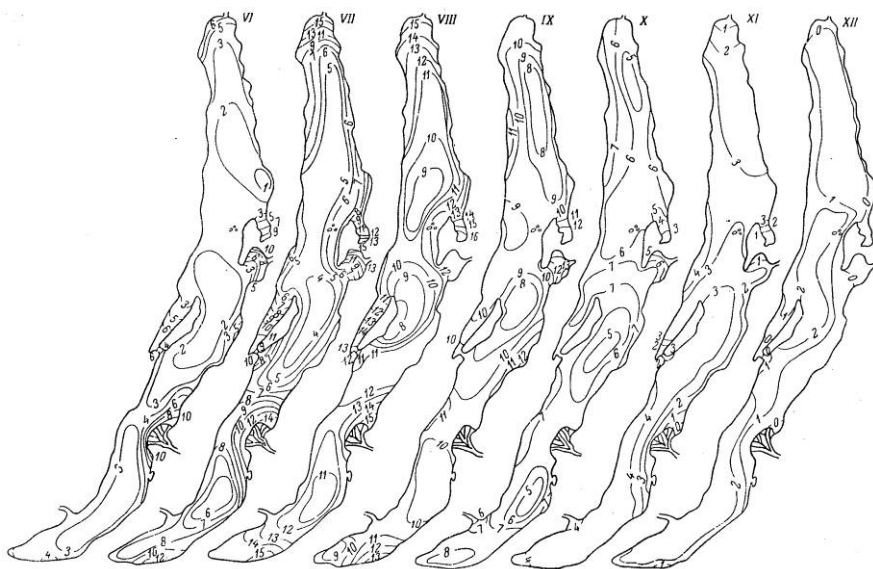


Рис. 3.7. Распределение температуры поверхности воды с июня по декабрь (Верболов и др., 1965)

3.5.2. Распределение температуры воды по глубине

Проникновение тепла вглубь в основном происходит за счет течений. Они вызывают циркуляции, охватывающие слои воды до нескольких сот метров, что приводит к интенсивному смешиванию водных масс. Кроме того, важную роль в вертикальном перераспределении тепла играют плотностные перемешивания, возникающие при установлении в поверхностном слое температуры наибольшей плотности (4°C).

В Байкале, как и во многих озерных водоемах умеренного пояса, в годовом цикле распределения температуры с глубиной выделяется четыре периода: весеннего и летнего нагревания, осеннего и зимнего охлаждения. Однако благодаря громадной водной массе Байкала, медленно нагревающейся и охлаждающейся, сроки наступления различных стратификаций температур запаздывают в среднем на два месяца по сравнению с озерами, расположенными в аналогичных физико-географических условиях.

Период весеннего нагревания начинается в марте еще при ледоласте за счет прогрева поверхностного слоя воды, благодаря проникающей под лед солнечной радиации и частично от более теплых глубинных вод. Столь раннее прогревание особенно характерно для участков льда, лишенных снежного покрова. Процесс весеннего нагревания продолжается и после вскрытия Байкала. Когда температура поверхностного слоя приближается к 4°C , нарушается вертикальная устойчивость вод. Наиболее плотная и более теплая вода начинает опускаться, а менее плотная и менее теплая – поднимается к поверхности. Возникшее интенсивное вертикальное конвективное перемешивание приводит к выравниванию температуры по глубине и наступает весенняя гомотермия, охватывающая весь деятельный слой 200–300 м. Гомогенное распределение температур по данным наблюдений на рейдовых вертикалях приурочено обычно к июню. Величины температур в это время находятся в пределах $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$ (прил. 4, рис. 3.8).

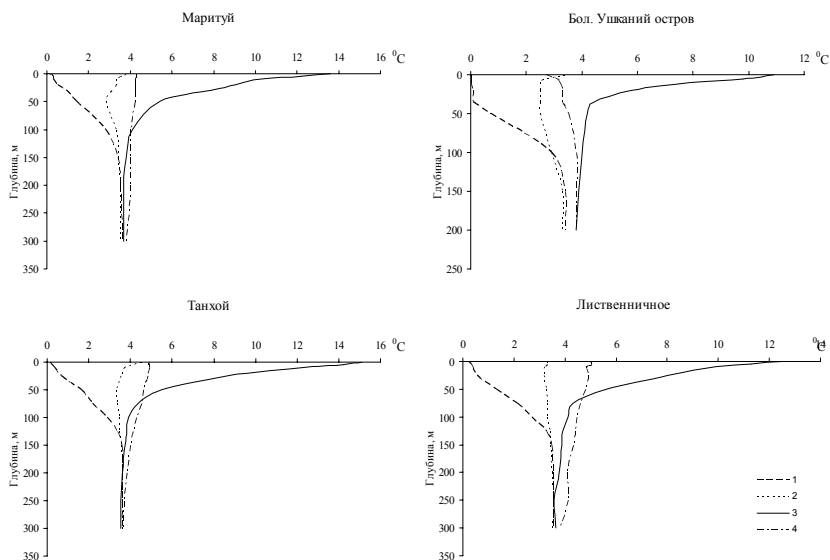


Рис. 3.8. Распределение температуры воды с глубиной в различные сезоны года:

- 1 – обратная стратификация, 2 – весенняя гомотермия, 3 – прямая стратификация, 4 – осенняя гомотермия (Верболов и др., 1965)

В период летнего прогрева в Байкале устанавливается прямая температурная стратиграфия: наиболее высокую температуру приобретает поверхностный слой воды – эпилимнион. Ниже этого слоя на глубинах от 5–10 до 150–200 м располагается так называемый слой температурного скачка – металимнион. Основная же толща озерных вод – гипolimнион имеет относительно низкую температуру (3,5–4,0 °C).

Период осеннего охлаждения характеризуется установлением гомотермии с температурой около 4 °C в 200–300-метровом слое. Лишь в ноябре, как и при весенней гомотермии, создаются благоприятные условия для вертикального конвективного перемешивания путем опускания на глубину более плотных поверхностных вод.

Зимой наблюдается обратная стратификация температур. После образования ледяного покрова в поверхностном слое воды (0–5, 0–10 м) устанавливается наиболее низкая температура (от 0,2 до 0,5 °C). Вглубь до 150–300 м температура возрастает, достигая 3,5–3,8 °C, а затем у дна понижается до 3,2–3,4 °C (Россолимо, 1957; Верболов и др., 1965). Следует отметить, что на вертикальное распределение температуры воды в глубинных слоях оказывает влияние эффект уменьшения температуры наибольшей плотности воды с возрастанием давления. Так, например, на глубинах 1000 и 1500 м температуры наибольшей плотности, соответственно, будут равны 3,30 и 2,94 °C.

Анализ температурного режима Байкала позволяет выделить следующие основные закономерности:

а) различие в ходе среднемесячных температур в прибрежных и открытых частях озера;

б) наличие в водной части Байкала верхнего деятельного слоя, мощностью до 250 м, где отмечается изменчивость температур в течение года;

в) отсутствие колебаний температур в глубинном слое, где они всегда ниже температуры наибольшей плотности (4 °C).

3.6. Ледовый режим

Изучение ледового режима производится как в целях обеспечения отраслей народного хозяйства и населения информацией о состоянии ледовой обстановки, так и в научных целях, так как ледовые явления тесно связаны с температурой, ветром, волнением и течениями. Продолжительность ледостава, состояние льда определяют сроки навигационного периода и возможности автотранспортного сообщения зимой. Кроме того, знание ледового режима необходимо для правильной эксплуатации гидротехнических сооружений.

Началом систематических стационарных наблюдений за ледовым покровом Байкала следует считать 1869–1876 гг. Организаторами этих наблюдений в Култуке являлись Б. И. Дыбовский и В. А. Годлевский. Ими сделано детальное описание вскрытия и замерзания Байкала, установлена зависимость между толщиной льда и мощностью лежащего на нем снега.

С 1894 г. по инициативе А. В. Вознесенского начали проводиться регулярные наблюдения за ледовым режимом на некоторых гидрометеорологических станциях. Большая заслуга в изучении ледовых явлений на озере принадлежит В. Б. Шостаковичу, который посвятил этой теме более десятка работ, а также Г. Ю. Верещагину, разработавшему новые методы исследования ледовых образований. Наиболее полно изучен ледовый режим В. М. Сокольниковым, что нашло отражение в его многочисленных работах (Верболов и др., 1965). Эти материалы использованы авторами при написании данной главы.

При характеристике ледовых явлений рассмотрим три стадии – замерзание, ледостав и вскрытие.

3.6.1. Замерзание

Как отмечалось в предыдущей главе, в осенне-зимний период воды Байкала из-за своей громадной массы долго сохраняют тепло, поэтому важной особенностью водоема является его позднее замерзание.

Как известно, для образования льда из воды необходимы ее переохлаждение, наличие в воде ядер кристаллизации и отвод скрытой теплоты замерзания ото льда.

Одним из первых явлений на озере, способствующих ледообразованию, можно считать ***снежуру*** (снежная каша), которая образуется при интенсивном снегопаде на поверхность охлажденной воды, не позволяющей снегу таять.

Брызговое оледенение – это одно из первых ледовых образований, которое появляется преимущественно в ноябре на отвесных скалах. Оно может достигать больших размеров (рис. 3.9). Намерзая на бортах и палубах, представляет значительную опасность для судов.



Рис. 3.9. Брызговое оледенение

Ледяные наплески формируются в результате замерзания воды, выбрасываемой волнами на холодную поверхность пляжей, и образуются одновременно с брызговым оледенением. При дальнейшем похолодании и усилении волноприбойной деятельности на побережье появляются наплесковые ледяные валы и холмики, называемые местным населением «сокуи» или «сопки». Наиболее высокие сокуи формируются вдоль пологого юго-восточного побережья, где они достигают высоты 6–7 м, при среднем значении 2–3 м. У северо-западного обрывистого берега сокуи образуются реже. Из-за постепенного понижения уровня Байкала в осенний период возникают гряды сокуев, опоясывающих в несколько рядов побережье. Они становятся своеобразным ледяным барьером, предохраняющим берега и гидротехнические сооружения от повреждения при надвигах льда.

Забереги – полосы неподвижного тонкого льда, которые образуются вдоль берега, прежде всего в заливах, сорах, мелководьях. Вначале они имеют ширину несколько метров, а перед ледоставом могут достигать нескольких километров, превращаясь в *припай*. В дальнейшем увеличение ширины припая нередко происходит за счет примерзания к нему плавучих льдов в период ледохода.

Сало – тонкая ледяная пленка, состоящая из прозрачных ледяных кристаллов в виде мелких иголок. Издали скопления ледяных кристаллов напоминают пятна разлитой маслянистой жидкости. Сало образуется на спокойной поверхности воды и появляется, как правило, значительно позднее, чем наплески. Под влиянием течения и волнения сало разрушается, частично втягивается в толщу воды, где участвует в образовании внутриводного льда и шуги.

Склянка (местное название «*чир*») формируется из сала и представляет тонкую пленку прозрачного льда. Она образуется, в основном, в штилевую погоду, которая осенью весьма редка на Байкале. Под воздействием ветра и волнения склянка взламывается. Этот лед обладает большой режущей способностью и опасен для деревянной обшивки судов.

В условиях интенсивного турбулентного перемешивания, под воздействием волнения, при некотором переохлаждении воды кристаллы льда образуются не только на поверхности, но и по

всей толще перемешиваемой воды и даже на дне, формируя шугу, внутриводный и донный лед.

Шуга – рыхлые, белесоватого цвета комья, находящиеся в воде во взвешенном состоянии, которые формируются в переохлажденной воде из сала, снежуры, внутриводного и донного льда.

Внутриводный лед («шорох») образуется на Байкале в больших количествах. Внутриводный лед имеет губчатое строение, состоит из кристаллов самой разнообразной формы: иглообразных, пластинчатых, чечевице- и шарообразных, бобо- и гороховидных и др. с размерами от 1–2 до 10–20 мм. Из шороха в основном формируются сокуи, а также **«блинчатый лед»** – льдинки округлой формы, диаметром от 10 до 60 см.

Донный лед образуется на многих участках побережья. Для кристаллизации донного льда необходимо омывание дна переохлажденной водой, которая возникает в результате выноса холодного воздуха из долин рек, впадающих в Байкал. Слоем донного льда покрываются камни, сваи причалов, водоросли и т. п. По мере утолщения лед всплывает, иногда увлекая за собой камни и другие тяжелые предметы. После всплытия отдельные куски льда смерзаются и образуют шугу и льдины различных размеров, которые затем формируют ледяные поля. Ледяной покров, образовавшийся из смерзшегося донного льда, непрозрачен, имеет белесоватый оттенок и отличается пониженной прочностью.

Осенний ледоход начинается в конце октября – начале ноября на мелководных участках озера в узких бухтах, в сорах и в течение двух месяцев постепенно распространяется на глубоководные части акватории. Столь длительный период формирования ледяного покрова вызван большими теплозапасами вод озера и поэтому образованию льда предшествует длительное время переохлаждения достаточно мощного слоя воды. Перед ледоставом сильные ветры зачастую отрывают от берега большие массы льда и переносят к противоположному берегу, где они примерзают к припаю. Иногда лед вновь ломается и его относит назад. Вследствие этих перемещений образуются большие ледяные поля с торосами.

На Байкале из-за сильных штормов в ноябре–декабре формируется несколько временных ледоставов. Известны случаи, когда ветер разламывал лед толщиной более 30 см. Взлом ледяного покрова происходит из-за штормов, вызванных горной. Этот сры-

вающийся с гор ветер создает сильно пульсирующее и неравномерное давление на ледяной покров. Под ним возбуждаются волны, которые, в свою очередь, влекут за собой возникновение ледовых волн разных периодов, амплитуд, длин и направленности. Эти волны вызывают взлом монолитного льда.

В литературе, посвященной ледовому режиму, приводятся многочисленные примеры неустойчивого ледостава. Так, В. Б. Шостакович пишет: «У р. Бугульдейка 13–14 января 1908 г. открылась конная переправа из с. Харауза, а 15–16 января лед у северо-западного берега взломало, и девять подвод с лошадьми носило по озеру в течение пяти суток: 22 человека с трудом перебрались на берег, 19 января озеро снова замерзло, а с 21 января наладилась обычная переправа. В 1932 г. у Лиственичного после начала переправы лед, достигший толщины 10–15 см, был взломан сильным штормом» (Верболов и др., 1965).

3.6.2. Ледостав

Ледостав на Байкале наступает гораздо позднее, чем на других водоемах. Причиной этого, как отмечалось выше, является громадная водная масса озера, требующая длительного периода для своего охлаждения, а также ветровая деятельность, которая особенно интенсивно проявляется в осенне-зимний период.

Формирование устойчивого ледяного покрова первоначально происходит в мелководных заливах и приурочено ко второй декаде ноября. Как видно из табл. 3.3, составленной по данным (Байкал: атлас, 1993), в глубоководных частях северной и средней котловин озера ледостав наступает в первых числах января, а в южной котловине – лишь 10–14 января.

Толщина льда в день ледостава колеблется от 10 до 40 см, а затем быстро увеличивается, причем скорость нарастания ледяного покрова на бесснежных участках происходит быстрее, так как теплопроводность льда на порядок выше теплопроводности снега.

Максимальной мощности лед достигает в конце марта, варьируя по акватории Байкала в среднем от 70 до 115 см. Наименьшая мощность льда наблюдается на южном Байкале, где выпадает наибольшее количество снега. В северном Байкале из-за более низких температур и на Малом Море из-за частого отсутствия снежного покрова толщина льда достигает максимальных значений.

Таблица 3.3

Сведения о ледовом режиме на станциях и постах оз. Байкал

№	Станции и посты	Дата		Продолжительность ледостава (дни)	Средняя многолетняя толщина льда (см) в первой декаде марта
		наступления ледостава	очищения ото льда		
1	Байкальск	9.01	22.05	134	67
2	Култук	14.01	13.05	119	90
3	Танхой	7.01	25.05	138	72
4	Байкал	11.01	13.05	122	80
5	Б. Коты	10.01	12.05	122	90
6	Бабушкин	3.01	25.05	142	96
7	Б. Голоустное	11.01	12.05	121	91
8	Сарма	21.12	16.05	146	117
9	Хужир	28.12	30.05	153	101
10	Узур	7.01	23.05	136	101
11	Н. Изголовье	6.01	29.05	143	108
12	Б. Ушканий	3.01	29.05	146	104
13	Давша	30.12	13.06	165	110
14	Томпа	1.01	10.06	160	97
15	Байкальское	3.01	7.06	155	115
16	Северобайкальск	1.01	6.06	156	95

Самая большая толщина льда (до 150–250 см) отмечена в районах мощных подсонов за счет смерзания отдельных обломков льда.

Монолитность ледяного покрова на отдельных участках нарушается пропаринами и трещинами.

Пропарины («ключи») имеют очень тонкий слой льда в результате подтока большого количества тепла, вызывающего протаивание льда с нижней поверхности. В. М. Сокольников выделяет пять следующих причин образования пропарин: 1) газы, увлекающие теплую воду со дна; 2) течения, подносящие теплую воду; 3) термальные воды; 4) воды ключей; 5) тепло речных вод в приустьевых участках (Верболов и др., 1965).

Ежегодно пропарины можно обнаружить в приустьевых участках Селенги, В. Ангары, Баргузина, Сармы и др., в Чивыркуйском заливе, в районах Академического хребта, Ушканьих островов, м. Кадильного и т. д. Они очень опасны для автотранспорта и их нужно обходить с большой осторожностью. К сожалению, из-за пренебрежения мерами техники безопасности ежегодно в пропарины попадает множество автомашин (рис. 3.10) и гибнут люди.



Рис. 3.10. Пропарина в Сарминском заливе (фото Н. С. Беркина)

Полыньи – это участки с открытой водной поверхностью среди ледяного покрова, в отличие от пропарин, покрытых, обычно, ледяной коркой. Причины образования полыней те же, что и пропарин. Наиболее часто полыньи встречаются у мысов Б. Кадильный и М. Кадильный, в проливе Ольхонские ворота и в других местах. Наиболее крупная незамерзающая полынья находится в истоке р. Ангары. Мощный водный поток, с расходом около $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ и с температурой воды выше 0°C препятствует формированию ледяного покрова.

Торосы – это нагромождение смерзшихся льдин, характеризующиеся большой неровностью и хаотичностью ледяного покрова.

Становые щели возникают при перепаде температур воздуха вследствие теплового расширения или сжатия ледяного покрова. Вначале в нем возникают небольшие сухие несквозные трещины, однако при длительном понижении температуры ледяной покров сжимается так сильно, что мелкие трещины уже не могут компенсировать сжатие и преобразуются в сквозные термические трещины.

ны (становые щели), формируя отдельные ледяные поля, достигающие иногда до 10–30 км в поперечнике. В разные годы их местонахождение относительно постоянно. При понижении температуры на 10–15 °С ширина щелей может достигать 4 м, при среднем значении от 0,5 до 1–2 м (рис. 3.11), а при потеплении лед расширяется и щели смыкаются, на их краях происходит нажим и дробление льда, что приводит к образованию станových торосов. Линейное расширение или сжатие льда при изменении его температуры на 1 °С составляет 70 мм на 1 км льда. Колебания температуры воздуха иногда достигают 20–30 °С в сутки. Таким образом, при ширине Байкала в 40 км в районе Лиственичное – Танхой и перепаде температуры только 10 °С суммарная ширина щелей достигнет 28 м (Галазий, 1987).

Автомобили преодолевают щели с помощью специальных трапов из толстых (4–5 см) досок, или из бревен с дощатым настилом, уложенных поперек щелей.

Серьезную опасность для инженерных сооружений представляют надвиги льда. Особенно опасны они весной, когда талые воды заполняют сухие термические трещины, а затем замерзают в них, образуя монолитный лед. Трещины перестают играть роль температурных компенсаторов. В конце зимы при усилении ветров возникают подвижки льда и он выжимается на берег, сокрушая все на своем пути. Г. И. Галазий (1987, с. 135) пишет: «Лед может выжиматься на берег на расстояние 20–30 м, а его нагромождение при встрече с надежным препятствием – скалой, например, подниматься на 15–16 м. В 1962 г. в южном Байкале наблюдали ледяные валы от надвигов высотой до 20–30 м. В 1933 г. такие нажимы льда перекрыли железнодорожное полотно около ст. Танхой и столкнули с рельсов товарный железнодорожный эшелон вместе с паровозом. Весной 1960 г. на судоверфи им. Ем. Ярославского ледокол «Ангара» водоизмещением 1400 т был вытеснен льдом на береговую отмель. В этом же году в пос. Лиственичном и в порту Байкал надвигами разрушены причальные сооружения, а в бухте Сосновка при полном штиле подвижкой льда на берег вытеснились камни весом 5–6 т. Для защиты инженерных сооружений или судов от повреждения ледовыми надвигами вокруг защищаемых сооружений прорубают майну – щель для свободного смещения льда».



Рис. 3.11. Становая щель (фото А. А. Макарова)

3.6.3. Вскрытие

Вскрытие Байкала растягивается на довольно продолжительный период времени. Первым этапом перехода от зимнего состояния льда к весеннему В. М. Сокольников (Верболов и др., 1965) считает прекращение его намерзания, что происходит еще при низких отрицательных температурах. Прежде всего, это касается прозрачного бесснежного льда, под поверхностью которого происходит повышение температуры воды в результате парникового эффекта и низкого альбедо льда (10–20 %). Прекращение нарастания льда в некоторых районах может происходить также из-за приноса течениями более теплых глубинных вод. Так, в проливе Ольхонские ворота толщина льда перестает увеличиваться в 20-х числах февраля при температуре воздуха ниже -15° . В Южном и Среднем Байкале нарастание льда прекращается лишь в конце марта, а в районе Посольска и Турки, где преобладает заснеженный лед с высокой отражательной способностью, этот процесс затягивается до начала апреля.

Таяние льда обычно начинается с сокуев, затем разрушаются верхняя часть торосов и льды, оказавшиеся на берегу вследствие зимнего понижения уровня и перемещения уреза воды в сторону озера. Под влиянием тепла прозрачный бесснежный лед расчленяется на шестики, не связанные между собой. Процесс разрушения мутного белесоватого льда, покрытого снегом, начинается позднее и протекает медленнее.

Расчленение ледяного покрова на отдельные кристаллы («разыгливание») начинается в Малом Море и на юго-западном побережье между Листвянкой и бухтой Песчаной (12–16 апреля), а на противоположном берегу на две недели позже. К северу этот процесс затягивается до 16–19 мая. Разыгливание льда прерывается похолоданиями, тогда лед смерзается и вновь становится прочным.

Окончательное вскрытие и разрушение ледяного покрова начинается на юго-западном побережье в районе мысов Б. Кадильный и М. Кадильный. Здесь образуются еще в конце марта – начале апреля многочисленные *закраины*, которые, соединяясь, формируют большую полынью.

В конце апреля взламывается ледяной покров вдоль западного побережья, отсюда вскрытие распространяется к югу, северу и противоположному берегу.

Весенний ледоход в среднем по Байкалу продолжается 12–20 дней. Полное очищение ото льда начинается 12–13 мая на Южном Байкале и заканчивается лишь месяц спустя на Северном (см. табл. 3.3).

Таким образом, продолжительность ледостава варьирует от 121 до 166 дней, т. е. от 4 до 5,5 месяцев.

Согласно исследованиям М. Н. Шимараева и др. (2008), в результате повышения температуры воды в Байкале в XX столетии произошли заметные изменения в ледовом режиме озера. Так, продолжительность ледостава в Южном Байкале сократилась на 18 суток. По данным наблюдений, в пос. Листвянка в 1949–2000 гг. толщина льда уменьшилась на 2,4 см за 10 лет. В условиях дальнейшего потепления климата к 2100 г., по мнению авторов, продолжительность зимнего ледостава сократится на 35–37 суток и составит 56–60 дней в южной и средней и около 75 дней в северной части озера. На юге озера толщина льда уменьшится в среднем до 30–40 см.

3.6.4. Ледовые переправы

В период ледостава Байкал с давних времен использовался гужевым, а затем автомобильным транспортом для переправы и движения вдоль берегов. В XIX в. до постройки железной дороги по льду озера за зиму проезжало 20 тыс. подвод.

В начале прошлого века пассажирам, прибывшим зимой поездом к Байкалу, выдавались валенки, тулупы и предлагалось пересесть в сани. Через каждые 6 верст на льду озера стояли теплые бараки, а на полпути располагалась целая станция «Середина» с буфетом и стоянкой для лошадей.

Во время русско-японской войны по льду Байкала был даже проложен рельсовый путь на конной тяге. Об этом событии ярко повествует в своей работе Е. Кравкаль (2008, с. 24–26): «Началась русско-японская война. Строительство «Кругобайкалки» задерживалось, и от Иркутска до Баранчика (в 5 км восточнее порта Байкал. – *Примеч. Н. Беркина*) скопилось множество составов с

военными грузами и паровозы для восточного участка Сибирской магистрали. Для их перевозки было принято смелое, не имеющее аналогов в мировой практике, решение проложить временную железную дорогу от Баранчика до Танхой прямо по льду озера... 17 февраля 1904 г. по льду Байкала двинулись первые вагоны... Но на этом трудности строителей не закончились. При подвижках льда рельсы выгибались дугой и рвались, словно бумажные. И все-таки эта необыкновенная переправа себя оправдала. Через Байкал удалось перекатить 1639 товарных вагонов, 411 теплушек, 262 платформы, 65 паровозов, 25 классных вагонов. В апреле дорогу разобрали».

В настоящее время зимой переправы по льду являются часто единственно возможными путями сообщения между населенными пунктами, расположенными на побережье и о. Ольхон. Сообщение между поселениями, находящимися на одном берегу, начинаются нередко еще до наступления ледостава по заберегам и припаям. Грузы весом до 15 т могут перевозиться автотранспортом при мощности льда 50 см, а более тяжелые – свыше 75 см. Осенний молодой лед толщиной 5 см выдерживает тяжесть человека.

3.7. Гидрохимический режим оз. Байкал, его притоков и р. Ангары

Гидрохимический баланс озер, в том числе и Байкала, состоит из приходных и расходных статей, которые могут быть представлены следующим уравнением:

$$R_{\text{реч.}}^{+} + R_{\text{подз.}}^{+} + R_x = R_{\text{реч.}}^{-} + R_{\text{подз.}}^{-} + R_{\text{ветр.}} + R_{\text{ос.}} \pm \Delta R,$$

где $R_{\text{реч.}}^{+}$ и $R_{\text{реч.}}^{-}$ – приход и расход солей с поверхностным (речным) стоком; $R_{\text{подз.}}^{+}$ и $R_{\text{подз.}}^{-}$ – то же, с подземным стоком; R_x – поступление солей с атмосферными осадками; $R_{\text{ветр.}}$ – вынос солей с поверхности озера ветром; $R_{\text{ос.}}$ – количество солей, осаждающихся на дно; $\pm \Delta R$ – изменение количества солей в воде озера за интервал времени Δt .

Члены уравнения выражаются в единицах массы (кг).

Наиболее полное изучение параметров этого уравнения для Байкала нашло отражение в многочисленных работах К. К. Вотинцева, его учеников и других сотрудников Лимнологического института СО РАН (Вотинцев, 1961; Вотинцев, Глазунова, Толмачева, 1965).

Согласно этим исследованиям, гидрохимический состав вод озера в основном определяется притоком речных вод. Воды атмосферных осадков мало минерализованы и в гидрохимическом балансе озера их доля составляет всего 1,4 %. Поступление солей за счет подземных вод, дренирующихся непосредственно в озеро, минуя реки, также невелико, так как в водном балансе Байкала доля подземного стока составляет всего 3 %. Обособленные положения занимают высокоминерализованные воды минеральных и термальных источников, расположенных по побережью озера. Однако в связи с незначительностью их дебита они не оказывают существенного влияния на химический состав воды Байкала (табл. 3.4).

3.7.1. Гидрохимия притоков

Формирование химического состава воды рек бассейна Байкала происходит в основном среди слабовыщелачиваемых изверженных и метаморфических пород архея и протерозоя. Это определяет принадлежность их к гидрокарбонатному классу, группе кальциевых. Минерализация речных вод в большинстве случаев низкая или очень низкая, за исключением крупных рек (Селенга, Баргузин), а также малых, собирающих свои воды среди карбонатных пород, например р. Бугульдейка (табл. 3.4). Как видно из этой таблицы, при средней минерализации около 130 мг/дм³ амплитуда ее колебания довольно значительна и находится в пределах 30–309 мг/дм³.

При рассмотрении внутригодового хода следует отметить, что минимальные величины минерализации на реках отмечаются в периоды половодий и паводков за счет разбавления речных вод маломинерализованными талыми, снеговыми и дождевыми. Максимум минерализации для большинства рек приходится на конец подледного периода, а для некоторых рек – на летнюю межень, когда реки переходят только на подземное питание. Однако отдельные реки, как, например, Рель, настолько чисты, что их минерализация, наоборот, возрастает в периоды повышенной водности (Проблемы Байкала, 1978).

Таблица 3.4

Химический баланс Байкала, тыс. т/год (Байкал в цифрах, 2001)

Источник вод	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Сумма ионов	Органическое вещество	$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	SiO_2	Общая минерализация
П р и х о д													
18 главных рек	3539	277	42,2	19,2	1,68	859	165	204	5107	412	27,7	466	6013
Остальные притоки	1004	87	5,4	3,6	1,86	248	32	80	1462	172	1,8	161	1797
Осадки над Байкалом	53	9	0,9	5,5	0,40	18	1	4	92	24	–	4	120
Всего:	4596	373	48,5	28,3	3,94	1125	198	288	6661	608	29,5	631	7930
Р а с х о д													
Сток Ангары	4051	255	25,8	18,3	1,57	1007	138	258	5755	148	0,6	136	6040
Остается в Байкале	545	118	22,7	10,0	2,37	118	60	30	906	460	28,9	495	1890
Остается в Байкале (% от прихода)	12	32	47	35	60	10	30	10	14	76	98	78	24

Суммарный ионный сток за год составляет 6661 тыс. т, из которых на реки приходится 6569 (98,6 %), а на атмосферные осадки – лишь 1,4 %. Сток органических веществ равен 304 тыс. т, из них на долю рек приходится 96 %. В расходной части химического баланса Байкала основная доля приходится на ионный сток Ангары, который составляет 86 % от приходной части и лишь 14 % (906 тыс. т) остается в Байкале (табл. 3.5).

Годовая величина ионного стока и его сезонное распределение тесно связаны с расходами воды и лишь частично зависят от минерализации, внутригодовая изменчивость которой обычно на порядок меньше величин колебания стока рек

Содержание кислорода в притоках Байкала в безледный период близко к нормальному насыщению, а содержание углекислого газа понижено. К концу ледостава наблюдается обратное соотношение. Даже такая крупная река, как Селенга перед вскрытием льда несет воды с содержанием кислорода всего около 40–50 % насыщения, и лишь на участках с большими скоростями течения и наличием полыней газовый режим остается на протяжении всего года вполне благоприятным для гидробионтов.

Величина pH колеблется в нейтрально-щелочной области в пределах 7,2–7,8.

3.7.2. Гидрохимия озера

В табл. 3.6 представлен средний ионный состав воды Байкала, его притоков и атмосферных осадков, выпадающих на акваторию озера.

Таблица 3.6

Средний ионный состав воды Байкала и питающих его вод, мг/дм³
(Байкал в цифрах, 2001)

Источник вод	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+} K^{+}	Σ_u
Оз. Байкал	66,5	5,2	0,6	15,2	3,1	3,8 2,0	96,4
Притоки Байкала	79,3	6,7	0,7	20,0	4,3	5,1	116,1
Атмосферные осадки	5,8	0,9	0,3	1,9	0,1	0,1	9,1

Таблица 3.5

Средний (взвешенный по стоку) химический состав вод притоков Байкала, мг/дм³ (Байкал в цифрах, 2001)

Приток	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Сумма ионов	Органи- ческое вещество	Fe _{общ.}	SiO ₂	Итого
Селенга – с. Кабанск	88,67	6,50	1,23	0,43	0,040	20,69	4,55	5,17	127	10,62	0,89	11,58	150
В. Ангара – с. В. Заимка	57,34	3,70	0,27	0,20	0,018	14,90	2,06	2,65	81	5,04	0,15	6,41	93
Баргузин – с. Баргузин	89,22	7,90	1,06	0,39	0,077	24,05	2,74	5,52	131	8,14	0,30	9,13	149
Турка – с. Соболиха	36,06	3,14	0,62	0,54	0,035	8,55	1,40	3,27	54	6,48	0,23	11,96	72
Снежная – ст. Выдрино	31,30	3,81	0,10	0,63	0,011	8,89	0,85	2,12	48	7,11	0,34	7,86	63
Тяга – пос. Тяга	45,04	5,24	0,42	0,32	0,016	11,09	2,57	2,30	67	5,92	0,02	5,89	79
Томпуда – с. Томпуда	70,57	8,84	0,49	0,68	0,019	20,82	2,03	3,67	107	4,41	0,09	6,41	118
Хара-Мурин – пос. Мурино	18,21	4,04	0,18	0,61	0,008	4,72	0,77	2,26	31	7,70	0,04	8,37	47
Утулик – пос. Утулик	40,50	7,31	0,13	1,87	0,017	11,45	1,86	2,82	66	5,92	0,03	9,22	81
Рель – с. Байкальское	13,70	0,73	0,14	0,43	0,021	2,50	0,70	1,59	20	5,02	0,13	5,49	30
Голоустная – с. Б. Голоустное	81,28	14,28	0,66	0,25	0,029	19,69	6,27	3,64	126	13,73	0,28	9,87	150
Мантуриха – пос. Мантуриха	43,68	3,14	0,29	0,11	0,017	10,66	1,23	3,64	63	6,93	0,18	13,30	83
Сарма – с. Сарма	51,04	7,85	0,58	0,55	0,046	11,89	3,39	3,55	79	16,04	0,18	8,98	104
Б. Бугульдейка – с. Б. Бугульдейка	199,35	21,73	0,60	0,72	0,050	44,19	16,80	3,57	187	10,83	0,35	10,24	309
Б. Сухая – ст. Сухая	38,98	2,94	0,15	0,35	0,044	8,56	1,41	3,89	56	4,32	0,04	12,20	73
Мысовая – г. Бабушкин	36,61	2,41	0,18	0,27	0,020	8,58	1,05	3,35	52	5,63	0,07	13,89	72
Б. Половинная – 110-й км ВСЖД	34,15	3,41	0,46	0,53	0,106	6,99	1,55	4,13	51	14,96	0,58	13,22	80
Давше – с. Давша	61,58	4,37	0,37	0,29	0,035	15,10	1,56	5,29	89	9,10	0,10	12,86	111
Средний по 18 притокам	75,78	5,93	0,90	0,41	0,036	18,39	3,53	4,37	109	8,82	0,59	9,98	129
Средний по всем притокам	74,60	5,98	0,78	0,37	0,058	18,18	3,23	4,66	107,9	9,59	0,48	10,30	128,2

Как видно из табл. 3.6, наблюдается близость среднего химического состава воды Байкала и питающих его рек. Но она ограничивается только основными ионами, что же касается содержания соединений биогенных элементов, органических веществ и компонентов газов, то для них такого сходства не наблюдается (Проблемы Байкала, 1978).

В отличие от притоков в открытых частях озера практически не отмечаются сезонные изменения содержания основных компонентов ионного состава, и по глубине их распределение мало изменяется. Такая стабильность определяется незначительностью годового поступления вод в Байкал с речным, подземным стоком и осадками по сравнению с объемом озера, а также близостью среднего ионного состава притоков и озерных вод.

Следует отметить очень малое количество в водах озера кремния и кальция по сравнению с притоками. Кремний, поступающий с водами притоков, расходуется в озере диатомовыми водорослями и губками, а кальций идет на построение раковин моллюсков и хитиновый покров членистоногих.

Байкальские воды бедны также биогенными элементами и органическими веществами. Минимально содержание соединений железа, магния.

Растворенные газы (O_2 и CO_2) и органическое вещество распределены по акватории и глубине неравномерно. Содержание кислорода и органического вещества снижается с глубиной, а углекислого газа, наоборот, возрастает. Если на поверхности озера среднее содержание кислорода составляет 11,7–11,9 мг/дм³, на глубине 140 м – 9,9–10,6 мг/дм³, то на максимальных глубинах (около 1600 м) – только 9,5 мг/дм³. Величина CO_2 изменяется соответственно от 1,5–1,7 мг/дм³ (Проблемы Байкала, 1978).

В целом, газовый режим Байкала отличается высокой стабильностью и благоприятен для гидробионтов. Любопытно, что максимальные концентрации растворенного кислорода приурочены к зимнему подледному периоду и в верхнем 50–75-метровом слое обычно возрастают от января к марту, что объясняется ранним началом вегетации фитопланктона.

Насыщенность вод озера кислородом способствует развитию организмов на всех глубинах, включая максимальные, а также ин-

тенсифицирует процессы разрушения органического вещества и другие окислительные процессы. Это обстоятельство выгодно отличает Байкал от некоторых других озер и приводит к тому, что в его донных осадках не происходит в больших количествах накопление органического вещества. В то же время, воды, богатые растворенным кислородом, оказывают сильное коррозирующее воздействие на железо, а малое содержание CO_2 приводит к агрессивности воды Байкала к цементу и бетону. Эти обстоятельства необходимо учитывать при строительстве на Байкале различных инженерных и гидротехнических сооружений.

Наличие щелочных элементов (натрия, кальция, магния, калия) и низкое содержание свободной углекислоты создают слабощелочную реакцию байкальских вод. Концентрация водородных ионов (pH) находится в пределах 7,0–8,5, причем с глубиной pH снижается.

Таким образом, воды оз. Байкал по классификации О. А. Алейкина относятся к слабоминерализованным мягким водам гидрокарбонатного класса, группе кальциевых; по гидрохимическим параметрам они соответствуют международным стандартам высококачественной питьевой воды и отвечают требованиям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Сопоставление химического состава байкальской воды с требованием проекта стандарта на питьевую воду, выполненное в работе Г. И. Галазия, Е. Н. Тарасовой и др. (1996), показало, что значения и естественные колебания гидрохимических параметров байкальской воды ниже требований проекта стандарта в десятки раз и более.

3.7.3. Гидрохимия р. Ангары в истоке

Химический состав вод р. Ангары, безусловно, определяется водами Байкала.

Согласно многолетним исследованиям Института геохимии СО РАН (Гос. доклад ..., 2008) в истоке р. Ангары ее воды имеют низкую минерализацию. Сумма ионов за период с 1997 по 2007 гг. варьирует от 89,8 до 102,4 мг/дм³. Средний состав главных ионов приводится в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Среднегодовое содержание главных ионов (мг/дм³)
и минерализация воды в истоке Ангары

Ионы	Г о д ы											Сред- нее
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
HCO ₃ ⁻	65,9	65,0	65,1	65,2	65,6	67,4	65,6	66,1	66,41	66,9	66,5	65,97
Cl ⁻	0,62	0,51	0,64	0,61	0,58	0,61	0,66	0,56	0,63	0,62	0,63	0,61
SO ₄ ²⁻	5,4	6,6	6,4	5,9	6,0	5,5	5,2	4,9	5,3	5,7	5,6	5,68
K ⁺	0,98	0,99	0,95	0,92	0,86	0,94	0,90	0,91	0,87	0,94	0,98	0,93
Na ⁺	3,54	3,40	3,31	3,20	3,25	3,28	3,13	3,04	2,92	3,45	3,46	3,27
Ca ²⁺	15,1	15,4	15,5	15,4	15,7	15,3	15,2	16,0	15,7	15,6	15,4	15,48
Mg ²⁺	3,33	3,30	3,57	3,29	3,35	3,37	3,16	3,25	3,38	3,50	3,44	3,36
Минерали- зация	94,7	95,3	95,5	94,2	95,3	96,4	93,9	96,0	95,5	96,9	96,2	95,45

Как видно из таблицы, характерной особенностью вод р. Ангары является постоянство ионного состава, о чем свидетельствует незначительная вариация содержания главных ионов за 11-летний период. Концентрация микроэлементов также низка и находится на пределе обнаружения.

Увеличение антропогенного воздействия в бассейне озера способствует возрастанию стока растворенных веществ, что в конечном итоге может вызвать негативные изменения качества вод Байкала и Ангары.

3.8. Водные ресурсы Байкала

На долю Байкала приходится 86,8 % запасов пресных вод в озерах России и более 25 % запасов вод во всех пресных озерах мира (Михайлов и др., 2005).

Ангара, как единственная река, вытекающая из Байкала, является эквивалентом его водного и энергетического потенциала, который утилизируется Иркутской ГЭС и другими гидростанциями Ангарского каскада.

Ангара выносит 85 % всей воды, поступающей в озеро. Прорывая Приморский хребет, река устремляется на север. Расход воды в истоке составляет 1940, а в устье – 4770 м³/с.

Легенда о том, что Ангара сбежала от своего отца Байкала к могучему Енисею, несколько преувеличена. «Могучим» он стал лишь после слияния с Ангарой, так как ее расход воды при впадении в Енисей составляет 62, а Енисея всего лишь 38 % от общего стока. Было бы более справедливым называть Енисей притоком Ангары.

Длина Ангары 1779 км, площадь водосбора 1 039 000 км² (без бассейна оз. Байкал 468 000 км²), общее падение 380 м, средний уклон 0,2 ‰ (Ресурсы..., 1972). Одна из важнейших особенностей уровня режима Ангары – тесная связь с уровнями Байкала. Это, прежде всего, определяет зарегулированность ее стока, что является чрезвычайно ценным свойством с точки зрения использования ее гидроэнергоресурсов. Уникальность Ангары, как зарегулированной Байкалом реки, можно иллюстрировать следующими цифрами: коэффициент вариации стока составляет всего 0,11, отношение максимального среднегодового расхода к минимальному в истоке равно 6, тогда как на р. Лене у Змеиново эта величина достигает 25, на р. Бирюсе, у Шиткино – 62, а на Иркуте, у Смоленщины – 400. Дополнительным регулятором речного стока верхнего участка Ангары стало Иркутское водохранилище.

На рис. 3.12 представлен график колебания величин годового стока р. Ангары у Иркутска за почти 100-летний период наблюдений, из которого видно небольшую амплитуду вариации стока относительно его среднеегодового значения (Шерстянкин, 1997). Гидроэнергетический потенциал р. Ангары равен 15 млн кВт, из которых более половины этой мощности реализовано Иркутской, Братской и Усть-Илимской ГЭС.

Оценивая водные ресурсы Байкала, необходимо иметь в виду, что его статические запасы в объеме 23 000 км³ не могут быть полностью использованы для водозабора, поскольку нельзя изымать у Байкала воды больше, чем ее возобновляется и вытекает с Ангарой, годовой сток которой составляет всего 60 км³, или 0,26 % от объема озера. Таким образом, основную часть громадных запасов вод озера невозможно потратить на водоснабжение без нанесения колоссального экологического ущерба Байкалу.

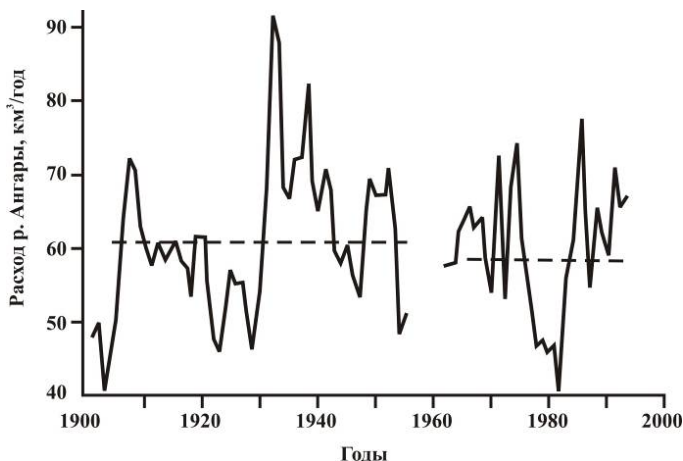


Рис. 3.12. Годовые величины стока р. Ангары за период с 1901 по 1993 гг.

Это обстоятельство не всегда учитывают, когда говорят о мировом значении Байкала, как «колодца» планеты, способного обеспечить прекрасной пресной водой потребности человечества. На самом же деле, возможные для использования водные ресурсы Байкала в сотни раз меньше его статических запасов.

Другое дело, если речь идет о потреблении байкальской воды в питьевых целях. Физиологическая потребность одного человека в питьевой воде составляет около 3 л/сут. Байкал, как источник питьевой воды, может обеспечить не только Россию, но и другие страны, такие как Китай, Япония и т. д. Без ущерба для Байкала можно забирать глубинную питьевую воду в размере 1 км³/год, что в тысячу раз превышает потенциальную емкость мирового рынка питьевой воды (Шерстянкин, 1997). Более подробные сведения о возможности питьевого водоснабжения из оз. Байкал и проблемах ее транспортировки можно получить из вышеприведенной работы.

В настоящее время производится забор питьевой бутилированной байкальской воды с глубин около 400 м в Листвянке, планируется также создание подобных водозаборов в Култуке, Северобайкальске, Танхое и Выдрино.

Контрольные вопросы

1. Основные притоки Байкала и их краткая гидрологическая характеристика.
2. Водный баланс Байкала.
3. Уровенный режим озера.
4. Течения, волновой режим Байкала, прозрачность вод.
5. Температура воды поверхностного слоя озера.
6. Распределение температуры воды по глубине озера.
7. Ледовые явления при замерзании.
8. Ледовые явления при ледоставе и вскрытии.
9. Ледовые переправы.
10. Гидрохимия вод притоков озера Байкал.
11. Гидрохимия вод озера Байкал.
12. Водные ресурсы Байкала и возможности их использования.

4. Биота оз. Байкал

4.1. Биологическое разнообразие животного и растительного мира оз. Байкал

Озеро Байкал отличается от большинства пресных водоемов нашей планеты не только геологической эволюцией и возрастом, но и разнообразием растительных и животных организмов, которые сформировались в результате взаимодействия комплекса факторов в течение продолжительного времени.

Фаунистические исследования Байкала начались во второй половине XVIII в. с описания байкальского тюленя (Georgi, 1775). В течение последующих 100 лет появились сведения о 30 видах животных, в том числе об омуле, голомянке, тюлене, губках, пиляках, нескольких видах плоских червей – планариях, гаммаридях (амфиподах) и моллюсках.

В 1962 г. в Байкале насчитывалось 1219 видов и разновидностей животных (Кожов, 1962), через 15 лет их было уже 1551 (Мазепова, 1978). Согласно современным сведениям в Байкале обитает 2592 вида и подвида животных, относящихся к 21 типу и 26 классам (из них 56 % являются эндемиками) (табл. 4.1)⁵. По разнообразию гидробионтов Байкал часто сравнивают с морскими водоемами.

Г. Ю. Верещагин (1940 а, б) определил основные уникальные черты байкальских организмов: 1) наличие эндемиков, 2) преобладание в фауне многовидовых групп первичноводных животных при отсутствии многих вторичноводных, 3) особый характер взаимоотношений между эндемиками и обитателями прибрежно-соровой зоны.

⁵ По последним данным в Байкале насчитывается 2628 видов и подвидов животных (без уточнения систематического статуса организмов) (Тимошкин и др., 2008).

Таблица 4.1

Таксономический состав фауны оз. Байкал⁶
 (Тимошкин, Ситникова, Русинек и др., 2001, 2004; Лямкин, 2004 а, б, в;
 Попов, 2004; Матвеев, Самусенок, 2007; с уточнениями)

Таксоны	Общее число видов и подвидов	В том числе эндемиков и субэнде- миков	Количество эндемичных видов, %
Водные беспозвоночные			
Тип Amoebozoa – Амебозои	7	?	?
Тип Tetramastigota – Тетрамастиготы	14	0	0
Тип Microsporidia – Микроспоридии	3	1	33,3
Класс Microsporidea – Микроспоридии			
Тип Apicomplexa – Апикомплекса	6	6	100
Класс Gregarinae – Грегарины			
Класс Coccidea – Кокцидии	4	1	25
Тип Euglenozoa – Эвгленовые	9 ви- дов+2 подвида	4 вида+2 подвида	54,5
Класс Kinetoplastidea – Кинетопластиды			
Тип Polymastigota – Полимастиготы	1	0	0
Класс Diplomonadea – Дипломонадовые			
Тип Мухозоа – Миксоспоридии	45	9	20
Класс Myxosporea – Миксоспоридии			
Тип Ciliophora – Инфузории, или Ресничные: Свободноживущие	223 ¹		
Комменсалы	170	170	100
Паразиты	62	?	?
Паразитические простейшие невьясненного таксономического статуса	2	0	0
<i>Polypodium hydrophorme</i>	1	0	0
Тип Plathelminthes – Плоские черви:			
Класс Turbellaria – Турбеллярии	150 ²	130+6?	90,7
Класс Aspidogastrea – Аспидогастреи	1	0	0
Класс Monogenea – Моногенетические сосальщики	28	4	14
Класс Amphilinida – Амфилиниды	1	0	0
Класс Cestoda – Цестоды	53	0	0
Класс Trematoda – Дигенетические сосальщики	84	0	0

⁶ В данной таблице использована адаптированная система простейших, в которой простейшие сгруппированы по типам строения тела клетки (жгутиковый, амебодный и т.д.) (Карпов, 2004; Зоология беспозвоночных, 2008).

Продолжение табл. 4.1

Таксоны	Общее число видов и подвидов	В том числе эндемиков и субэндемиков	Количество эндемичных видов, %
Тип Acanthocephales – Скребни	10	1	10
Тип Spongia, Porifera – Губки: Семейство Lubomirskiidae – Любомирскииды	14+1	14+1	100
Семейство Spongillidae – Спонгиллиды	4	0	0
Тип Cnidaria или Coelenterata – Кишечнополостные	2	1	50
Тип Nematomorpha – Волосатики	1	1	0
Тип Nematelminthes – Круглые или Первичнополостные черви: Класс Nematoda – Круглые черви или Нематоды: Свободноживущие	56 ³	47	84
Паразитические	11	2	16
Mermitidae – Мермитиды	28	28?	100
Тип Rotifera – Коловратки	186	26	14
Тип Gastrotricha – Брюхоресничные черви	1	1	0
Тип Annelida – Кольчатые черви: Класс Clitellata – Поясковые кольца Подкласс Oligochaeta – Малощетинковые черви	194+8	164+4	82,4
Семейство Aeolosomatidae – Эолосоматиды	4	2	50
Класс Polychaeta – Многощетинковые черви	4	4?	100?
Класс Hirudinea – Пиявки	13	11	84,6
Тип Tentaculata – Оболочники	5	?	?
Тип Arthropoda – Членистоногие: Класс Crustacea – Ракообразные Отряд Calaniformes – Каланоиды	6	1	16,6
Отряд Cyclopoida – Циклопы: Свободноживущие	43	24	56
Паразитические	16	2	12,5
Отряд Harpacticoida – Гарпактициды	78	71	91
Отряд Anaspidacea – Анаспидацеи или Анаспидовые ракообразные	2	2	100
Отряд Cladocera – Кладоцеры	58	8	13
Отряд Isopoda – Изоподы, Равноногие раки	5	5	100
Отряд Amphipoda – Амфиподы	350 (273 вида и 77 подвидов) ⁴	349	99,7
Отряд Ostracoda – Остракоды, Ракушковые рачки	150+21	132+20	89
Класс Arachnida – Паукообразные Отряд Acariformes – Клещи	7	2	28,6
Класс Insecta – Насекомые Отряд Plecoptera – Веснянки	2	2	100
Отряд Anoplura – Вши	1	1	100

Продолжение табл. 4.1

Таксоны	Общее число видов и подвидов	В том числе эндемиков и субэнде- миков	Количество эндемичных видов, %
Отряд Coleoptera – Жуки	9	0	0
Отряд Trichoptera – Ручейники	51	14	27
Отряд Diptera – Двукрылые, Семейство Chironomidae – Комары-звонцы	139	16	12
Тип Tardigrada – Тихоходки	11	2+1	18
Тип Mollusca – Моллюски:			
Класс Gastropoda – Брюхоногие моллюски	150	117	78
Класс Bivalvia – Двустворчатые моллюски	31	16	52
Итого Invertebrata (Беспозво- ночные)	2533	Мин. 1418	Мин. 56
Водные позвоночные			
Класс Pisces – Рыбы			
Отряд:			
Acipenseriformes – Осетрообразные	1	1	100
Cypriniformes – Карпообразные	11	0	0
Siluriformes – Сомообразные	1	0	0
Esociformes – Щукообразные	1	0	0
Salmoniformes – Лососеобразные	9	4	40,0
Gadiformes – Трескообразные	1	0	0
Scorpaeniformes – Скорпенообразные	32	31	96,8
Perciformes – Окунеобразные	2	0	0
Итого Pisces	58	36	62
Класс Mammalia			
Отряд Pinnipedia – Ластоногие			
Семейство Phocidae – Настоящие тюлени	1	1	100
Отряд Rodentia – Грызуны			
Семейство Cricetidae – Хомяковые ⁵	1	0	0
Итого Vertebrata (Позвоночные)	60	37	60,1
Общее число видов гидрофауны Байкала	2593	Мин. 1455	Мин. 56,1
Наземные позвоночные			
Класс Amphibia – Амфибии			
Отряд:			
Caudata – Хвостатые	1	0	0
Anura – Бесхвостые	5	0	0
Класс Reptilia – Рептилии или Пресмыкающиеся			

Окончание табл. 4.1

Таксоны	Общее число видов и подви- дов	В том числе эндемиков и субэндеми- ков	Количество эндемичных видов, %
Отряд:			
Squamata – Чешуйчатые	6	0	0
Класс Aves – Птицы	350	0	0
Отряд:			
Gaviformes – Гагаобразные	3	0	0
Podicipediformes – Поганкообразные	5	0	0
Ciconiiformes – Аистообразные	7	0	0
Phoenicopteriformes – Фламингообразные	1	0	0
Anseriformes – Гусеобразные	34	0	0
Falconiformes – Соколообразные	29	0	0
Galliformes – Курообразные	9	0	0
Gruiformes – Журавлеобразные	11	0	0
Charadriiformes – Ржанкообразные	71	0	0
Columbiformes – Голубеобразные	5	0	0
Cuculiformes – Кукушкообразные	2	0	0
Strigiformes – Совообразные	10	0	0
Caprimulgiformes – Козодоеобразные	2	0	0
Apodiformes – Стрижеобразные	3	0	0
Coraciiformes – Ракшеобразные	2	0	0
Piciformes – Дятлообразные	7	0	0
Passeriformes – Воробьинообразные	159	0	0
Наземные млекопитающие			
Класс Mammalia	69	0	0
Отряд:			
Insectivora – Насекомоядные	10	0	0
Chiroptera – Рукокрылые	10	0	0
Lagomorpha – Зайцеобразные	3	0	0
Rodentia – Грызуны	26	0	0
Carnivora – Хищные	14	0	0
Artiodactyla – Парнокопытные	6	0	0
Итого наземные Vertebrata (Позвоночные)	431	0	0

Примечание: ? – информация отсутствует; 1 – эндемизм среди бентосных форм составляет около 25 %, среди планктонных форм – 10–15 %; 2 – число видов турбеллярий дано по коллекционному фонду О. А. Тимошкина (информация о нескольких десятках видов еще не опубликована); 3 – на данный момент времени в коллекции представлены более 300 видов, информация о которых еще не опубликована, расчеты выполнены по опубликованным данным (56 видов); 4 – по устному сообщению В. В. Тахтеева; 5 – ондатра *Ondatra zibethica* – интродуцирована в дельту р. Селенги в 1936 г., исходно североамериканский вид. В настоящее время сформировалось несколько популяций в дельтах рек Селенга, В. Ангара, Кичера, Баргузин, Б. Речка, Сарма. На западном побережье озера ондатра заселила Богучанское и Слюдянские озера, озера на мысах Болсодей, Мужинай, Б. и М. Косы, Б. и М. Солонцовые. Отдельные семьи встречаются в заливах Малого моря. Также она обитает в озерах Арангатуй, Духовое, Котокель и др. (Швецов и др., 1984; Лямкин, 2004)

Важно знать, что байкальские организмы вносят существенный вклад в биоразнообразие мировой фауны. В Байкале живут представители 9 отрядов и подотрядов, 12 семейств и подсемейств, 42 родов и 193 видов и подвидов байкальских турбеллярий. Эндемичными являются 72,5 % родов и 99,5 % видов (Тимошкин, Ситникова, Русинек и др., 2001, Тимошкин, 2005; Тимошкин и др., 2008). В пресных водоемах мира обитает 1000 видов гаммарид, из них 400 – в пещерных и подземных водоемах (Gruner et al., 1993). А в Байкале отмечено 272 вида и 76 подвидов бокоплавов, что составляет 4,3 % от мировой фауны и 45,3 % от фауны континентальных водоемов (Тахтеев, 2000). Амфиподы уступают по количеству видов только простейшим (свободноживущие, комменсалы и паразиты), которых насчитывается более 455 видов (Timoshkin, 1997). Согласно современным данным число видов ракообразных, живущих в Байкале (более 690 видов), превышает их число в пресных водоемах Евразии (650) (Тимошкин, 2001). Байкальские брюхоногие моллюски (Gastropoda) представлены 148 видами и 24 подвидами, эндемичными являются 2 семейства (25 %), 15 родов (57,7 %) и 117 видов (79 %) (Ситникова и др., 2004). Из 61 вида рыб, обитающих в Байкале, 36 видов и подвидов (59 %), 2 семейства (13,3 %) и 12 родов (37,5 %) являются эндемичными (Сиделева, 2004). Малощетинковые черви (олигохеты) Байкала также отличаются значительным разнообразием и из 202 видов и подвидов эндемики составляют 165 (81,7 %) (Семерной, 2004).

Необходимо понимать, что приведенные цифры не являются окончательными. Исследования Байкала продолжаются, и ученые описывают новые виды среди обитателей озера. Так, в ближайшее время предполагаются значительные таксономические открытия (описания новых видов организмов) в таких группах, как простейшие, турбеллярии, нематоды, ракообразные. Это связано с тем, что в последние годы активно изучается мейо- и микробентос, организмы которых из-за их микроскопических размеров оказались мало изученными (Тимошкин и др., 2008).

Байкал является центром эндемичного видообразования, поскольку в нем сформировались целые группы (букеты) эндемич-

ных видов различной систематической принадлежности (турбеллярии, моллюски, амфиподы, олигохеты, рыбы и др.).

В Байкале насчитывается 1085 видов и разновидностей водорослей. Наиболее многочисленны диатомовые водоросли (509 видов) и зеленые (205 видов). Широко представлены синезеленые водоросли (90 видов), золотистые (28) и др. Из них в открытом Байкале найдено 677 видов и разновидностей. Эндемичными являются 6 родов, 133 вида и 62 разновидности.

Среди донной растительности в Байкале по видовому разнообразию и биомассе преобладают водоросли – мейо- и макрофиты. В составе бентоса и перифитона преобладают синезеленые водоросли (55 видов и 16 разновидностей, 50,7 % которых эндемичны). В открытом Байкале наибольшее значение принадлежит зеленым водорослям (Chlorophyta) – улотриковым (класс Ulotrichophyceae) и сифонокладиевым (класс Siphonocladophyceae), представленным преимущественно эндемиками (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Таксономический состав водорослей-макрофитов бентоса и перифитона оз. Байкал (Ижболдина, 2007)

Отдел	Класс	Порядок	Подпорядок	Семейство	Род	Вид	Разновидность
Суанophyta – Синезеленые водоросли	2	4	3	8	15	43 (1)	7
Chrysophyta – Золотистые водоросли	2	3	–	3	3	4 (1)	–
Bacillariophyta – Диатомовые водоросли	1	1	1	1	2	5 (2)	–
Rhodophyta – Красные водоросли	1	1	–	1	1	2	–
Chlorophyta – Зеленые водоросли	4	6	3	11	21 (5)	55 (24)	16 (12)
Charophyta – Харовые водоросли	1	1	–	2	2	5	–
Всего	11	16	7	26	44 (5)	114 (28)	23 (12)

Примечание: в скобках указано число эндемичных таксонов.

Детально исследован микрофитобентос Южной котловины Байкала. Обнаружено 444 вида диатомовых водорослей Bacillariophyta, синезеленые водоросли Cyanophyta были представлены 25 видами. Диатомовая бентосная флора литорали Южного Байкала весьма не однородна и состоит из эпилитов (водоросли, живущие на скалах и камнях), эпипелитов (водоросли, живущие в илах, песках), эпифитов (водоросли, живущие на других растениях, например на высшей водной растительности). С увеличением глубины структура альгоценозов изменяется и в них доминирующее положение занимают редкие и эндемичные виды (Помазкина, Радионова, 2004; Помазкина и др., 2008).

Важно отметить, что, несмотря на то, что Байкал является наиболее изученным озером нашей планеты, чем больше о нем становится известно, тем больше у исследователей возникает новых вопросов, касающихся состава организмов, их происхождения и эволюции.

4.2. Зоогеографический статус оз. Байкал

Уникальный состав и обособленность организмов оз. Байкал позволил Л. С. Бергу (1949) выделить озеро в самостоятельную Байкальскую подобласть Голарктики (прил. 6). В голарктической (периарктической) области были выделены следующие секции, подобласти, провинции, округа и участки.

А. Циркумполярная секция

1. Циркумполярная подобласть

1. Ледовитоморская провинция

- а) Европейский округ
- б) Сибирский округ
 - α. Западносибирский участок
 - β. Восточносибирский участок
 - γ. Гудсонов округ

2. Тихоокеанская провинция

- а) Анадырский округ
- б) Охотско-камчатский округ
- с) Юконский округ

II. Байкальская подобласть

1. Байкальская провинция

Б. Мезевразийская секция

III. Средиземноморская подобласть

1. Балтийская провинция

- а) Западный (Рейнский) округ
- б) Восточный (Невский) округ

2. Средиземноморская провинция

- а) Иберийский округ
- б) Малоафриканский округ
- с) Переходный Поронский округ
- д) Итало-греческий округ

3. Западно-балканская провинция

4. Центрально-анатолийская провинция

5. Иранская провинция

- а) Тегеранский округ
- б) Туркменский округ
- с) Сеистанский округ
- д) Фарсийский округ

6. Понто-каспийско-аральская провинция

- а) Понтоийский (черноморский округ)
 - α. Дунайско-кубанский участок
 - β. Северо-эгейский участок
 - γ. Колхидско-анатолийский участок
- б) Каспийский округ
 - α. Волжский участок
 - β. Куринско-персидский участок
- с) Аральский округ

Я. И. Старобогатов (1970), учитывая высокий эндемизм малакофауны (фауна моллюсков) Байкала, считал, что зоогеографический статус этого водоема соответствует рангу области (рис. 4.1).

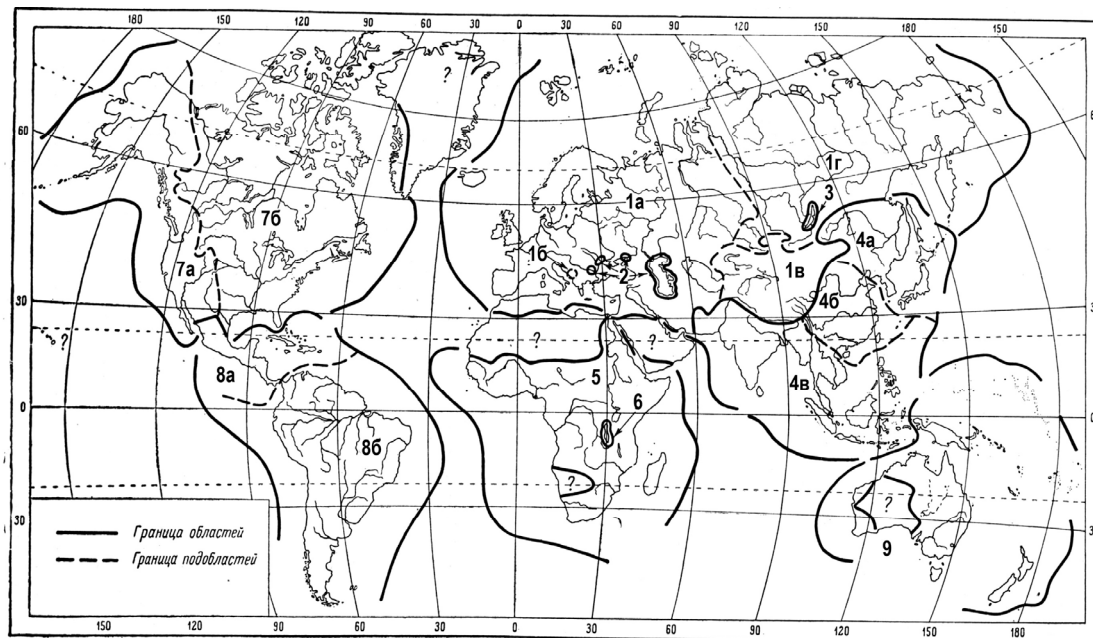


Рис. 4.1. Зоогеографические области земного шара для фауны континентальных водоемов (Старобогатов, 1970).

Палеарктическая область, подобласти: 1а – Европейско-Сибирская, 1б – Охридская, 1в – Нагорноазиатская, 1г – Восточносибирская, 2 – Понто-каспийская солоноватоводная область; 3 – Байкальская область; Сино-Индийская область, подобласти: 4а – Амуро-Японская; 4б – Китайская, 4в – Индо-Малайская; 5 – Эфиопская область; 6 – Танганьиканская область; 7 – Неарктическая область, подобласти: 7а – Тихоокеанская, 7б – Атлантическая; 8 – Неотропическая область, подобласти: 8а – Центральноамериканская, 8б – Южноамериканская; 9 – Австралийская область

4.2.1. Фаунистический комплекс как единица зоогеографического анализа рыб

В настоящее время считается общепризнанным, что анализ любой фауны, слагающейся из различных по происхождению и экологическим потребностям групп, необходимо начинать с выявления этих групп или элементов, фаунистических комплексов, которые являются единицами зоогеографического анализа (Штегман, 1938). Основным признаком фаунистического комплекса является общность исторической судьбы, которая, по Г. В. Никольскому, предполагает и сходные требования к экологическим условиям. Часто установить происхождение видов довольно сложно и распределение их по фаунистическим комплексам проводится на основании взаимоотношений с окружающей средой. Действительно, в большинстве случаев (но не всегда) виды, принадлежащие к одному фаунистическому комплексу, имеют общее происхождение. Но общие экологические особенности отдельных видов не всегда являются показателями общности их исторического прошлого. Фаунистический комплекс формируется из видов, возникших в определенные сроки в данных условиях обитания, а также из видов, представляющих остатки более древнего комплекса (или комплексов), претерпевших изменения в новых условиях.

О. Н. Пугачев (1999) дает следующее определение фаунистического комплекса: это – группа видов, связанных общностью исторической судьбы и (или) длительным существованием в одной географической зоне и поэтому обладающих сходными экологическими потребностями. В этой трактовке фаунистический комплекс представляет совокупность фаунистических элементов, ранее составлявших другие фаунистические комплексы, а также видов, появление которых связано с определенной физико-географической зоной.

В настоящее время фауна рыб оз. Байкал представлена 5 фаунистическими комплексами: бореальным равнинным, бореальным предгорным, арктическим пресноводным, байкальским и синоиндийским равнинным.

Бореальный равнинный фаунистический комплекс (окунь, щука, озерный голец, осетр, плотва, елец, язь, карась, восточный лещ) сложился в условиях резких сезонных изменений

климата и содержит в настоящее время небольшое число видов рыб, связанных в своем становлении с водоемами в равнинных участках Палеарктики. Их ареалы большей частью занимают огромные территории.

Этот комплекс первоначально сформировался в Азии, затем распространился в Европу, в бассейны китайских рек и отчасти в Северную Америку. Во время четвертичного похолодания в некоторых регионах, особенно в Сибири, произошло обеднение видового состава комплекса, вследствие чего некоторые его представители встречаются только в южной и центральной Европе, или получили амфибореальное распространение⁷.

Бореальный предгорный фаунистический комплекс (ленок, таймень, хариус, речной гольян) возник в неогене. Его становление связано с интенсивными горообразовательными процессами, происходящими на обширных территориях юга Евразии (Яковлев, 1964). Реки прокладывали свои русла в горах. Эти участки имели быстрое течение, вода отличалась повышенным содержанием кислорода и невысокими температурами. Такая экологическая ниша не могла быть занята теплолюбивыми обитателями равнинных участков рек, и поэтому сформировался новый фаунистический комплекс, представители которого отличались холодолюбивостью, окси- и реофильностью. Предгорная экологическая ниша в водоемах характеризуется почти полным отсутствием растительности и обедненным зоопланктоном; здесь отсутствуют планктофаги. Наибольшую роль в питании рыб играет бентос, состоящий из эпифауны; полностью отсутствуют роющие бентофаги. Большую роль в питании рыб этого комплекса играет наземная фауна (воздушные насекомые). Хищников мало, все они, кроме тайменя, лишь частично питаются рыбой.

Арктический пресноводный фаунистический комплекс (омуль, сиг, налим) сравнительно молодой, его становление про-

⁷ Амфибореальное распространение организмов, разъединенное (разорванное) распространение некоторых видов, реже близких родов животных, встречающихся в умеренном поясе (Бореальная область) и на окраине Арктической области Атлантического и Тихого океанов. В морях, омывающих Северную Азию и север Северной Америки, как и в тропических и теплых, эти виды отсутствуют. Термин предложен Л. С. Бергом в 1934 г.

исходило уже в четвертичный период. По мнению В. Н. Яковлева (1961, 1964), этот комплекс произошел от бореального предгорного и от морских вселенцев. В ряде случаев довольно сложно разделить представителей этих двух комплексов. Более холодолюбивые представители бореально-предгорного комплекса могут жить в условиях Арктики, а более реофильные арктические виды способны существовать в предгорьях. Это связано с тем, что, во-первых, во время похолоданий и оледенений ареалы этих комплексов смыкались, а во-вторых, с генетической близостью этих комплексов. Представители арктического пресноводного комплекса отличаются холодолюбивостью, оксифильностью. Последняя особенность, а также меньшая реофильность отличают арктический пресноводный комплекс от бореального предгорного. Среди рыб преобладают бентофаги, питающиеся инфауной. Имеется значительное количество планктофагов и хищников.

Байкальский фаунистический комплекс (рогатковидные рыбы). Впадина Байкала рассматривается как центральное звено Байкальской рифтовой зоны, возникшей и развивавшейся одновременно с мировой рифтовой системой (Флоренсов, 1978). Байкал возник в кайнозойскую эру, которая началась 65–70 млн лет назад и длится по настоящее время (Ушаков, Ясаманов, 1984; Мац и др., 2001).

На границе эоцена-олигоцена на месте современной Южной котловины Байкала существовали отдельные озера с глубинами 100 м и более. Начало формирования глубоководных впадин и подъем горных хребтов относится приблизительно к олигоцену-миоцену. В плейстоцене осуществилось становление Байкала как единого водоема с его современными глубинами. Формирование глубинных зон в Байкале привело к появлению новых ниш для гидробионтов (Сиделева, 1982; Sideleva, 2002).

Байкальский фаунистический комплекс рыб начал формироваться в Байкале с появлением в нем предков современных рогатковидных рыб. Возможно, что это происходило в плиоцене, когда существовала реальная возможность для проникновения этой группы рыб из р. Лены через р. пра-Манзурка. Большинство рыб байкальского фаунистического комплекса являются эндемиками; они приспособлены к обитанию в холодных водах Байкала (стенотермны) и требовательны к кислороду (оксифильны). Среди

рыб этого комплекса отмечены бенто- и планктофаги, периодически многие из них питаются молодью, в том числе и собственной. Нерест большинства видов приходится на холодное время года (Талиев, 1955; Зубина, 1995; Богданов, 2000; Sideleva, 2001). Учитывая биологические особенности современных байкальских рогатковидных рыб, можно предположить, что ранее они входили в состав бореального предгорного фаунистического комплекса, к рыбам которого их вполне можно отнести, согласно классификации Г. В. Никольского (1953). Вероятно, что обитание предков современных рогатковидных рыб в реках способствовало их расселению по перехватам в результате перестройки речной сети.

Сино-индийский равнинный фаунистический комплекс (амурский сом, сазан, ротан-головешка). Представители этого фаунистического комплекса появились в Байкале благодаря хозяйственной деятельности человека. В течение последних 70 лет в Байкале было акклиматизировано 3 вида рыб, которые были завезены сюда из бассейна р. Амур. Генетически формирование этого комплекса связано с теплыми равнинными водоемами Китая и Индии, фауна которых испытывала взаимное влияние в процессе эволюции Сино-Индийской зоогеографической области.

Поскольку эти рыбы достаточно хорошо освоились в Байкале, в новых условиях обитания, всестороннее изучение их является весьма необходимым в связи с тем, что отсутствие конкуренции со стороны местных видов рыб может привести к широкому распространению в бассейне озера не только самих интродуцентов, но и их паразитов. Изучение этих вопросов позволит оценить складывающуюся ситуацию и, возможно, прогнозировать направленность процессов, которые будут происходить с ихтиофауной и паразитофауной оз. Байкал.

4.3. Уникальные явления в биоте Байкала

4.3.1. Гигантизм и нанизм среди байкальских организмов

Среди причин этих явлений называют несколько: 1) увеличение размеров (гигантизм) планктонных водорослей «представляет собой физиологическую реакцию организма на действие своеобразного комплекса факторов, типичных для открытого Байкала,

среди которых ведущая роль принадлежит низкой температуре воды, обусловленной грандиозными размерами озера» (Яснитский, 1952); 2) уменьшение размеров (нанизм) у гастропод (брюхоногие моллюски) и амфипод рода *Micruropus* «связаны с неблагоприятными условиями питания, а, может, и с другими еще мало известными факторами» (Кожов, 1962). Существование «карликовых» видов байкальских амфипод и подкаменщиковых рыб связывают с неотенией (позднее этот термин был заменен термином «фетализация» – сохранение у взрослого организма эмбриональных признаков (Базикалова, 1951; Бекман, 1958; Сиделева, 1985 и др.)). Последнее по отношению к амфиподам считается неверным, поскольку у них отсутствует явление перехода к размножению на личиночной фазе развития и сама эта фаза (Тахтеев, 2000).

В 1994 г. В. В. Тахтеев предложил для характеристики явления возникновения карликовых видов использовать термин «гипоморфоз», который предполагает сохранение ювенильных признаков у взрослых организмов. Этот термин широко используется океанологами (Зезина, 1989). По мнению В. В. Тахтеева, на формирование гипоморфных форм влияет фактор недостатка пищевых ресурсов. В фауне амфипод Байкала им описаны две формы, имеющие ювенильные признаки – *Plesiogammarus martinsoni impransus* и *P. timoshkini* (Takhteev, 1997). Эти виды очень «близки к своим ближайшим родственникам» – *Plesiogammarus martinsoni martinsoni* и *P. brevis*. Взрослые амфиподы этих гипоморфных видов отличаются от молоди своих «родственников» только по наличию половых признаков.

Карликовые самцы отмечены также у пелагического рачка *Macrohectopus branickii* (рис. 4.2), некоторых зарывающихся в грунт видах рода *Micruropus* и у представителей паразитического рода *Pachyschesis*. М. Ю. Бекман (1958) и В. В. Тахтеев (2000) считают, что возникновение в природе карликовых самцов способствует экономии ресурсов биотопа и высокому выходу потомства. По результатам исследований амфипод – паразитов выводковых камер других, более крупных видов, было установлено, что обитание в марсупиуме ограничивает не только пищевые ресурсы, но и пространство обитания паразитического организма *Pachyschesis* (Тахтеев, Механикова, 1993).

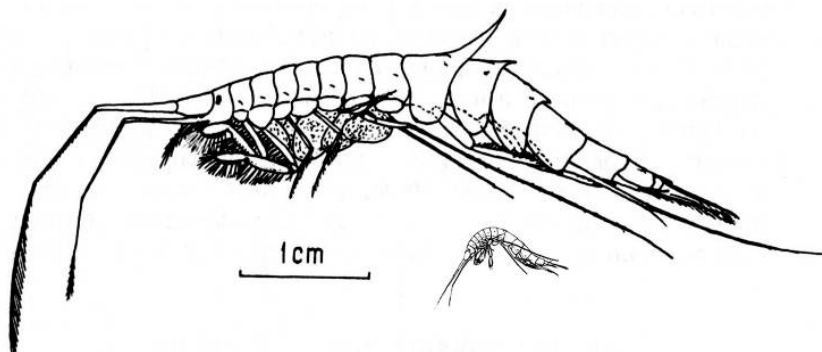


Рис. 4.2. *Macrohectopus branickii*: верхний рисунок – самка (длина 38 мм), нижний – самец (6 мм) (Тимошкин и др., 1995)

Среди байкальских амфипод гигантизм отмечен у многих видов родов *Acanthogammarus*, *Garjajewia*, *Abyssogammarus*, *Parapallasea*, *Ceratogammarus* у вида *Plesiogammarus zienkowiezii* и ряда других (Тахтеев, 2000). Природа его до конца не ясна. Но среди предполагаемых причин выделяют: 1) пресс хищников (выедание коттоидными рыбами более мелких организмов) (Базикалова, 1948); 2) значительное количество кислорода в воде обеспечивает хорошее насыщение им гемолимфы ракообразных, что способствует нормальному газообмену в тканях крупных животных, тогда как недостаток кислорода ограничивает развитие крупных форм (Chapell, Peck, 2000).

Т. Я. Ситникова исследовала причины образования крупных и карликовых форм у байкальских гастропод (Mollusca, Gastropoda) (Ситникова, Шимараев, 2001). Было установлено, что распространение «карликов» и «гигантов» в Байкале определяется несколькими причинами: «карлики» живут на твердых грунтах глубоководной зоны, поскольку их раковина из-за отсутствия выростов не позволяет удерживаться на рыхлом субстрате, иными словами, они просто тонут в рыхлом грунте; условия размножения также требуют твердого субстрата, на который прикрепляются яйцевые капсулы. «Гиганты» живут в местах с высокой скоростью осадконакопления, где повышена минерализация придонных вод и постоянно имеется пища (детрит и/или мертвые рыбы). Благодаря

большой с высоким завитком, сравнительно легкой раковине, гиганты легко передвигаются по поверхности ила, естественно погружаясь в него. Предполагают, что и «гиганты» и «карлики» не встречаются на плоском ложе Байкала, первые предпочитают присклоновые участки озера, вторые – подводные возвышенности. Установлено, что в Южной и Средней котловинах озера гиганты встречаются чаще, что обусловлено более высокой температурой воды и значительным поступлением автохтонной и аллохтонной органики. В Северной котловине, где эти показатели существенно снижены, чаще встречаются карликовые формы (за исключением мелководного Чивыркуйского залива).

В фауне плоских свободноживущих червей (Plathelminthes, Tricladida, Turbellaria) отмечены крупные виды планарий. К таким относится *Baicaloplana valida* – длина тела этого червя достигает 40 см, ширина – 2–3 см (Кожов, 1972), *Rimacephalus arecepta* – длина ее тела 18 см, питается ослабленной рыбой и ее часто можно встретить в сетях рыболовов.

4.3.2. Паразитизм у амфипод

Б. И. Дыбовский, исследовавший фауну Байкала, обратил внимание на очень интересных амфипод, которые были найдены в выводковых камерах самок и жаберной полости самцов у четырех форм крупных гаммарид: *Eulimnogammarus czerskii*, *Parapallasea borowskii*, *P. borowskii* var. *dichrous*, *Corophiomorphus kietlienskii*. Он назвал этот вид *Gammarus branchialis* (Дыбовский, 1875). Позднее А. Я. Базикалова (1945) отнесла его к другому роду – *Pachyschesis*.

В 1998 г. В. В. Тахтеевым было описано новое для науки эндемичное семейство амфипод Pachyschesiidae с единственным родом *Pachyschesis* (рис. 4.3). В настоящее время этот род включает 16 видов (и один сомнительный вид, который требует более детальных исследований). Пахисхезисы отличаются от других байкальских амфипод тем, что они ведут паразитический образ жизни, обитая как в выводковой камере самок, питаясь их яйцами, так и в жаберной полости самцов других амфипод.

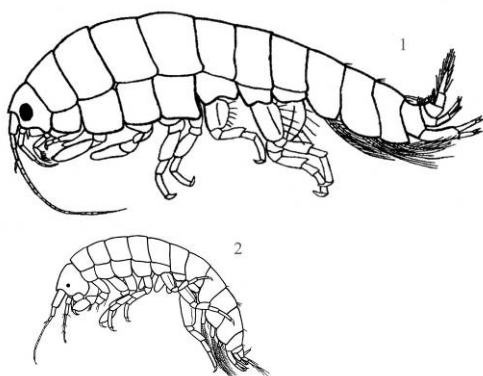


Рис. 4.3. Самка *Pachyschesis indiscretus* (длина 8 мм) – 1, самец *P. pingiculus* (4,8 мм) – 2 (Тахтеев, 2000)

Облигатный (обязательный, постоянный) и видоспецифичный к определенным видам хозяев паразитизм у амфипод семейства Pachyschesiidae относят к оригинальной особенности экосистемы Байкала. Считается, что переход этой группы амфипод к паразитическому образу жизни связан с трофической специализацией (оофагия) (Тахтеев, 2000).

4.3.3. «Сизиф» из оз. Байкал

Многие водные организмы Байкала отличаются специфическими адаптациями к условиям обитания. Сравнительно недавно было описано необычное поведение байкальской эндемичной амфиподы – *Hyalellopsis variabilis* (Natyaganova, Bedulina, 2005; Натяганова, 2007) (рис. 4.4). По классификации В. В. Тахтеева этот вид принадлежит к группе вооруженных ходячих литофилов (обитателей каменистых грунтов); местом его обитания является прибрежная полоса оз. Байкал, на глубине 2–40 м. Было установлено, что практически вся его жизнь проходит «между двух камней». Его 4–7 пары грудных конечностей удерживают с двух сторон по одному камню. А. В. Натяганова образно сравнила этого рачка с древнегреческим Сизифом, которому за грехи было суждено вечно заносить камень на гору. Рачок подобно Сизифу практически постоянно имеет 2 камня (было замечено, что без камней он «ковыляет», передвигается с большим трудом; лишившись камней, рачок начинает их искать и, отыскав, продолжает свое уже уверенное движение). Движение происходит за счет 3-й пары груд-

ных конечностей и заднего отдела брюшка (уросомы). Способ движения напоминает ходьбу человека на костылях. Размер камней соизмерим с длиной тела рачка и составляет 5–6 мм или немного больше. Вес камней в 4–5 раз превышает вес ракообразного. Среди причин, объясняющих это уникальное явление, считают отсутствие у этого вида микроструктур боковой линии, которые отвечают за механо-, хемо- и сейсмочувствительные функции, а также, предположительно, отсутствие специальных органов равновесия.

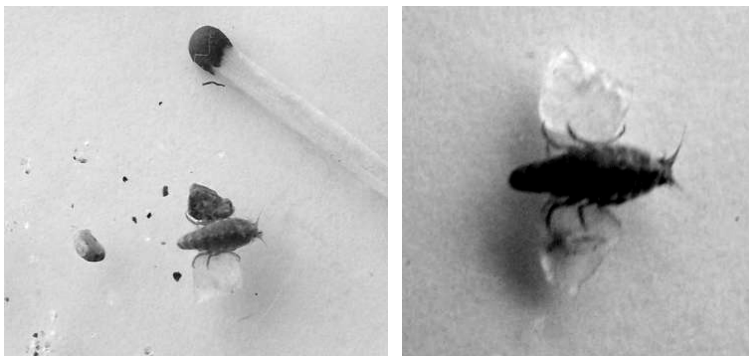


Рис. 4.4. Эндемичная амфипода *Hyalellopsis variabilis* (фото А. В. Натягановой)

4.3.4. О скоростях роста, времени полового созревания и продолжительности жизни байкальских организмов

Анализ литературных данных показал, что сведения о скоростях роста, времени полового созревания и продолжительности жизни байкальских организмов, сравнительно немногочисленны. В недавних публикациях гидробиологов появились сведения о росте одного из доминирующих в зообентосе литорали Байкала моллюска – *Maakia herderiana* (Baicaliidae) (Roepstorf, Sitnikova, 2006; Maximova, Sitnikova, 2006; Максимова и др., 2007). Установлено, что в экспериментальных условиях раковина *M. herderiana* вырастает за год в среднем на 1 мм в высоту и на один оборот; высота раковины взрослого моллюска этого вида не больше 9 мм при 6,5 оборотах. Максимальная продолжительность жизни *M. herderiana* – 8 лет, половой зрелости моллюск достигает в возрасте 4 лет (рис. 4.5, 4.6).

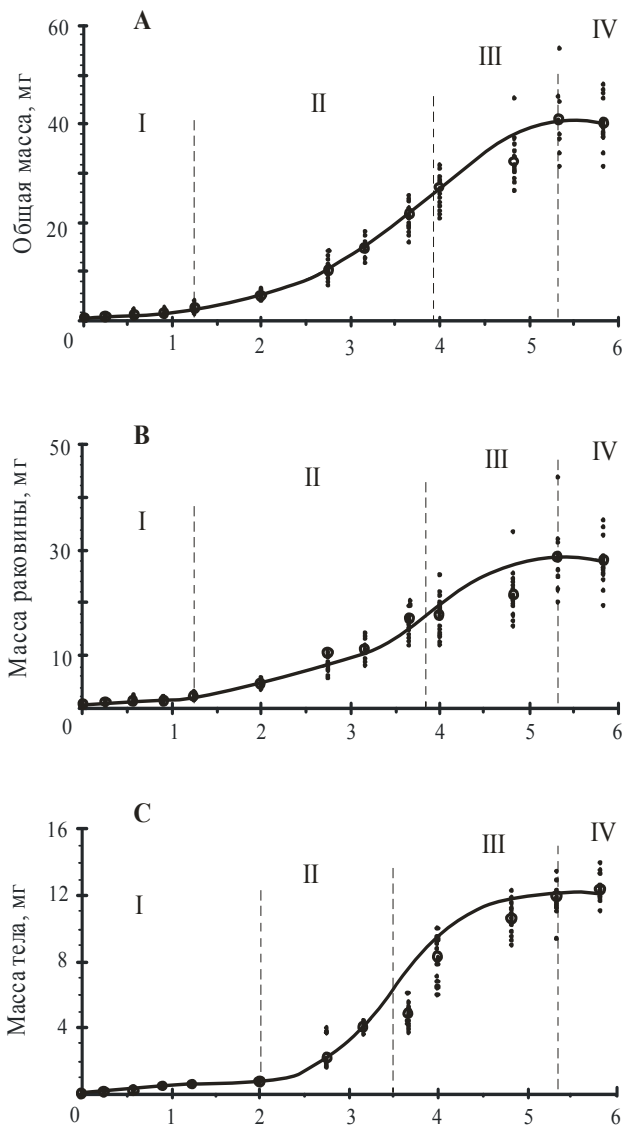


Рис. 4.5. Динамика роста массы моллюска *Maakia herderiana* в целом (А), его раковины (В) и тела (С): кружки – средние значения; точки – фактические данные; I–IV – фазы роста; штриховыми линиями разделяются фазы роста (по: Максимова и др., 2007)

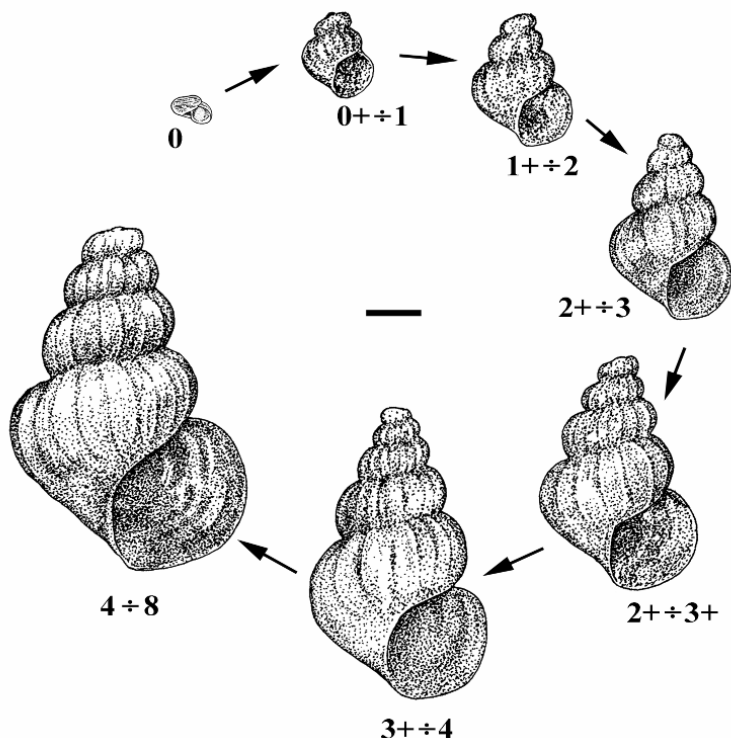


Рис. 4.6. Рост раковины *Maakia herderiana* весной 2003 г. (цифры под изображениями раковин обозначают возраст моллюсков в группе). Масштабная линейка: 1 мм (по: Максимова и др., 2007)

Сведения о развитии плоских свободноживущих червей Байкала весьма малочисленны. В настоящее время известно, что турбеллярия *Baikalobia guttata*, обитающая в прибрежной зоне, становится половозрелой в 1,5–2 года. В коконе диаметра 1,2–2,7 мм находится от 2 до 14 червей (чаще 5). В экспериментальных условиях (температура 7,2 °C) черви в коконе развиваются в течение 37–61 суток (в среднем 52 суток). Длина вылупившихся из кокона червей составляет 1,68–6,72 мм (средняя – 4,04 мм). В течение 8 первых недель жизни длина тела червей увеличивается в среднем в 2 раза (Зайцева и др., 2005).

Плодовитость самки эпишуры *Epischura baicalensis* в течение жизни составляет 200 яиц, которые развиваются не сразу, а порционно. Эпишура в течение года дает два поколения (или генерации). Период развития зимне-весеннего поколения составляет 180 суток (с середины июня по ноябрь), летнего – 270 суток (сентябрь – середина июня). Общая продолжительность жизни каждого поколения равна 1 году (Афанасьева, 1977).

У макрогектопуса *Macrohectopus branickii* максимальное число яиц – 565 шт. – было отмечено у самки с длиной тела 33 мм, среднее число яиц для самок длиной 16–21 мм – 88 шт., 21–26 мм – 147 шт., 26–29 мм – 168 шт., 29–33 мм – 362 шт. Эмбриональный период у макрогектопуса длится 35–40 дней. Первая линька происходит через 5–6 дней после выхода из яйца, последующие имеют интервал от 8–10 до 10–13 дней. У самок длиной до 14–16 мм за 180–240 дней наблюдается 10–13 линек (Николаева, 1967).

Наибольшей плодовитостью среди рыб, обитающих в Байкале, обладает налим *Lota lota*; небольшими показателями плодовитости отличаются эндемичные рогатковидные рыбы (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Плодовитость некоторых байкальских рыб (по: Смирнов, Шумилов, 1974; Смирнова-Залуми, 1977; Матвеев, Самусенок, 2007)

Виды и популяции рыб	Период полового созревания	Плодовитость
<i>Acipenser baerii</i> – сибирский осетр	Самцы – 15 лет, самки – 18–20 лет	16,7 тыс. шт./кг (от 11,6 до 33,7 тыс. шт./кг)
<i>Esox lucius</i> – обыкновенная щука	3–5 лет	4,5–55 тыс. икринок
<i>Coregonus baicalensis</i> – байкальский сиг Маломорская популяция Чивыркуйская популяция Баргузинская популяция	7–8 лет	20–90 тыс. икринок 16,8–77,7 тыс. икринок 32,1–77,5 тыс. икринок
<i>Coregonus migratorius</i> – байкальский омуль: Северобайкальская популяция Селенгинская популяция Посольская популяция	6–7 лет 10–12 лет 13–15 лет	10 тыс. икринок 15 тыс. икринок 20–30 тыс. икринок
<i>Thymallus arcticus brevipinnis</i> – белый байкальский хариус	6–7 лет	5,5–28 тыс. икринок

Окончание табл. 4.3

Виды и популяции рыб	Период полового созревания	Плодовитость
<i>Brachymystax lenok</i> – острорылый ленок	5–7 лет	2,4–12,5 тыс. икринок
<i>Hucho taimen</i> – таймень	Речной – в 6–7 лет, озерно-речной – в 8–9 лет	15–30 тыс. икринок
<i>Lota lota</i> – налим	к 3–4 годам	От 40–50 тыс. до 2–2,5 млн икринок
<i>Leocottus kesslerii</i> – песчаная широколобка	в 4 года	756–10 123 икринок
<i>Bathrachocottus baicalensis</i> – байкальская большеголовая широколобка	в 4 года	618–1622 икринок
<i>Cottocomephorus grewingkii</i> – желтокрылая широколобка	на 3 и 4 году жизни	в среднем 2000 икринок
<i>Cottocomephorus inermis</i> – длиннокрылая широколобка	на 3 и 4 году жизни	от 500 до 3780 икринок
<i>Comephorus baicalensis</i> – большая голомянка	в 4 года	1200–2700 личинок
<i>Comephorus dybowski</i> – малая голомянка	в 3–4-летнем возрасте	600–2200 личинок

4.3.5. Кариотипы животных

Кариотип – хромосомный набор, совокупность признаков хромосом (их число, размеры, форма и детали микроскопического строения) в клетках тела организма того или иного вида. Понятие «кариотип» введено советским генетиком Г. А. Левитским (1924). Кариотип – одна из важнейших генетических характеристик вида, так как каждый вид имеет свой кариотип, отличающийся от кариотипа близких видов (на этом основана новая отрасль систематики – так называемая кариосистематика). Постоянство кариотипа в клетках одного организма обеспечивается митозом, а в пределах вида – мейозом. Кариотип организма может изменяться, если половые клетки (гаметы) претерпевают изменения под влиянием мутаций. Иногда кариотип отдельных клеток отличается от видо-

вого кариотипа в результате хромосомных или геномных так называемых соматических мутаций. Кариотип диплоидных клеток состоит из 2 гаплоидных наборов хромосом ($2n$), полученных от одного и другого родителя; каждая хромосома такого набора имеет гомолога из другого набора. Кариотипы самцов и самок могут различаться по форме (иногда и числу) половых хромосом, в таком случае они описываются порознь. Хромосомы в кариотипе исследуют на стадии метафазы митоза. Описание кариотипа обязательно сопровождается микрофотографией или рисунком.

Плоские свободноживущие черви. Изучены кариотипы 6 видов турбеллярий рода *Geocentrophora* из оз. Байкал. Установлено их значительное кариологическое разнообразие. Обнаружены четыре варианта хромосомных чисел: $2n = 26$, $2n = 28$, $2n = 30$, $2n = 32$. Изучены хромосомные наборы 8 видов и 25 их цветовых форм планарий рода *Bdellocephala*. Было отмечено, что у байкальских бделлоцефал максимальное число цветовых форм (13) имеет полиморфный вид *B. angarensis*, *B. melanocinerea* имеет 2 цветовых формы, у *B. agrillosa*, *B. stellomaculata*, *B. ushkaniensis*, *B. roseocula* – по одной форме. У большинства видов байкальских бделлоцефал $2n = 24$. Вид *B. baicalensis* с $2n = 20$ произошел от предка, общего с широко распространенным в Евразии видом *B. punctata*, а другие байкальские виды – от предка, общего с японскими и дальневосточными видами, имеющими $2n = 28$. Изучение кариотипов двух родов *Geocentrophora* и *Bdellocephala* показало, что первая группа является более молодой, поскольку отличается значительной изменчивостью кариотипов, по сравнению с мезолиминическими бделлоцефалами (Наумова и др., 2002; Новикова, 2004).

Моллюски. Эволюция кариотипа брюхоногих моллюсков – гастропод (Gastropoda) Байкала происходила без крупных перестроек в геноме. У них отмечены изменения в числе плеч и количестве хиазм. У видов рода *Benedictia* обнаружено увеличение числа хромосом и образование три- и тетраплоидных форм.

Установлено, что полиплоидные моллюски очень чувствительны к загрязнению среды. В районе влияния сбросов БЦБК отмечено изменение структуры эндемичных бентосных сооб-

шеств (упрощение структуры за счет сокращения отдельных групп организмов, нестабильность структуры, изменение количественных показателей – снижение биомассы по сравнению с контрольными участками). Отмечена гибель донных организмов. Из состава бентоса исчезают чувствительные к действию поллютантов организмы – полиплоидные моллюски. Установлено, что сбросы БЦБК влияют на частоту повреждения хромосом, мутагенные процессы (абберрации или изменения структуры хромосом имеют до 36,4 % особей) (Островская и др., 1995).

Chironomidae – Хиროномиды (комары-звонцы). Имеют личинок, ведущих водный образ жизни. Изучена структура кариотипов 15 видов рода *Sergentia*. Видообразование хиროномид рода *Sergentia* в одних случаях проходило с преобразованием хромосомных наборов, а в других – шло без их изменений. По результатам кариологического анализа было высказано предположение, что байкальские эндемичные сергенции (7 видов) произошли от одного предка (монофилитическое происхождение), который обитал на малых глубинах. В дальнейшем формирование видов проходило в связи с освоением литорали и больших глубин. Считается, что в настоящее время они находятся на ранних этапах кариотипической дивергенции (Провиз В., Провиз Л., 1999).

4.3.6. Ледовые сообщества оз. Байкал

Сравнительно недавно сотрудниками Лимнологического института СО РАН (Оболкина и др., 2000, Бордонский и др., 2003) было открыто новое для Байкала сообщество организмов, обитающих в капиллярах льда. В составе сообщества – планктонные водоросли, инфузории, коловратки и ракообразные. В снежных лужах, образующихся при таянии поверхностного льда, отмечены хламидомонадовые водоросли и инфузории. В образующихся при таянии льда порах и каналах существуют богатые живыми организмами сообщества. В настоящее время установлен состав двух вариантов таких сообществ на основе: 1) эндемичных динофитовых *Gymnodinium baicalense* и *Peridinium baicalense*; 2) диатомовых рода *Aulacoseira*. В двух этих вариантах водорослям сопутствуют инфузории и неэндемичные коловратки (*Keratella cochlearis*,

K. quadrata, *Filinia terminalis*, *Kellicottia longispina*) и эндемичный рачок *Epischura baicalensis*. В результате проведенных исследований была обнаружена определенная стратификация (слоистость) в распределении организмов в байкальском льду. В слое 10–40 см от поверхности отмечены водоросли, коловратки и науплиусы эпишуры, ниже 40 см – концентрируются инфузории (рис. 4.7). Динофитовые сообщества не имеют определенной стратификации в толще льда. Гимнодиниевые и перидиниевые водоросли начинают размножаться еще до образования пор во льду. Одиночные клетки формируют легкорассыпающиеся слизистые колонии, где поселяется бактериопланктон. Для обоих типов сообществ характерно весьма неравномерное пятнистое горизонтальное распределение. В нижнем ярусе льда криофильные сообщества представлены не только планктонными, но и бентосными организмами.

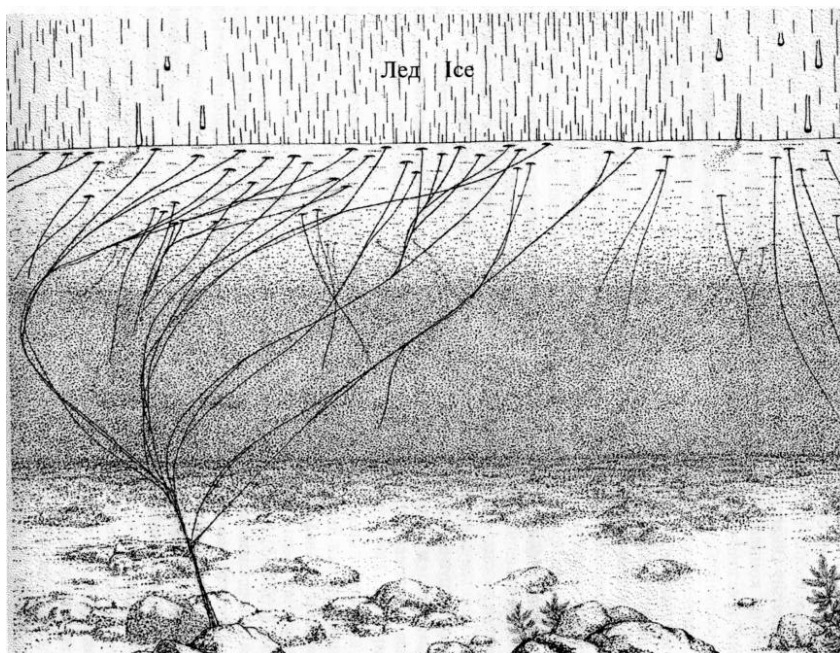


Рис. 4.7. Колонии нитчатых водорослей рода *Aulacoseira*, соединяющиеся с дном, а также «бокальчики» со скоплениями растительных жгутиковых *Gymnodinium* в толще льда (Тимошкин, 2001, с. 58)

Подводная видеосъемка, проведенная в литорали озера, позволила обнаружить на нижней поверхности льда огромные скопления диатомовых водорослей в виде длинных нитей, тяжелой, «бород», «шнуров» длиной от нескольких сантиметров до нескольких метров; верхняя часть колонии находится глубоко в толще льда. В конце марта – начале апреля эти нити отрываются и оседают на дно. Отмечено, что за полтора-два месяца на дно литорали оседает 2–3 «урожая» водорослей, которые используются в пищу донными организмами (бактерии, простейшие, коловратки, ракообразные, моллюски, черви). В торосистых участках льда, в различных неровностях, углублениях были отмечены донные макрофиты, а не планктонные водоросли, которые также заселяются простейшими и беспозвоночными.

4.4. Бактериопланктон и бактериобентос

Бактерии входят в состав ультрапланктона, к которому относятся организмы размером не более 5 микрон. Бактериопланктон включает микроскопические организмы, участвующие в фото- и хемосинтезе первичной продукции водоемов, а также в ее переработке (деструкции). Благодаря пигменту бактериохлорину (близкий к хлорофиллу) бактерии, используя солнечную энергию и минеральные вещества окружающей среды, синтезируют органические соединения. Другие бактерии используют для этой цели химическую энергию, выделяющуюся при окислении неорганических соединений, главным образом сероводорода. Бактерии первой группы называются фотосинтезирующими (фототрофы), второй – хемосинтезирующими (хемотрофы), т. е. и те и другие являются автотрофными организмами («самопитающимися»). От видового состава и количества микрокроорганизмов, содержащихся в воде, зависит ее качество. В природных пресноводных водоемах обычно доминируют группы: гетеротрофные, углеродоксилирующие, целлюлозоразрушающие, фосфатмобилизующие и фосфатрастворяющие, нитрифицирующие бактерии. Все они участвуют в синтезе и разложении как органических, так и неорганических соединений, используемых фитопланктоном и зоопланктоном в их жизнедеятельности. В составе бактериопланктона могут при-

сутствовать и вредные для здоровья человека и животных организмы (например, условно-патогенная кишечная палочка *Escherichia coli*), которые при определенных условиях (эвтрофирование, повышение температуры, изменение химического состава воды) переходят к массовому развитию, что снижает санитарные показатели качества воды.

Микроорганизмам принадлежит важная роль в формировании качества воды, самоочищении водоема и в поддержании естественного химического статуса водной среды, в которой сформировался специфический для данного водоема состав сообществ растительных и животных организмов.

Микроорганизм, как и любой живой организм, отличается индивидуальными особенностями, а также определенным систематическим положением (вид, род и т. д.). Оценить микроорганизм с точки зрения участия в биохимических процессах можно по конечным продуктам его жизнедеятельности или по характерному росту колоний на питательной среде, содержащей определенный источник питания. Но решить этот вопрос совсем не просто. Известно, что на обычных питательных средах вырастает не более 0,3 % микроорганизмов, находящихся в природных образцах. Это связано с тем, что для культивирования многих микроорганизмов необходимы специфические условия. Согласно современным данным, из байкальской воды удается культивировать от 17 до 575 КОЕ/мл (КОЕ – колониеобразующая единица). Общая численность бактериальных клеток в байкальской воде составляет $0,2-4,6 \cdot 10^6$ кл/мл, доля культивируемых составляет $0,5-0,8 \cdot 10^{-4}$ % (Белькова, 2004). Эти цифры свидетельствуют о том, что микроорганизмы Байкала являются сравнительно малоизученными. Поэтому при изучении биологического разнообразия и филогенетических взаимоотношений бактерий используют новые методы. Одним из них является молекулярно-генетический метод.

Современный анализ состояния микробиологических исследований был проведен Т. П. Виноградовой с соавторами (2004). В этой монографии в историческом плане компактно представлены основные результаты микробиологических работ, выполненных различными исследователями-микробиологами в XX в. на Байкале, водохранилищах Ангары и Енисея.

Микробное сообщество экосистемы Байкала представлено разнообразными по морфологии организмами: одиночные клетки, моновидовые агрегаты (микроколонии и другие формы) и многовидовые ассоциации (сложные микроколонии и ассоциации микроорганизмов на частицах детрита) (рис. 4.8).

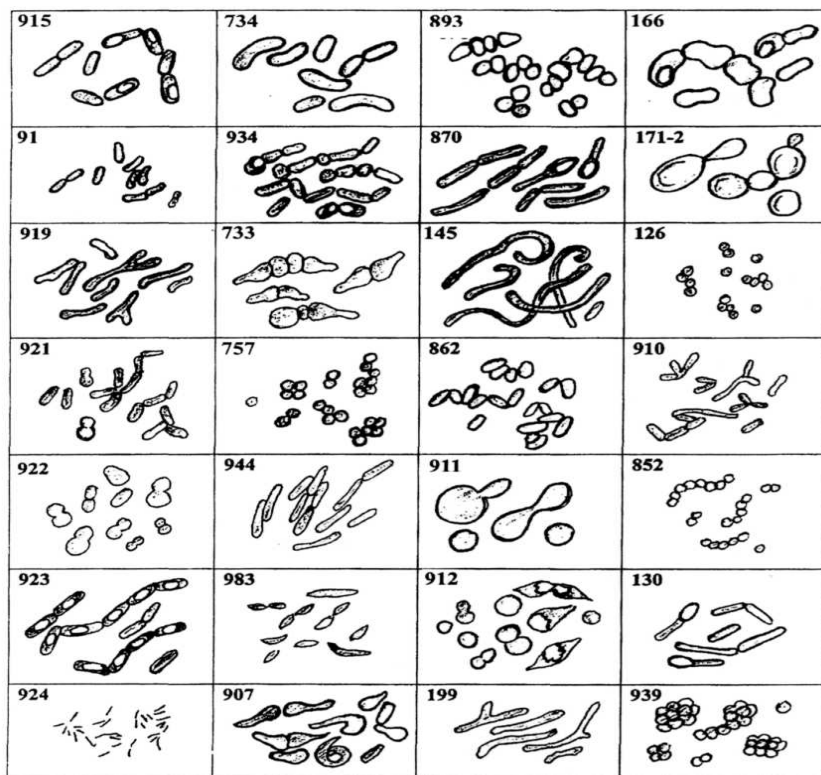


Рис. 4.8. Морфологическое разнообразие клеток бактерий, выделенных из донных осадков оз. Байкал (бациллы: 915, 166, 934, 870, 923, 130; кокковые формы: 126, 757, 922, 862, 939; неспороносные палочковидные бактерии: 734, 91, 921, 862, 944, 924; дрожжеподобные: 171-2, 911; клетки неправильной формы: 893, 919, 733, 145, 910, 983, 912, 907, 199 (Андреева и др., 2001)

Численность бактерий в микроколониях составляет 0,2–38 тыс. кл/мл, на частицах детрита – 0,5–22 тыс. кл/мл, а одиночных бактерий – 20–2200 тыс. кл/мл. В трофогенном слое (0–50 м) численность элементов наибольшая, в слое 50–250 м (слой «рассеяния») снижается и в слое от 250 м и до дна (слой «оседания») самая низкая. Численность микроорганизмов по этим горизонтам в июне составила, соответственно: в микроколониях 5,7; 3,3; 1,1 тыс. кл/мл; на частицах детрита – 4,3; 3,3; 1,5 тыс. кл/мл; одиночные бактерии – 753, 267, 93 тыс. кл/мл. Определены величины биомассы одиночных бактерий ($41\text{--}71\text{ мг/м}^3$), в микроколониях ($2,9\text{--}7,3\text{ мг/м}^3$), на частицах детрита ($1,9\text{--}2,5\text{ мг/м}^3$) в трофогенном слое весной, а осенью показатели биомассы этих групп выше. С увеличением глубины их биомассы снижаются (Спиглазов и др., 1992).

Бактерионейстон в оз. Байкал приурочен к микрогоризонту толщиной 10 мкм на границе раздела фаз вода–воздух. Общая численность бактерий в нейстонной пленке – 1–2 млрд кл/мл, что на 2–4 порядка выше, чем в водной толще (Никитин, 1985).

В составе бактериопланктона Байкала отмечены следующие группы микроорганизмов: бактерии, актиномицеты, дрожжи. Для Байкала характерно то, что наибольшая численность бактерий (1–4 млн кл/мл) отмечается в поверхностном слое воды в ранневесенний и летне-осенний периоды. Минимальное количество микроорганизмов – до 160 тыс. клеток в 1 мл воды отмечено зимой в слое 0–75 м.

Совсем недавно в воде Байкала было открыто новое трофическое звено в экосистеме, не изучавшееся прежде – бактериофаги (Дрюккер, Дутова, 2006). Это вирусы, «пожирающие» бактерий, которые являются мощным фактором формирования микробных сообществ. Также они способны вызывать наследственные изменения и участвовать в естественном отборе в бактериальных популяциях. Бактериофаги оз. Байкал представлены значительным морфологическим разнообразием – было обнаружено 10 условных морфотипов фагов различных семейств (рис. 4.9). Также были найдены бактериофаги необычной морфологии в виде «юлы», «молоточка» и другие, не отмеченные в других водоемах мира.

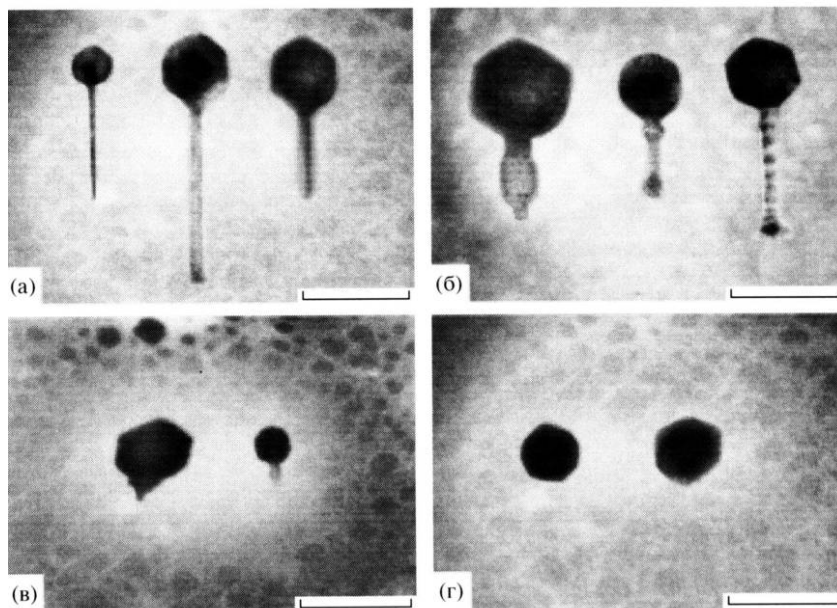


Рис. 4.9. Некоторые морфотипы фагов оз. Байкал (а – Siphoviridae B1 и B2; б – Myoviridae A1 и A2; в – Podoviridae C1 и C2; г – бактериофаги без хвостовых отростков E1 и E2) (Дрюккер, Дутова, 2006)

В результате многолетних исследований, проведенных Э. А. Максимовой и В. Н. Максимовым (1989), установлен таксономический состав и определена численность сапрофитных бактерий (*Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Sarcina*), дрожжей (*Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Torulopsis*, *Candida*, *Sporobolomyces*, *Trichosporon*, *Debaryomyces*, *Hansenula*). Наибольшее видовое разнообразие этих организмов отмечено в летне-осеннее время года.

Скорость потребления кислорода на одну бактериальную клетку летом в южной части Байкала составляет $0,04\text{--}0,45 \times 10^{-9}$, в средней $0,07\text{--}0,30 \times 10^{-9}$, северной – $0,10\text{--}0,40 \times 10^{-9}$ мг $\text{O}_2/\text{сут}$. В подледный период скорость потребления кислорода снижается в несколько раз. По этим значениям рассчитаны величины деструкции органического вещества. В пересчете на $\text{C}_{\text{орг}}$ они составляли

для южной части Байкала 0,05–0,20, средней 0,09–0,20 и для северной – 0,08–0,25 мгС/л воды в сутки. В подледный период отмечено снижение деструкция органического вещества (Штевнева, 1986).

Исследования, посвященные участию микроорганизмов в круговороте фосфора, выполнены В. В. Парфеновой. Установлена связь между численностью фосфатмобилизирующих и фосфатрастворяющих бактерий в воде Байкала, динамикой фитопланктона, содержанием органического фосфора и динамикой водных масс. Фосфатмобилизирующие микроорганизмы представлены в основном палочками, кокками и дрожжами и относятся к 25 видам 7 родов: *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Torulopsis*, *Rhodotorula*. Фосфатрастворяющие бактерии представлены 10 видами 6 родов: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Torulopsis*, *Sporobolomyces*. 72,2 % выделенных штаммов обладали протеолитической активностью, 61 % – казеиназной, 94,4 % – каталазной, 27,7 % – амилалитической. Активность растворения фосфата кальция у этих культур колебалась от 0,01 до 0,05 мг $\text{PO}_4/\text{л/сут}$; активность отщепления фосфора от фитина – от 0,003 до 0,017 мг $\text{PO}_4/(\text{л/сут})$; выделение фосфорной кислоты при разложении лецитина – 0,0019–0,0024 мг $\text{PO}_4/(\text{л/сут})$. Микроорганизмам, участвующим в процессах регенерации соединений фосфора, принадлежит основная роль в обеспечении этим элементом байкальских организмов (Верхозина, Парфенова, 1983; Парфенова, 1985).

Активность бактерий в донных отложениях Байкала выше, чем в водной толще. В поверхностных грунтах озера (до 5–7 см) количество микроорганизмов может достигать десятков-сотен миллионов клеток в 1 г грунта. Бактериобентос в зоне влияния р. В. Ангара (30–925 млн кл/г), р. Кичера (105–2027 млн кл/г) был богаче и особенно в районе р. Тья (405–5170 млн кл/г). Основная масса аллохтонного органического вещества минерализуется в прибрежной зоне на малых глубинах. Поверхностные слои осадков представлены спорообразующими и неспорообразующими палочками, с глубиной залегания осадков до 80 % возрастает доля спорообразующих бактерий. В воде и грунтах в зоне влияния притоков высокая численность хемоорганотрофов (гетеротрофы, использующие в своей жизнедеятельности органические вещества),

нитрифицирующих (нитрифицирующие бактерии превращают аммиак и аммонийные соли в нитраты; аэробы), денитрифицирующих (бактерии, восстанавливающие нитраты до молекулярного азота $2\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{HNO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$), азотфиксирующих микроорганизмов (превращают растворенный в воде азот в нитраты) (*Azotobacter chroococcum*, *A. agile*, *Clostridium pasteurianum*). В приустьевых участках отмечена высокая численность бактерий, продуцирующих фосфатазу, нуклеазу, экзопроотеазу.

Установлено, что притоки Байкала оказывают влияние на санитарные показатели воды оз. Байкал. Доля бактерий *Escherichia coli* в водах притоков составляет до 25 % от общего числа бактерий группы кишечной палочки. В прибрежных частях озера в воде отмечено значительное количество споровых бактерий рода *Bacillus*: *B. cereus*, *B. cereus* var. *micoides*, *B. asterosporus*, *B. virgulus*, *B. idosus*, *B. agglomeratus*.

В донных отложениях Байкала содержатся аммонификаторы (480–45 750 кл/г сырого грунта), нитрификаторы (25–750 кл/г), анаэробные азотфиксаторы (10–100 кл/г), азотобактер (3–50 кл/г) (Верхозина, Парфенова, 1983; Верхозина, 1985). По этим данным в воде и грунтах Байкала 18 видов микроорганизмов, относящихся к следующим родам: *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Paracoccus*. В водной толще доминировали *Pseudomonas*, *Bacterium* и *Micrococcus*, в грунтах – *Clostridium*. 98,8 % выделенных культур обладали каталазной активностью, 84,5 % – амилазной, 64,4 % – оксидазной, 36,3 % – дегидрогеназной. Культуры азотобактера, выделенные из воды, фиксировали от 8 до 12 мг азота на грамм окисленной глюкозы, из грунта 2,5 мг (*Azotofix baicalensis*) и 6,1 мг (*Azotobacter chroococcum*). Это свидетельствует об участии аммонифицирующих организмов в деструкции органических соединений.

Сведения о численности участвующих в разложении органического вещества микроорганизмов используются для оценки активности обменных процессов в водоемах. Интересные исследования были выполнены в Лимнологическом институте СО РАН (Шимараев и др., 2000). По этим данным, максимальная общая численность бактерий была отмечена в трофогенном слое 0–50 м

(от 0,5–1 млн кл/мл в открытом Байкале до 2 млн кл/мл у берега). Минимальная общая численность бактерий $< 0,3$ млн кл/мл отмечена ниже 1000 м вблизи фронта термобара (термического бара – явления типичного для всех озер умеренных широт)⁸. Из-за разной активности обменных процессов численность микроорганизмов в глубинной зоне отдельных частей озера различалась на 2–3 порядка. Обнаруженные особенности в распределении микроорганизмов отражают влияние отдельных механизмов обновления глубинных вод (опускание и подъем вод). Это приводит к быстрому поступлению на большие глубины «свежего» органического вещества (ОВ) с последующей его бактериальной деструкцией. Это свидетельствует о том, что «самоочищение вод Байкала с активным участием микроорганизмов систематически происходит и в глубинных слоях воды». В этом процессе участвует до 10 % от годового объема ОВ, продуцируемого в трофогенном слое озера и вносимого с его бассейна. В открытой пелагиали Байкала активность обновления глубинных вод не постоянна в разные годы и изменяется не синхронно в разных частях котловины. В связи с этим, а также из-за значительных межгодовых колебаний урожайности фитопланктона поступление обогащенных органикой вод в глубинные и придонные слои (и увеличение здесь численности бактерий) происходит менее регулярно, чем вблизи берегов. У берегов поступление «свежего» ОВ инициируется весенней циркуляцией на термобарах и присклоновыми процессами в поле течений. Прибрежная пелагиаль озера выделяется повышенным круговоротом ОВ и биогенных элементов, особенно вблизи крупных рек, мелководий, заливов, воды которых отличаются большой продуктивностью. Сведения о численности участвующих в разложении органического вещества микроорганизмов могут быть индикатором активности обменных процессов.

⁸ Явление термического бара было обнаружено Ф. Форелем на Женевском озере. Форель обратил внимание, что в начале зимы в прибрежной зоне озера устанавливается обратная стратификация, температура воды на поверхности ниже 4° и местами около 0°, так что у самого берега образуется лед, тогда как на некотором удалении от берега в открытой части озера температура поверхности воды выше 4°, и там налицо прямая стратификация. Тот раздел между теплой и холодной водой, где они соприкасаются, и где вода от поверхности до дна имеет температуру 4°, Форель назвал термическим баром.

В начале 90-х гг. прошлого века были начаты молекулярно-генетические исследования некультивируемых микроорганизмов методами амплификации и секвенирования гена 16S рРНК (Беликов и др., 1996; Белькова и др., 1996; Семенова, Кузнецов, 1998; Денисова и др., 1999; Семенова и др., 2001; Белькова и др., 2003 а) и флуоресцентной гибридизации *in situ* с групп-специфичными зондами (Белькова и др., 2003 б; Максименко, Земская, 2004). По результатам многолетних исследований было установлено, что среди байкальских микроорганизмов доминируют некультивируемые формы, которые удалось отнести к 3 группам: 1 – бактерии, нуклеотидные последовательности которых имеют высокую гомологию с последовательностями известных культивируемых микроорганизмов; ранее они не были известны в составе микробного сообщества (бактерии родов *Methylobacterium*, *Sphingomonas* и *Paenibacillus* впервые были выделены из воды озера, а также представители рода *Caulobacter*, описанные ранее только по морфологическим признакам); 2 – бактерии, обнаруженные молекулярными методами в других пресноводных и почвенных экосистемах; 3 – бактерии широко распространенные в Байкале, среди которых предположительно могут быть эндемичные виды.

4.5. Фитопланктон

Основная функция фитопланктона – образование первичной продукции, от которой зависит формирование всей трофической структуры водоема. Солнечная энергия, поступающая в экосистему, превращается растениями в процессе фотосинтеза в химическую энергию синтезируемого ими органического вещества. От объема первичного органического вещества зависят масштабы продукции зоопланктона, рыб, нерпы и зообентоса. Поток энергии через популяции растительоядных, плотоядных и детритоядных организмов и происходящие в экосистемах круговороты питательных веществ зависят от первичной продуктивности фитопланктона.

Г. И. Поповской (1987) детально описана история изучения фитопланктона и планктонных диатомовых водорослей Байкала (Поповская и др., 2002). По результатам многолетних исследова-

ний был установлен систематический состав водорослей Байкала, который с учетом заливов, соров, мелководий, а также с впадающими в озеро реками насчитывает более 460 видов (из них 111 видов встречается в пелагиали, но только 36 здесь живут и развиваются, остальные заносятся с мелководий, наибольшую массу дают только 12–14 видов). В пелагиали Байкала, на которую приходится 80 % акватории озера, отмечено 122 вида, из них синезеленых – 21, золотистых – 14, диатомовых – 40, криптофитовых – 6, динофитовых – 7, зеленых – 34 (Поповская, 1991). По другим данным в планктоне Байкала живет 150 видов, в том числе 53 диатомовых (Измествьева, Кожова, 1988).

Эндемизм планктонных водорослей выражен слабо и соответствует видовому рангу (около 10 видов).

К наиболее массовым относятся 22 вида: *Aulacoseira baicalensis*, *A. islandica*, *Stephanodiscus binderanus* var. *baicalensis*, *Cyclotella baicalensis*, *C. minuta*, *Synedra acus* var. *radians*, *S. ulna* var. *danica*, *Nitzschia acicularis*, *Peridinium aciculiferum* f. *inermis*, *P. baicalense*, *Gymnodinium baicalensis*, *G. baicalensis* var. *minor*, *G. coeruleum*, *Rhodomonas pusillus*, *Chroomonas acuta*, *Dinobryon cylindricum*, *D. divergens*, *D. bavaricum*, *Mallomonas vannigera*, *Synechocystis limnetica*, *Anabaena lemmermannii*, *Ankistrodesmus pseudomirabilis* (Поповская, 1991).

Согласно современным данным, фитопланктон оз. Байкал в основном представлен диатомовыми водорослями. В весенний период времени на их долю приходится до 90 % численности и до 95 % биомассы (без учета пикопланктона, с размерами клеток меньше 2 мкм) (Поповская и др., 2002).

Фитопланктон в Байкале распространен неравномерно. Пелагиаль Байкала, крупные заливы, сора, обширные мелководья, прилегающие к устьям рек, отличаются по систематическому составу планктонных водорослей и характеризуются различной сезонной и межгодовой динамикой.

В открытом Байкале основную роль в производстве первичной продукции играют диатомовые водоросли. Они принадлежат к 2 классам – центрические (*Centrophyceae*) и пеннатные (*Pennatophyceae*). Среди центрических доминируют одноклеточные виды 7 родов: *Acanthoceras*, *Cyclotella*, *Cyclostephanos*,

Pliocaenicus, *Stephanodiscus*, *Thalassiosira*, *Urosolenia*; значительно меньшим количеством видов представлены колониальные водоросли: *Aulacoseira*, *Ellerbeckia*, *Melosira*, *Stephanodiscus*. Среди пениннатных водорослей, наоборот, доминируют колониальные организмы: *Asterionella*, *Diatoma*, *Fragilaria*, *Hannaea*, *Synedra*, *Meridion*, *Tabellaria* и только 3 рода одноклеточных водорослей – *Cymatopleura*, *Nitzschia*, *Synedra* (рис. 4.10) (Поповская и др., 2002). В настоящее время выделяют 5 видов планктонных эндемичных диатомовых водорослей: *Aulacoseira baicalensis*⁹, *Cyclotella baicalensis*, *C. minuta*, *Stephanodiscus inconspicuus*, *S. meyerii*.

Фитопланктон Селенгинского мелководья Байкала характеризуется значительным видовым разнообразием (184 вида и разновидности). Это связано с влиянием р. Селенги и крупных соров – Посольского, Истокского и залива Провал (Дубининский сор). На Селенгинском мелководье в высокопродуктивные годы биомасса фитопланктона за весь вегетационный период достигает более 400 мг/м³, в среднепродуктивные – с биомассой от 100 до 400 мг/м³, в малопродуктивные – с биомассой менее 100 мг/м³. Средняя многолетняя биомасса фитопланктона на мелководье составляет 937 мг/м³, численность 1202 тыс. клеток на 1 л (кл/л). Фитопланктон мелководий по среднемноголетним данным превышает таковой прилегающих участков открытого Байкала в 3–5 раз по биомассе и в 15 раз по численности. В заливах и сорах существуют 2–3 хорошо выраженных максимума развития фитопланктона в год. В верхнем 25-метровом слое открытого Байкала в продуктивные годы сосредоточено от 800 тыс. до 1 млн т (весной) и 13–20 тыс. т (осенью) фитопланктона.

Установлено, что для планктонных диатомовых водорослей Байкала характерно почти круглогодичное развитие (период вегетации продолжается около 11 месяцев, а в некоторые годы – круглогодично). В разные годы весенний максимум превышает осенний от 2–8 до 100 и более раз (такие количественные колебания свойственны морям и океанам). Планктонные водоросли в Байкале отличаются мощное развитие и в верхних слоях воды подо льдом.

⁹ *A. baicalensis* найдена в горных озерах Байкальской рифтовой зоны (Структура биоты..., 2006).

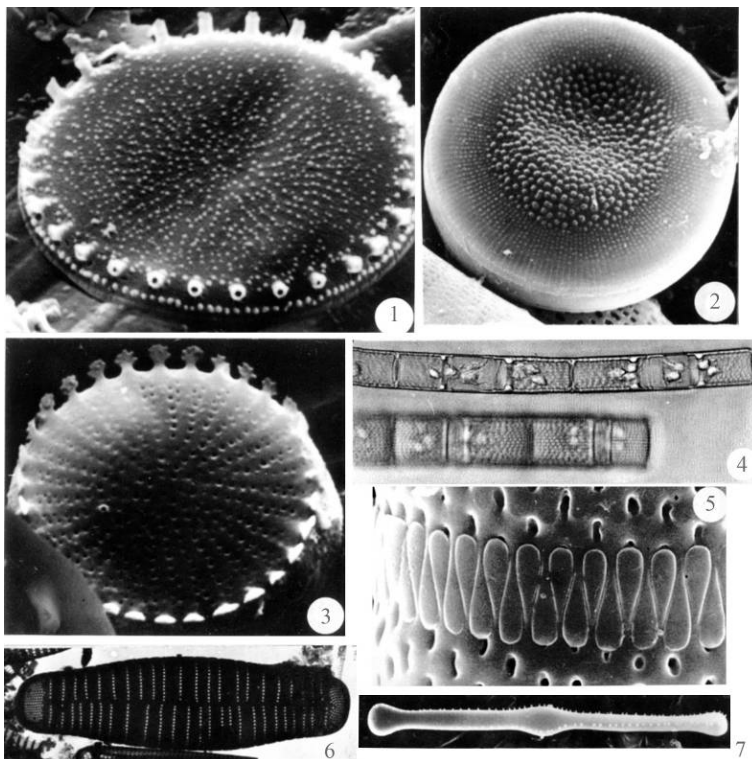


Рис. 4.10. Диатомовые водоросли оз. Байкал (по: Поповская и др., 2004).

Одноклеточные центрические водоросли: 1 – *Thalassiosira guillardii* (по данным СЭМ – сканирующий электронный микроскоп), 2 – *Cyclotella baicalensis* (СЭМ), 3 – *Stephanodiscus meyerii* (СЭМ). Колониальные центрические водоросли: 4 – *Aulacoseira baicalensis* (СМ – световой микроскоп); 5 – соединительный шов между шипами, соединяющими панцири соседних клеток в колонии *Aulacoseira baicalensis*. Пеннатные водоросли: 6 – *Diatoma vulgare* (ТЭМ – трансмиссионный микроскоп); 7 – *Tabellaria flocculosa* (СЭМ)

В зимний период доминируют крупные центрические виды: *Aulacoseira baicalensis*, образующая споры *A. islandica*, *Stephanodiscus meyerii*, *Cyclotella baicalensis*. Пеннатные виды в этот период представлены *Synedra acus* subsp. *radians*, *S. ulna* var. *danica*, *Nitzschia draveillensis*. Массовая вегетация диатомовых водорослей продолжается и в мае-июне, после вскрытия озера ото льда; их численность составляет 2–4 млн кл/м³, биомасса – до 2–5 г/м³ (Поповская, 1987). Только к июлю происходит значительное

обеднение верхнего 25–50-метрового слоя воды. В конце июля – августе в прогревом поверхностном слое воды развиваются *Aulacoseira subarctica*, *A. granulata*, *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, *Stephanodiscus makarovae*, *S. minutus*, *S. hantzschii*, *Nitzschia draveillensis*, *Synedra acus* subsp. *radians*. Общая их численность не превышает 50–150 тыс. кл/л. Летом диатомовый планктон пелагиали отличается бедностью по сравнению с сорами и заливами Байкала. В это время в пелагиали доминируют цианобактерии (характерный вид *Synechocystis limnetica*), мелкие жгутиковые (хризифитовые, динофитовые и криптофитовые водоросли) (Поповская и др., 2002).

Для развития диатомовых водорослей характерны межгодовые колебания видового состава, численности и биомассы, которые могут отличаться в десятки и даже сотни раз (Антипова, Кожов, 1953; Кожов, 1962; Антипова, 1963; Поповская, 1987, 1991). Такие изменения особенно проявляются у видов рода *Aulacoseira*. В отдельные годы их численность весной может достигать 4 млн кл/л («урожайные» или «мелозирные» годы), или снижаться до 20–30 тыс. кл/л («неурожайные» годы). Причины, вызывающие неодинаковую интенсивность развития водорослей, пока не установлены.

Распределение доминирующего комплекса диатомовых водорослей в котловинах озера отличается определенным своеобразием: в северной котловине высокопродуктивные годы бывают редко (доминирует *Aulacoseira baicalensis*), в средней – увеличивается доля *Stephanodiscus meyerii*, *S. acus* var. *radians* и мелких центрических диатомей – *S. macarovae*, *S. invisitatus*, *S. minutulus*, *S. hantzschii*, в южной – в отдельные «урожайные» годы биомасса диатомовых в слое 0–25 м составляет более 1 г/м³ при доминировании *A. baicalensis*, в другие в качестве субдоминанта выступает *Aulacoseira islandica*. Также отмечены годы, когда доминировали исключительно представители родов *Synedra* и *Nitzschia* (Поповская и др., 2002).

Установлено, что у западного побережья Байкала толщина трофогенного слоя в среднем в 2 раза больше (≈ 50 м), чем у восточного (≈ 25 м). Толщина трофогенного слоя зависит от прозрачности воды в разные сезоны года (Измestьева, 2000).

В Байкале за счет жизнедеятельности фитопланктона образуется 4 млн т органического вещества, что в пересчете на $C_{\text{орг}}$ (органический углерод) составляет 89 % его суммарного поступления в озеро (Вотинцев, Поповская, 1974).

Согласно проведенным в 70-е гг. исследованиям, суммарная масса стока водорослей 20 основными притоками в Байкал в разные годы составляла 59,1–76,4 тыс. т (на долю р. Селенги приходится 87,3 %) (Поповская, 1979).

Температура воды, ее прозрачность, химический состав и насыщение биогенными элементами существенно сказываются на составе, численности и биомассе фитопланктона. Антропогенное эвтрофирование, т. е. увеличение первичной продуктивности озер в результате обогащения их вод биогенными элементами, главным образом фосфором и азотом, приводит к нарушению функциональных связей в экосистеме, изменению природных продукционных характеристик и ухудшению качества воды.

Основные причины эвтрофирования: 1) увеличение сбросов промышленных и коммунальных сточных вод; 2) химизация сельского хозяйства, развитие животноводства и птицеводства; 3) возросшее использование моющих средств и др.

Данные о видовом составе фитопланктона, сезонных изменениях численности и биомассы используют для мониторинга состояния экосистемы Байкала. Важно идентифицировать колебания этих показателей в ходе естественных процессов и при антропогенных воздействиях. Особое значение имеют режимные многолетние наблюдения, проводимые сотрудниками Института биологии при Иркутском государственном университете на точке № 1 в районе пос. Б. Коты у юго-западного берега озера. Профессором М. М. Кожовым в 40-х гг. прошлого столетия были определены объекты, место, время наблюдений, глубины и фракции, которые до настоящего времени учитываются при отборе и обработке проб. Проверенная многолетней практикой эта система наблюдений считается эталоном организации мониторинга на Байкале (Проблемы ..., 1985).

4.6. Зоопланктон

Зоопланктон оз. Байкал представляет собой сложное сообщество организмов, в которое входят жгутиковые, инфузории, ракообразные Cuscloroida (веслоногие), Calanoida (каланоиды), Cladocera (ветвистоусые) и коловратки Rotatotia (рис. 4.11). Все они питаются фито- и бактериопланктоном. Ветвистоусые рачки не характерны для открытого Байкала, и появление их связано с динамикой водных масс. Коловратки являются неотъемлемой частью зоопланктона озера. В открытой пелагиали озера отмечено около 30 видов. Основу фауны коловраток составляют палеарктические и голарктические виды, широко распространенные в озерах северных широт. Выделяют 3 группы коловраток: зимне-весенняя (апрель-май), когда значительного развития достигают эндемичные виды *Synchaeta pachypoda*, *S. rufina*, *S. prominula*, *Notholca grandis*, *N. intermedia*, *N. lamellifera*; летне-осенняя (июнь-сентябрь) – *Kellicottia longispina*, *Felinia terminalis*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*; круглогодичная – *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Felinia terminalis* (Кутикова и др., 1995).

Основная масса зоопланктона сосредоточена в верхнем 250-метровом слое и составляет 79 % его численности во всем столбе воды до дна. В период обратной стратификации температур (поздняя осень-зима) основная масса эпишуры (61–73 %) сосредоточена в верхнем 250-метровом слое воды, 20 % – глубже 500 м. В период весенней и осенней гомотермии зоопланктон распределен в толще более равномерно. В период летней стагнации (июль-сентябрь) большая часть эпишуры (80–90 %) находится в слое 0–50 м.

Согласно многолетним исследованиям, наиболее массовыми видами зоопланктона в Байкале являются эндемичный рачок – эпишура (*Epischura baicalensis*) и циклоп (*Cyclops kolensis*). Эпишура является основным потребителем первичной продукции, тем самым влияя на прозрачность и химический состав байкальской воды. Именно эпишуре и циклопу принадлежит основная роль в формировании продукции, которую потребляют рыбы и донное сообщество организмов.

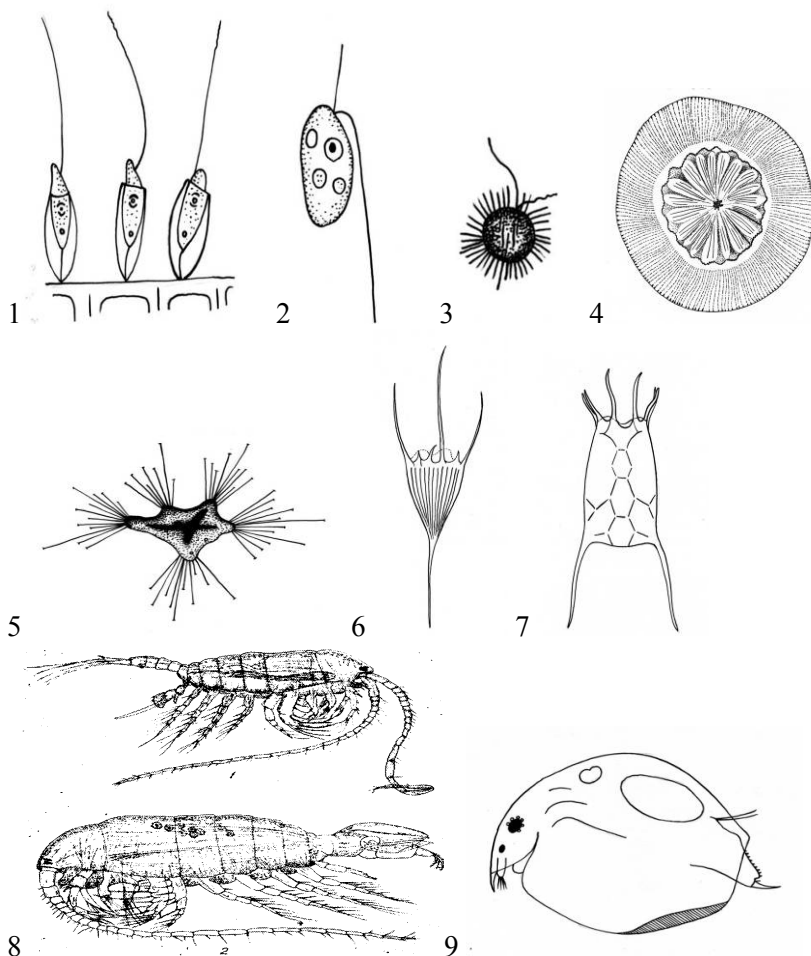


Рис. 4.11. Представители зоопланктона оз. Байкал:

бесцветные жгутиковые *Bicosoeca lacustris* (длина 9–12 мкм, ширина 4–5,5 мкм), прикрепленные к нити *Aulacoseira* (1), *Bodo repens* (длина 9–15 мкм, ширина 5–8 мкм) (2), *Paraphysomonas imperforate* (1,5–2,5 мкм) (3) (Таничев, Бондаренко, 1995); инфузории – *Liliomorpha viridis* (90–100 мкм) (4), *Trichophrya epistylidis* (120–130 мкм) (5) (Оболкина, 1995), коловратки: *Kellicottia longispina* (600 мкм) (6) (Кутикова и др., 1995), *Keratella quadrata* (200 мкм) (7); каланоиды (Calanoida) – *Epischura baicalensis* самка (нижний рисунок) (1,36–1,69 мм) и самец (верхний рисунок) (1,07–1,2 мм) (8) (Кожов, 1972); ветвистоусые (Cladocera): *Chydorus sphaericus*, самка (450 мкм) (9) (Смирнов, 1971)

Эпишура по строению своего ротового аппарата является фильтратором, что позволяет ей поглощать из воды бактерио- и фитопланктон. Основным инструментом цедильного аппарата являются щетинки, густо опушенные волосками. Все они находятся на ротовых конечностях и увеличивают фильтрующие способности этих ракообразных.

В течение года у эпишуры отмечены 2 периода массового размножения: зимне-весенний (декабрь–февраль) и летний (июль). В течение жизни самки эпишуры создают 9–10 яйцевых мешков с промежутками в 10 дней летом и 20 дней зимой (Афанасьева, 1977).

Самки во время созревания яиц опускаются на глубину 200–300 м (Измествева, Кожова, 2000). Продолжительность жизни каждой генерации составляет один год, но период развития науплиусов, копеподитов и взрослых стадий отличается по своей длительности. Науплиальные стадии зимнее-весеннего поколения развиваются с декабря по март (90–100 суток), копеподитные стадии – с марта по июнь (90 суток), продолжительность жизни взрослых самок с июня по ноябрь (180 суток) (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Продолжительность жизни (в сутках) взрослых самок
Epischura baicalensis зимне-весеннего и летнего поколений
(Э. Л. Афанасьева, 1977)

Период	Зимне-весеннее поколение	Летнее поколение
Созревание половых продуктов	30–40 (июнь–июль)	80 (октябрь–декабрь)
Половая активность	80–90 (июль–сентябрь)	120 (декабрь–апрель)
«Старение»	60 (октябрь–ноябрь)	70 (апрель–июнь)
Общая продолжительность жизни	180 (июнь–ноябрь)	270 (октябрь–июнь)

Поскольку развитие этой генерации проходит при низких температурах и за более продолжительный период времени, рачки имеют более крупные размеры по сравнению с рачками летнего поколения.

Науплиальные стадии летнего поколения развиваются с июля до середины августа (40–45 суток), копеподитные – с середины августа до сентября (40–45 суток). Взрослые более мелкие рачки

этого поколения в массе появляются в октябре и живут до июня следующего года (250–260 суток), 8,5–9 мес.

Э. Л. Афанасьевой (1969, 1975) изучена многолетняя динамика зоопланктона пелагиали оз. Байкал. Установлено, что пелагиаль озера является неоднородной по составу и количеству зоопланктонных организмов: существенно различаются поверхностные и глубинные слои воды, прибрежные участки озера и открытый Байкал, а также южная, средняя и северная котловины озера. С января по июль обычно в открытых глубоководных районах Байкала доминирует байкальский комплекс видов: эпишура, макрогектопус и коловратки (*Synchaeta pachypoda*, *Notholca grandis* и *N. intermedia*). В августе появляются озерные виды, широко распространенные в водоемах Палеарктики (циклопы, дафнии, босмины и др.). По результатам съемки 1964 г. было отмечено, что в течение года в Южной и Центральной котловинах была высока численность и биомасса *Cyclops kolensis* (в июле биомасса циклопа составила 50 %, а в сентябре – 70 и 90 % от всего зоопланктона. В северной котловине озера в этот год эпишура составляла 98 %, циклоп – 2 %).

В многолетней динамике численности эпишуры выделяют 3–4- и 9–11-летние циклы. Считается, что для экологического мониторинга эпишуры Байкала необходимы регулярные наблюдения. С периодичностью в 10 дней они проводятся на станции № 1 (около пос. Б. Коты). Пробы отбираются в слое 0–300 м. Необходимые параметры: численность возрастных и половых групп, численность самок с яйцевыми мешками. Эти исследования выполняют сотрудники Института биологии при Иркутском государственном университете (Измestьева, Кожова, 2000).

Зоопланктонные организмы очень чувствительны к изменениям температуры, прозрачности и химического состава воды, что влияет на их биологию (этапы жизненного цикла, размножение). Вмешательство в среду обитания может неблагоприятным образом сказаться на составе зоопланктонных организмов (биологическое разнообразие), численности и биомассе, а, значит, на качестве байкальской воды. Это вмешательство может иметь как локальное воздействие на популяции отдельных организмов, входящих в зоопланктонное сообщество, так и изменить продукционные характеристики всей экосистемы Байкала (сокращение численности зоопланктона может привести к сокращению кормовой базы рыб, а значит, нерпы и околотовдных птиц).

4.7. Бентос

Бентос представляет собой население дна водоема, обитающего на грунте (эпибентос), в грунте (эндобентос) и в непосредственной близости от него (нектобентос). Пелагиобионтов, которые на определенных этапах жизни переходят в придонные слои, относят к пелагиобентосу. Выделяют микробентос (организмы менее 0,1 мм), мейобентос (от 0,1 до 2 мм) и макробентос (животные крупнее 2 мм). По источнику питания среди бентосных организмов выделяют детритоедов-сестонофагов (губки, двустворчатые моллюски и др.), детритоедов, собирающих пищевые частицы с поверхности грунта (амфиподы, гастроподы), грунтоедов – потребителей захороненного детрита (олигохеты) и хищников (планарии, пиявки, крупные амфиподы) (Бекман, 1987).

Основное биологическое разнообразие фауны Байкала сосредоточено именно в донных сообществах (свыше 86 % зарегистрированных видов и подвидов); пелагические биоценозы озера несравненно однообразнее (Тахтеев и др., 2009, в печати).

В бентосе Байкала представлены различные группы организмов – простейшие, моллюски, амфиподы, губки, личинки насекомых (ручейники, комары-звонцы, или хирономиды, стрекозы), черви, полихеты, олигохеты, низшие ракообразные (остракоды, гарпактициды), равноногие раки, губки, тихоходки, водные клещи и низшая и высшая водная растительность (рис. 4.12).

Бентосные организмы «перерабатывают» (трансформируют) органическое вещество верхних трофических уровней (фитопланктона, бактериопланктона и зоопланктона), используя осаждающиеся на дно организмы в пищу, тем самым участвуя в процессах очищения водоема и формирования химизма вод¹⁰.

По данным К. К. Вотинцева (1967), с отмирающим фито- и зоопланктоном Байкала в донные осадки поступает до 3–4 г/м² С_{орг} в год. Содержание органического вещества в поверхностном слое грунта составляет около 1,6 г/м² С_{орг}. В год на одном квадратном метре поверхностного слоя донных отложений Байкала в среднем подвергается деструкции до 1,5–2,5 г С_{орг}.

¹⁰ При этом важно понимать, что основная роль в деструкции донных отложений принадлежит микроорганизмам.



Рис. 4.12. Бентосные организмы оз. Байкал.

Lubomirskia baicalensis (1) (фото А. Л. Новицкого, из архива О. А. Тимошкина), корковая губка (2) (неопределенная до вида, около 2 см в диаметре) (фото О. А. Тимошкина); гигантская глубоководная планария *Rimacephalus arecepta depigmentata*, длина 13 см (3); малощетинковый червь люмбрикулиды (4) (фото О. А. Тимошкина); малощетинковый червь *Manayunkia baicalensis* (5) (фото Т. Я. Ситниковой и С. И. Дидоренко); амфиподы: *Parapallasea lagowskii* (длина 50 мм) (6) и *Eulimnogammarus violatus* (30 мм) (7) (фото В. В. Тахтеева); *Brandtia parasitica* (11, 5 мм) (8) (фото О. А. Тимошкина); брюхоногие моллюски: *Liobaicalia stiedae* (высота раковины 9,5 мм) (9) (фото П. Репсторф), *Godlewskia godlewskii* (высота раковины около 17 мм) (10) и *Maackia herderiana* (высота раковины 8 мм) (11) (фото Т. Я. Ситниковой и С. И. Дидоренко); двустворчатый моллюск *Euglesa korotnevi* (раковина, вид сверху; увеличение 8х1; длина раковины 4 мм, высота 3,8 мм) (12) (фото З. В. Слугиной)

Согласно расчетам, в сообществах абиссали величины энергии, ассимилированной животными организмами (без хищников) составляют от 1 до 40 % от общего количества органического вещества ($C_{орг}$), подвергающегося деструкции в поверхностном слое донных отложений (Черепанов, 1970).

В. В. Черепанов (1978) провел анализ экологической структуры бентоса оз. Байкал и выделил в нем эктобионтов, обитающих на поверхности субстрата (грунте) и эндобионтов, живущих в грунте. Потребители взвешенного вещества из придонного слоя воды отнесены к экзофагам; потребители вещества с поверхности грунта – к эпифагам; потребители вещества из толщи грунта – к эндофагам; выделены также хищники и мирные организмы (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Экологическая характеристика донных организмов оз. Байкал
(по В. В. Черепанову, 1978)

Систематические группы организмов	Эктобионты	Эндобионты	Экзофаги	Эпифаги	Эндофаги	Хищники	Мирные
Губки	+		+				+
Турбеллярии (плоские ресничные черви)	+			+	+	+	
Нематоды (круглые черви)		+					+
Полихеты (многощетинковые черви)	+		+		+		+
Олигохеты (малоресничные черви)		+					+
Пиявки	+					+	
Ракушковые рачки	+				+		+
Равноногие раки	+			+			+
Амфиподы (бокоплавы)	+			+			+
Ручейники	+			+			+
Комары-звонцы (хируномиды)	+	+		+	+		+
Моллюски: Брюхоногие	+			+			+
Двустворчатые		+	+				+

Впервые Е. Б. Карабачевым (Подводные ландшафты Байкала, 1990) было проведено ландшафтное районирование дна Байкала. Понятие о ландшафте заимствовано из физической географии суши. Ландшафт – сравнительно однородный по своим условиям природный комплекс, который характеризуется некоторыми абиотическими условиями, влияющими на распределение донных

организмов, их взаимосвязи друг с другом и структуру экологических сообществ. Ландшафты объединяются в районы; районы – в округа и последние – в провинции. Провинциями признаны Северная, Центральная и Южная котловины Байкала, округами – подводные склоны западного и восточного бортов озера. В них выделяют шесть основных районов (рис. 4.13).

Организмы бентоса очень чувствительны в выборе среды обитания. Сравнительно недавно на Байкале были проведены исследования состава макрозообентоса в зависимости от субаквального ландшафта (Кравцова и др., 2003 а, б). На основе физико-географических и геоморфологических характеристик дна были выделены донные подводные комплексы (ДПК) и фации, как наименьшие структурные единицы ландшафтов – по преобладающему типу донных отложений. В бухте Б. Коты выявлены 4 ДПК: пляж, мелководная терраса, подводный склон и подводный каньон. В пределах разных ДПК выделены 17 фаций (табл. 4.6).

Донное население глубинной зоны Байкала неоднородно и представлено микробентосом, макробентосом и мейобентосом. Бентические свободноживущие инфузории отмечены до глубин 1460 м. Они относятся к отряду Heterotrichida и Oligotrichida. С глубины 1370 м был выделен в монокультуру бесцветный жгутиконосец *Cercobodo crassicauda*. В мейобентосе ведущая роль принадлежит нематодам, сравнительно многочисленны ракообразные (гарпактициды, циклопы, остракоды). В небольшом количестве встречаются прямокишечные турбеллярии, водные клещи и рачки – батинеллиды. В макробентосе преобладают олигохеты и амфиподы. Численность олигохет колеблется от 4 до 111 экз./м², биомасса от менее от 0,01 до 3,5 г/м². Средняя численность равна 29 экз./м².

Численность и биомасса амфипод изменяются в пределах от 8 до 167 экз./м² и от 0,01 до 0,76 г/м². Личинки комаров-звонцов (Chironomidae), относящиеся к роду *Sergentia*, встречаются на очень больших глубинах, где их численность составляет 12 экз./м². Установлено, что фауна донных отложений представлена разнообразными эврибатными пелофилами (глубоководные обитатели илистых грунтов) и глубоководными эндемиками (Тахтеев и др., 1993).

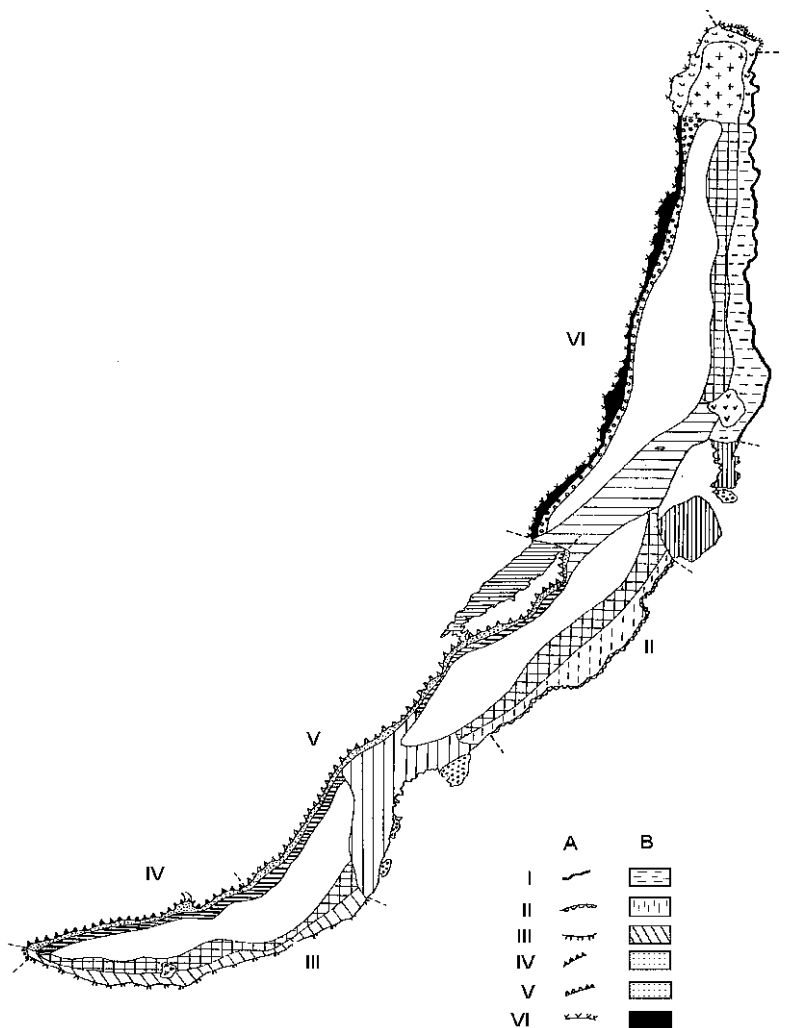


Рис. 4.13. Карта-схема подводных ландшафтов Байкала (Подводные ландшафты Байкала, 1990).

Ландшафты мелководных террас (А) и подводных склонов (В) разных районов: I – от устья р. В. Ангара (бухта Дагарская) до Чивыркуйского залива; II – от Баргузинского залива до р. Селенги; III – от р. Селенги до пос. Слюдянка; IV – от пос. Култук до м. Кадильный; V – от м. Кадильный до м. Хобой; VI – от м. Арул до пос. Нижнеангарск

Таблица 4.6

Характеристика населения донных подводных комплексов мелководной зоны (глубины 0–20 м)
бухты Б. Коты Южного Байкала (Кравцова и др., 2003 а)

Донный подводный комплекс	Фация	Глубина, м	Ассоциации водорослей	Макробеспозвоночные животные		Видовое разнообразие по Шеннону, бит.	Число проб
				число таксонов	общая численность, экз./м ²		
Пляж	Валуны, погруженные в песчано-гравийно-галечный материал	0,3–1,3	<i>Didymosphenia geminata</i> <i>Tetrasporopsis</i> sp. + <i>D. geminata</i>	40	1793 ± 123	2,17	4
	Гравийно-галечный материал с отдельными валунами	0,7–1,2	<i>D. geminata</i> , <i>Tetrasporopsis</i> sp. + <i>D. geminata</i>	31	773 ± 212	2,16	4
Мелководная терраса	Валуны, погруженные в гравийно-галечно-песчаный материал	1,5–3,0	<i>D. geminata</i> , <i>Draparnaldioides baicalensis</i> , <i>Draparnaldioides pumila</i> , <i>Tetrasporopsis</i> sp. + <i>D. geminata</i>	122	11 882 ± 1892	3,62	11
	Неокатанные обломки пород, смешанные с песчано-галечно-валунным материалом	1,9	<i>D. pumila</i> , <i>Tetrasporopsis</i> sp. + <i>D. geminata</i>	54	4851 ± 182	3,40	3
	Галька с примесью песка, отдельными валунами	2,9	<i>D. baicalensis</i> , <i>D. geminata</i>	49	25 784	3,64	1
	Валуны в ярусной упаковке, погруженные в песчано-гравийно-галечный материал	2,5–4,1	<i>Tetrasporopsis</i> sp. + <i>D. geminata</i> , <i>D. baicalensis</i> , <i>Cladophora compacta</i>	93	9330 ± 1826	3,90	7
	Чистый песок	3,4–3,9	<i>Tetrasporopsis</i> sp. + <i>D. geminata</i> , <i>Myriophyllum spicatum</i> L., <i>Stratonostoc vernicosum</i>	68	12 628 ± 6897	3,36	4

Окончание табл. 4.5

Донный подводный комплекс	Фация	Глубина, м	Ассоциации водорослей	Макробеспозвоночные животные		Видовое разнооб- разие по Шеннону, бит.	Чис- ло проб
				число таксонов	общая численность, экз./м ²		
	Пески с отдельными валунами	3,5–5,7	<i>M. spicatum</i> , <i>D. baicalensis</i> , <i>Cladophora floccose</i> + <i>Cladophora kursanovi</i>	123	6655 ± 1268	3,64	12
	Выветренные коренные породы	4,2	<i>D. baicalensis</i>	73	17 857 ± 5618	4,04	3
	Неокатанные обломки пород, галечно-валунный материал на скальном основании	4,8	<i>C. compacta</i> , <i>C. kursanovi</i> + <i>C. compacta</i>	84	11 492 ± 3381	4,46	3
	Скальное дно внешнего края абразионной террасы	5,2	<i>C. compacta</i> , <i>D. baicalensis</i>	67	7993 ± 2875	3,19	6
Подвод- ный склон	Слегка заиленный коренной склон	8	<i>C. kursanovi</i> + <i>C. compacta</i>	47	14 945 ± 2679	3,32	3
	Заиленный склон с дрсвой, щебнем, неокатанными обломками пород	8–20	<i>C. kursanovi</i> + <i>C. compacta</i> , <i>C. floccosa</i> , <i>C. compacta</i> , <i>b. verrucosum</i>	160	12 693 ± 2603	4,19	15
	Заиленный склон с галькой, неокатанными обломками пород	20	<i>C. floccosa</i> + <i>C. kursanovi</i>	55	2702 ± 1144	3,77	3
Каньон	Илистый песок с отдельными валунами	8	<i>Nitella flexilis</i> , <i>Elodea canadensis</i>	39	15 048 ± 5619	2,94	3
	Ил с примесью песка, грубого детрита	10	<i>Fontinalis</i> sp.+ <i>M. spicatum</i>	33	8903 ± 5026	2,56	3
	Подвижный песок с отдельными валунами	12,5–20	<i>Fontinalis</i> sp. + <i>M. spicatum</i>	89	7702 ± 2127	4,01	6

Многие рыбы (сиг, хариус, рогатковидные рыбы, ленок) и водоплавающие птицы (утки) питаются бентосными организмами – моллюсками, амфиподами, ручейниками (Бекман, Деньгина, 1969 и др.). Бентосные организмы являются промежуточными хозяева многих групп паразитических животных (трематоды, цестоды, нематоды, скребни и др.), и поэтому им принадлежит значительная роль в циркуляции паразитов в экосистемах и поддержании определенного уровня зараженности промежуточных и окончательных хозяев.

На состав, численность и биомассу бентоса значительное влияние оказывают температурные условия водоема, химический состав воды. Хозяйственная деятельность и, в частности, внесение в водоемы несвойственных для них химических элементов и органических веществ может приводить к ухудшению качества среды обитания бентосных сообществ, изменениям в структуре бентосных сообществ организмов (видовой состав, численность и биомасса), нарушениям в этапах жизненного цикла (размножение, эмбриональное, личиночное развитие, половое созревание и др.).

4.8. Рыбы

Согласно современным данным в водоемах и водотоках бассейна оз. Байкал обитает 67 видов и подвидов рыб. Ихтиофауна Байкала представлена 58 видами и подвидами¹¹ и включает: 1) эндемичные рогатковидные рыбы (32 вида, относящихся к 10 родам и 3 семействам), освоивших все глубины озера; 2) байкало-сибирский комплекс рыб (7 видов и подвидов, относящихся к 6 родам и 5 семействам); 3) представители сибирской фауны рыб (14 видов и подвидов, относящихся к 10 родам и 6 семействам); 4) вселенцы, которые появились в Байкале в результате интродукционных работ (5 видов, относящихся к 5 родам и 4 семействам) (Матвеев, Самусенок, 2007).

¹¹ По данным В. Г. Сиделевой (2004), в Байкале обитает 61 вид и подвид рыб, относящихся к 15 семействам, среди которых 36 видов и подвидов, или 59 %, – эндемичные.

В. Г. Сиделева (2004, с. 1025) – исследователь рогатковидных рыб, отмечает: «...уникальной особенностью ихтиофауны Байкала является доминирование эндемичных рыб, которые выработали высокую степень специализации к условиям Байкала и характеризуются наличием глубоководных форм».

1. Эндемичные рогатковидные рыбы (31 вид и подви́д) оз. Байкал доминируют в ихтиофауне по числу видов (50,8 %) и биомассе (80 %) (Сиделева, 2004).

Рогатковидные рыбы (подотряд Cottoidei) представлены 3 семействами: Cottidae (керчаковые или рогатковые), Comephoridae (голомянковые) и Abyssocottidae (глубоководные подкаменщики). **Семейство Cottidae рогатковые** представлено 2 подсемействами Cottocomephorinae (широколобки) и Cottinae (керчаковые). К широколобкам относятся большеголовые широколобки (род *Batrachocottus* с 4 видами), род *Cottocomephorus* (с тремя видами, в том числе с желтокрылой и длиннокрылой широколобками *Cottocomephorus grewigkii* и *C. inermis*), каменные широколобки (род *Paracottus* с 1 видом *Paracottus knerii* каменная широколобка), песчаные широколобки (род *Leocottus* с 1 видом *Leocottus kesslerii* песчаная широколобка). **Семейство Comephoridae голомянковые** представлено 2 видами *Comephorus baicalensis* большая голомянка и *C. dybowskii* малая голомянка. **Семейство Abyssocottidae глубинные широколобки** включает: глубинные широколобки (род *Abyssocottus* с 3 видами), шершавые широколобки (род *Aspocottus* с 5 видами), горбатые широколобки (род *Cyphocottus* с 2 видами), короткоголовые широколобки (род *Cottinella* с видом *C. boulengeri*), озерные широколобки (род *Limnocottus* с 4 видами), рыхлые широколобки (род *Neocottus* с 2 видами) и красные широколобки (род *Procottus* с 4 видами). Эволюция рогатковидных рыб в Байкале связана с заселением предковыми формами глубоководной зоны озера. Адаптации байкальских коттоидных рыб к глубоководному образу жизни сходны с таковыми у океанических видов (Сиделева, 2004, с. 1024).

2. Сибирско-байкальский комплекс представлен хариусовыми, сиговыми и осетровыми рыбами, которые обитают в прибрежно-склоновой (до 300 м) зоне озера, а также заходят в пелагиаль в летне-осенний период.

3. Сибирская фауна в Байкале представлена широкораспространенными в Сибири щуковыми, карповыми и окуневыми рыбами.

4. Вселенцы. В настоящее время в Байкале обитает 5 новых видов рыб-вселенцев, относящихся к 4 семействам: сем. Coregonidae сиговые – *Coregonus peled* пелядь, сем. Siluridae сомовые – *Parasilurus asotus* амурский сом, сем. Cyprinidae карповые – *Cyprinus carpio haematopterus* сазан, *Abramis brama orientalis* восточный лещ и сем. Odontobutidae головешковые – *Perccottus glenii* ротан-головешка. Их появление в Байкале связано с акклиматизационными мероприятиями в бассейне оз. Байкал; о них подробно написано в ряде работ (Асхаев, 1958, 1961; Егоров и др., 1965, Карасев, 1972, 1973, 1974 а, б; Асхаев, Ельцова, 1972, Пронин, 1977, 1982; Тютрина, 1988, Литвинов, 1993; Болонев и др., 2002). Основной целью этих работ было увеличение рыбопродуктивности водоемов за счет вселения новых ценных видов рыб. К сожалению, не всегда акклиматизация рыб проводилась в соответствии с научными рекомендациями, что в конечном итоге привело к завозу в этот уникальный регион нежелательных видов, в частности сорного вида рыб – ротана-головешки (*Perccottus glenii*), а также паразитов акклиматизированных рыб, ранее отсутствующих в бассейне Байкала. Представленные факты свидетельствуют о том, что в результате заселения Байкала новыми организмами произошла антропогенная трансформация его экосистемы. Пока мы не знаем, к каким результатам может привести такое изменение экосистемы озера и как поведут себя в будущем аборигенные и вселенные в Байкал рыбы и их паразиты.

Самыми многочисленными рыбами в Байкале являются уникальные живородящие рыбы – голомянки, которые дают наибольшую биологическую продукцию. В теле голомянок содержится до 40 % жира (у большой голомянки), отмечено утончение костей черепа, редукция скелета и, наоборот, значительное увеличение размеров плавников (грудных, спинных и анального), что благоприятствует их обитанию в пелагиали озера (Байкал: атлас, 1993). Значительная рассеянность этих рыб в толще и отсутствие эффективных орудий лова не позволяет добывать их в промышленных масштабах. Биомасса большой голомянки составляет

20 кг/га, малой – 40 кг/га. Годовая продукция первой – 25 тыс. т, второй 85 тыс. т; их потребность в зоопланктоне составляет 1/8 годовой продукции эпишуры. Годовая продукция голомянок составляет около 5 % годовой продукции зоопланктона и 0,5 % – фитопланктона (Коряков, 1972).

Основной промысловой рыбой является байкальский омуль – *Coregonus migratorius*. Этот вид представлен несколькими популяциями, которые относятся к 3 эколого-морфологическим группам: пелагическая, прибрежная и придонно-глубоководная.

Пелагический омуль (многотычинковый, на жаберной дуге обычно 44–55 тычинок). Нерестится в р. Селенге, обитает в пелагиали оз. Байкал, имеет сигарообразное тело, большие глаза, узкий хвостовой плавник, во время нереста поднимается вверх по реке до 1600 км. Питается зоопланктоном, макрогектопусом, пелагическими бычковыми и их личинками. Зимует омуль на глубине 200–300 м.

Прибрежный омуль (среднетычинковый, с 40–48 тычинками). Нерестится в реках северной оконечности озера, питается в прибрежной зоне. Рыбы имеют длинную голову, высокое тело и хвостовой плавник. Нагуливается в прибрежной зоне Байкала, для нереста заходит в реки В. Ангара (640 км), Кичера (150 км) и Баргузин (400 км). Питается зоопланктоном (23 %), средних размеров макрогектопусом (34 %), пелагическими бычками (26 %) и другими объектами (17 %).

Придонно-глубоководный омуль (малотычинковый, с небольшим числом 36–44 грубых и длинных жаберных тычинок). Нерестится в малых реках. Придонно-глубоководный омуль населяет Байкал до глубины 350 м. Характеризуется наибольшей высотой тела и хвостового плавника, длинной головой. Нерестится в малых притоках Байкала с длиной нерестового пути от 3–5 км (р. Безымянка и р. М. Чивыркуй) до 20–30 км (р. Б. Чивыркуй и р. Б. Речка). В пище преобладают макрогектопус средних размеров (52 %), рыбы (25 %), донные виды гаммарид (12 %) и зоопланктон (10 %). Посольский омуль с 1933 г. искусственно разводится на Большереченском рыбоводном заводе (Смирнов, Шумилов, 1974; Байкал: атлас, 1993).

Регулирование промысла омуля в настоящее время осуществляется на основе ежегодного мониторинга состояния его запасов, в соответствии с федеральным законом «Об охране озера Байкал» (1999). Сохранение стабильных запасов омуля в последние десятилетия во многом связано с деятельностью рыбопроизводных заводов (Большереченского и Селенгинского). С 1981 по 2006 гг. выпуск личинок омуля составил в среднем 1,3 млрд экз. (42,6 % от общего ската личинок омуля в Байкал) (Соколов, Калягин, 2008).

Промысел омуля определяется структурно-функциональными характеристиками основных морфо-экологических групп, историческим опытом ведения омулевого промысла на Байкале и направлен на вылов неполовозрелой части стада в нагульный период (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Лов омуля неводом на Байкале (фото С. Н. Подберезкина)

4.9. Паразиты рыб

Паразитические организмы отличаются от свободноживущих организмов тем, что одновременно существуют в хозяине (среда первого порядка) и во внешних условиях (среда второго порядка) (Павловский, 1937).

Специфическое влияние обеих сред сказывается на составе паразитов различных организмов и в разных условиях формируется соответствующая им паразитофауна (Догель, 1962).

В. А. Догель, говоря о паразитофауне того или иного вида животного, определил ее как «совокупность паразитов, обитающих в одном каком-либо хозяине», которая «представляет собой своеобразный биоценоз, имеющий свои закономерности развития и свою динамику». Изучение паразитических организмов является важной научно-практической задачей потому, что паразиты влияют на состав и численность организмов, формирующих сообщества и экосистемы. Специфичные паразиты, которые сопровождают хозяев на протяжении их эволюции, ограничивают проникновение несвойственных паразитов, способствуя гомеостазу систем. Паразиты могут вызывать болезни животных и человека. Поэтому паразитологический фактор важно учитывать при изучении и оценки состояния экосистем.

Паразиты рыб Байкала изучаются на протяжении почти 100 лет. На первом этапе исследований был дан анализ состава паразитофауны рыб, выявлены эндемики, сделан зоогеографический анализ (Ляйман, 1933; Догель и др., 1949; Догель, Боголепова, 1957; Заика, 1965). На втором этапе большое внимание было уделено изучению отдельных систематических групп паразитов и их биологии, выявлению особенностей взаимоотношений в системе паразит – хозяин (Пронин, Пронина, 1986; Пронина, Пронин, 1988; Ринчино, 1987; Русинек, 1987, 1989 а, б; Тармаханов и др., 1990; Дульбеева, 1990).

Паразитофауна аборигенных рыб оз. Байкал объединяет 240 видов и подвидов, относящихся к 13 типам: Kinetoplastida, Polymastigota, Sporozoa, Microspora, Myxozoa, Ciliophora, Cnidaria, Plathelminthes, Nematelminthes, Acanthocephales, Annelida, Mollusca, Arthropoda и к 17 классам беспозвоночных: Kinetoplastidea – 16, Diplomonadea – 2, Coccidea – 5, Microsporea – 3, Myxosporea –

45, Phyllopharyngea – 1, Oligohymenophorea – 28, Hydrozoa – 1, Monogenea – 42, Amphilinida – 1, Cestoda – 23, Trematoda – 29, Nematoda – 13, Acanthocephala – 7, Hirudinea – 4, Bivalvia – 2, Crustacea – 15 и Protozoa incertae sedis – 1, также отмечены грибы Saprolegnia. Большая часть паразитов – 214 видов и подвидов (89 %) заканчивают свое развитие в организме байкальских рыб и только 26 (11 %), к которым относятся трематоды, цестоды и нематоды, половой зрелости достигают у рыбацких птиц и байкальского тюленя. Для экосистемы Байкала характерны паразиты, развивающиеся без промежуточных хозяев – 151 (или 63 %), с одним хозяином развиваются – 53 (22 %), с двумя – 37 (15 %) видов и подвидов. Наибольшее количество видов паразитов отмечено у ельца (*Leuciscus baicalensis*) (42) и у песчаной широколобки *Leocottus kesslerii* (39), наименьшее – у *Neocottus termalis* (6). Максимальное количество специфичных видов паразитов имеет щука (10), эндемиков – желтокрылая широколобка – 18.

Наиболее разнообразна в Байкале паразитофауна карповых рыб Cyprinidae; у них отмечено 88 видов паразитов, среди которых только 3 – эндемичные; меньше всего паразитов – в семействе вьюновых Cobitidae – 15, с одним эндемичным видом.

Паразитофауна рогатковидных рыб насчитывает 77 видов и подвидов, включая 31 эндемичный. В подотряде Cottoidei наибольшее количество паразитов (66) и эндемиков (26) отмечено у рыб семейства Cottidae, наименьшее у рыб семейства Comephoridae (20 и 7), Abyssocottidae занимают промежуточное положение (38 и 16 соответственно). Среди эндемиков преобладают паразиты с простым жизненным циклом, всего среди них отмечено 6 систематических групп, большая часть из которых простейшие (рис. 4.15, 4.16).

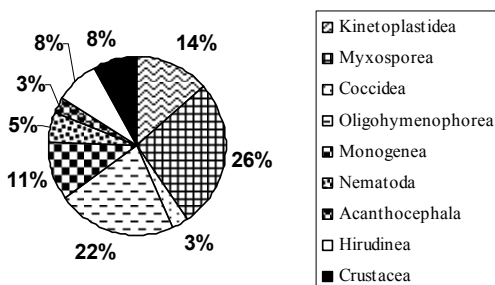


Рис. 4.15. Соотношение систематических групп у эндемичных паразитов рыб в Байкале

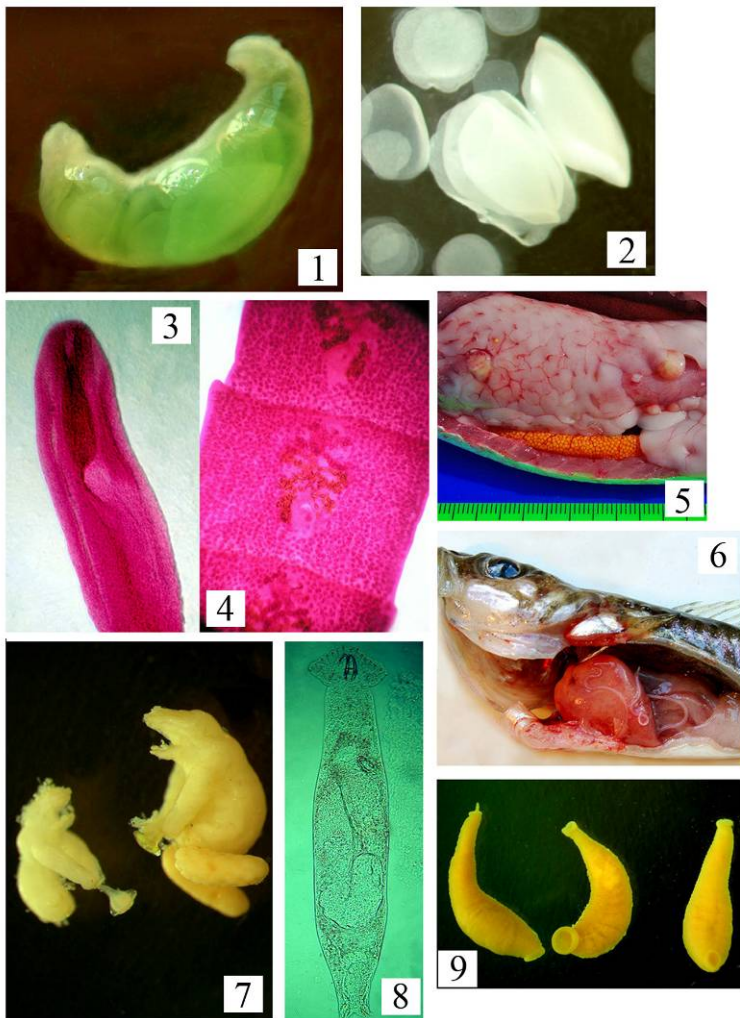


Рис. 4.16. Паразиты рыб оз. Байкал

Myxidium perniciosum: 1 – желчный пузырь с плазмодиумами, 2 – плазмодиумы, выделенные из желчного пузыря; 3, 4 – *Diphylobothrium dendriticum* сколекс и зрелый членик из серебристой чайки; 5 – чаечный лентец *Diphylobothrium dendriticum* капсулы с плероцеркоидами в полости тела омуля; 6 – *Contracaecum osculatum baicalensis* личинка в полости тела самки желтокрылого бычка; 7 – *Salminola cottidarum* – эндемичные ракообразные самец и самка; 8 – *Gyrodactylus bychowskianus* с жабр жирной широкополки; 9 – пиявки *Baicalobdella cottidarum* (Русинек, 2007)

Максимальное количество эндемичных таксонов характерно для группы рогатковидных рыб: Cottidae – 26, Abyssocottidae – 16 и Comephoridae – 7 (рис. 4.17). Согласно полученным данным, эндемичная паразитофауна включает виды, жизненные циклы которых осуществляются в основном без участия промежуточных хозяев (рис. 4.18).

В целом фауна паразитов рыб Байкала является обедненной в сравнении с таковой водоемов Европы и Западной Сибири, за счет отсутствия в озере ряда специфичных паразитов. Исключение составляют осетр, ленок, таймень и сибирский хариус, у которых в Байкале отмечено большинство известных для этих рыб специфичных паразитов.

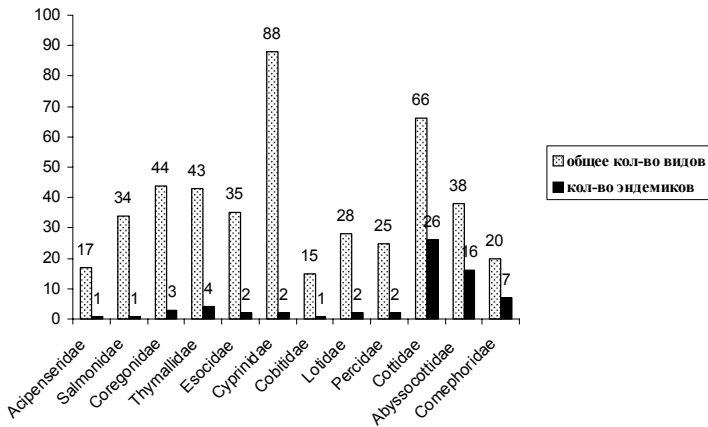


Рис. 4.17. Общее число видов паразитов и эндемиков в семействах аборигенных рыб Байкала

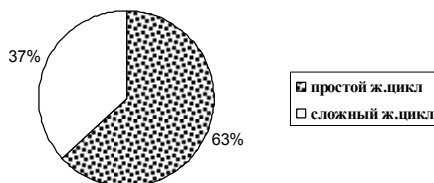


Рис. 4.18. Соотношение простого и сложного жизненных циклов у паразитов рыб оз. Байкал

4.10. Нерпа

Байкальская нерпа (*Phoca sibirica*) – единственный представитель лаастоногих млекопитающих в Байкале. Это эндемик Байкала. Из всех представителей байкальской фауны нерпа – наиболее высокоорганизованное существо. Она дышит воздухом, питается рыбой, вскармливает детенышей молоком, живет до 52–56 лет и способна производить потомство до 43–45 лет. Нерпа – типичный ихтиофаг (Пастухов и др., 1969) (табл. 4.7). Но наряду с рыбной пищей в ее желудках отмечены и другие организмы: пелагический бокоплав макрогектопус, донные амфиподы рода *Garjaewia* и бокоплавы рода *Acanthogammarus* (Пастухов, 1993). Также в желудочно-кишечном тракте тюленей обнаружены песок, галька, которые, вероятнее всего, попадают в пищу при ее заглатывании. В экспериментальных условиях нерпа съедает от 3 до 5 кг рыбы в сутки. За год взрослая нерпа потребляет около тонны рыбы. Коренные жители побережий Байкала добывают нерпу и используют ее мясо в пищу, а из шкур шьют одежду.

Нерпа является конечным звеном трофической цепи Байкала, поскольку использует продукцию верхних звеньев цепи (фито-, зоопланктона, бактериопланктона и рыб) и тем самым испытывает на себе проявления всех изменений, происходящих в экосистеме Байкала (Пастухов, 1967; Пастухов, Гладыш, 1981; Пастухов, Поповская, 1981, 1984).

В процессе эволюции байкальская нерпа приобрела ряд экологических, физиологических и структурно-морфологических адаптаций, отличающих ее от близкородственных видов. Нерпа почти пелагическое животное, практически потерявшее связь с сушей (однако нерпа сохранила потребность в твердом субстрате (лед) на период размножения). В летнее время животные собираются на береговых лежбищах в удалении от поселений людей. Благополучие популяции байкальской нерпы во многом обусловлено формированием репродуктивной стратегии (устройство логовищ, особенности энергетики лактации, быстрое созревание, развитие «нырательных» способностей щенков и др.), которая обеспечивает высокую выживаемость потомства в условиях холодного и глубоководного водоема.

Таблица 4.7

Список видов рыб, отолиты которых отмечены в пищеварительном тракте нерпы (Пастухов, 1993)

№	Вид рыбы	Период сплошного ледового покрова (январь–апрель)	Период распада льдов (май–июнь)	Летний период (июль–сентябрь)	Осенний период (октябрь–ноябрь)
1	Малая голомянка – <i>Comephorus dybowskii</i>	++++	++++	++++	++++
2	Большая голомянка – <i>Comephorus baicalensis</i>	+++	+++	+++	+++
3	Длиннокрылая широколобка – <i>Cottocomephorus inermis</i>	+++	+++	+++	+++
4	Желтокрылая широколобка – <i>Cottocomephorus grewingkii</i>	+	++	+++	+++
5	Песчаная широколобка – <i>Leocottus kesslerii</i>	+	++	+++	+++
6	Каменная широколобка – <i>Paracottus knerii</i>	–	+	++	++
7	Пестрокрылая широколобка – <i>Batrachocottus multiradiatus</i>	+	+	++	++
8	Большеголовая широколобка – <i>Batrachocottus baicalensis</i>	–	+	++	++
9	Жирная широколобка – <i>Batrachocottus nikoskii</i>	–	+	+	+
10	Горбатая широколобка – <i>Cyphocottus megalops</i>	–	+	+	+
11	Короткоголовая широколобка – <i>Cottinella boulengeri</i>	–	+	+	+
12	Глубоководная широколобка – <i>Asprocottus abyssalis</i>	+	+	+	+
13	Плоскоголовая широколобка – <i>Asprocottus platycephalus</i>	–	+	+	+
14	Шершавая широколобка – <i>Asprocottus herzensteini</i>	–	+	+	+
15	Крапчатая широколобка – <i>Limnocottus godlewskii</i>	–	+	+	+
16	Плоская широколобка – <i>Limnocottus bergianus</i>	–	+	+	+
17	Малоглазая широколобка – <i>Abyssocottus korotneffi</i>	–	+	+	+
18	Большая красная широколобка – <i>Procottus major</i>	–	+	+	+
19	Омуль – <i>Coregonus migratorius</i>	+	+	+	+
20	Сиг – <i>Coregonus lavaretus</i>	–	–	–	–
21	Хариус – <i>Thymallus arcticus</i>	–	–	+	+
22	Гольян – <i>Phoxinus phoxinus</i>	–	–	+	+++
23	Елец – <i>Leuciscus baicalensis</i>	–	–	+	+
24	Язь – <i>Leuciscus idus</i>	–	–	–	+
25	Плотва – <i>Rutilus rutilus</i>	–	–	+	+
26	Окунь – <i>Perca fluviatilis</i>	–	–	+	+
27	Налим – <i>Lota lota</i>	–	–	+	+

Примечание: ++++ – многочисленный в питании вид; +++ – обычный; ++ – редкий; + – очень редкий; – отсутствует.

В настоящее время популяция нерпы находится в состоянии динамического равновесия с основными пищевыми объектами, а ихтиопродукция пелагиали оз. Байкал может обеспечить популяцию численностью около 100 тыс. особей (Гурова, Пастухов, 1974). Байкальская нерпа характеризуется высокой пластичностью и устойчивостью к воздействию биотических и абиотических факторов. Отмечено, что нерпа является пластичным животным, которое приспосабливается к изменению ледового режима, численности кормовой базы и сравнительно благополучно переносит эпизоотии (Пастухов, 1993, Вспышка чумы ..., 1992). По данным Е. А. Петрова (2003), на конец XX столетия численность самок нерпы составила 47 600 экз., самцов – 28 200 экз. В 2002 г. численность всей популяции с приплодом – 99 тыс. особей. В современных условиях для рационального использования человеком ресурсов популяции байкальской нерпы требуется проведение постоянного мониторинга за состоянием численности и здоровья байкальского тюленя. Это позволит сохранить нерпу и тем самым способствовать экологическому равновесию уникальной экосистемы Байкала.

4.11. Трофические отношения организмов в экосистеме оз. Байкал

Биотическое сообщество на конкретном участке, взаимодействующее с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот вещества между живой и неживой частями, представляет собой экологическую систему, или экосистему (Одум, 1986). В этом определении отражена не только функциональная основа экосистемы, но и «структурная основа (поток энергии создает четко определенные биотические структуры). Биотические структуры – это, прежде всего, трофическая структура и деление на продуценты, консументы и редуценты (Павлов, 2000). Продуценты (фото- и хемосинтезирующие организмы) являются автотрофами («самопитающиеся» организмы), которые продуцируют первичное органическое вещество из неорганического (**первый трофический уро-**

вень). Макроконсументы (главным образом животные) и микроконсументы или редуценты (бактерии, грибы) – гетеротрофы, поскольку питаются готовыми органическими веществами. Консументы, питающиеся продуцентами и продуктами их распада, образуют **второй трофический уровень**. **Третий трофический уровень** возникает, когда в биоценозе присутствуют популяции гидробионтов, живущих за счет поедания организмов второго трофического уровня, и т. д. Организмы второго, третьего и последующих трофических уровней, соответственно, называются консументами первого, второго и последующих порядков (Константинов, 1979).

Пищевую (трофическую) цепь открытой пелагиали Байкала (до 250–300 м) образуют:

- несколько видов фитопланктона;
- растительноядный рачок эпишура;
- батипелагическая амфипода макрогектопус;
- два вида голомянок (большая и малая голомянки) и два вида прибрежно-пелагических бычков (желтокрылый и длиннокрылый);
- омуль;
- нерпа.

Продуценты Байкала – 10–12 видов водорослей. Среди них доминируют диатомовые, перидиниевые и золотистые водоросли. Байкал характеризуется интенсивным развитием водорослей подо льдом, а также длительным периодом вегетации (время полного цикла развития) (около 11 мес.). Максимальное количество первичной продукции – 82 % от годовой создается весной. Мерой биомассы водорослей является содержание в них хлорофилла *a*. Также его считают интегральным показателем, отражающим уровень развития фитопланктона и его продукции (Измestьева, 1983, 1992). Установлено, что в период летней стратификации содержание хлорофилла *a* зависит от температуры воды (Измestьева и др., 1994). В зоне влияния БЦБК эти зависимости нарушаются, что предположительно связано с нарушением физиологических функций водорослей (Измestьева, 2000).

Значения интегральной первичной продукции колеблются от 6,5 до 1330 мг С/м² сут (1977, 1985–1987 гг.), в 45 % случаев зна-

чения составляют от 100 до 300 и в 35 % – от 300 до 600 мг С/м² сут. Эти значения считаются наиболее типичными для Байкала в период позднего лета (Изместьева, 1992).

Главными потребителями первичной продукции – консументами – являются планктонные ракообразные в целом и доминирующий вид – эпишура в частности.

Следующий компонент трофической системы – макрогектопус. Ему принадлежит особое место в экосистеме Байкала, сходное с океаническим крилем или мизидами (высшие раки) в крупных озерах Европы и Северной Америки. Этот эндемик – единственный представитель макрозоопланктона, обитает во всей толще вод. Максимальная биомасса макрогектопуса (6250 экз./м² в слое воды 0–500 м) (Вилисова, 1962) отмечена в средней котловине (в 3–4 раза выше, чем в соседних). Он занимает два трофических уровня, потребляет и фитопланктон, и разнообразный зоопланктон и, возможно, личинок малой голомянки, а в экспериментальных условиях даже собственную молодь. Поэтому он является и фильтратором, и хищником (Мельник и др., 1995).

Макрогектопусом питаются голомянки. Установлено, что мальки малой голомянки (длина тела 30–40 мм) питаются молодью макрогектопуса размером 2–5 мм, доля которого составляет 75,6 % по весу и эпишурой – 24,4 %. Мальки большой голомянки (30 мм) питаются эпишурой (1 %), молодью макрогектопуса (4,7 %) и личинками малой голомянки (94,3 %). Пищевой спектр взрослой малой голомянки (50–120 мм) включает макрогектопуса (64,9–99,9 %), эпишуру (32,5–0,1%), молодь рыб (2,6–12,6 %), а также донных амфипод (0,2–14,4%) (Дзюба, 2004).

В открытой пелагиали Байкала обитают пять эндемичных видов рыб – большая и малая голомянки, желтокрылка, длиннокрылка, северобайкальская желтокрылка и омуль. Основными компонентами пищи омуля, малой голомянки и желтокрылки является макрогектопус (81, 91 и 35 %, по весу). Наиболее высокое пищевое сходство отмечено у омуля и голомянки (81 %), у омуля и желтокрылки (44 %) (Дзюба, 2004).

Основным потребителем голомянко-бычковых рыб является нерпа. Стадом нерпы численностью в 68 тыс. экз. съедается 75,5 тыс. т рыбы, из них 68 тыс. т – голомянки. Омуль наря-

ду с другими лососевидными рыбами составляет 0,2 % в рационе нерпы (годовое потребление – 1 %).

Озеро Байкал является олиготрофным водоемом. Значительные концентрации органического вещества в пелагиали озера позволяют отнести Байкал к водоемам с высоким биопродукционным потенциалом. Подтверждение этого – наличие в пелагиали озера больших концентарций голомянко-бычковых рыб и высокая численность тюленей (Поповская, 1991). Естественные колебания продукционных показателей незначительны, поэтому крайне необходимо проведение режимных, долгосрочных наблюдений с использованием классических и новых методов. Это позволит наблюдать за состоянием и выявлять изменения в экосистеме озера.

4.12. О происхождении и эволюции биоты оз. Байкал

Проблема происхождения байкальских организмов возникла с начала изучения биоты Байкала.

Общий анализ данных о возрасте и генезисе различных фаунистических групп в оз. Байкал неоднократно публиковался в научной литературе по мере появления новых результатов исследований (Берг, 1907; Дорогостайский, 1923; Верещагин, 1940 а, б; Мартинсон, 1961; Кожов, 1962; Старобогатов, 1970; Мазепова, 1975, 1990; Лукин, 1976; Тимошкин, 2001 и др.). Кроме того, практически каждый исследователь того или иного крупного таксона животных предлагал свою гипотезу о происхождении и эволюции в Байкале этой группы (Базикалова, 1945; Талиев, 1955; Ефремова, 1994; Старобогатов, Ситникова, 1992; Sideleva, 2002; Русинек, 2006 и др.).

Установлено, что фауна Байкала генетически неоднородна. Поэтому очень важно понимать, из каких элементов происходило ее формирование. Согласно схеме Мартинсона – Старобогатова, пресноводная фауна сформировалась за счет **палео-, мезо- и неолимнических элементов**. Палеолимнический комплекс включает группы видов, предки которых освоили континентальные водоемы в конце палеозоя, это самая древняя пресноводная фауна по

происхождению, некоторые организмы из этой группы в Байкале также дали эндемиков, например представители семейства вальватиды из гастропод, а другие – населяют только прибрежно-соровую зону (битиния). Древняя фауна формировалась в мелководных бассейнах мезозоя и приспособлена к изменчивым условиям внешней среды. Современные представители этой фауны (потомки) заселяют многие континентальные водоемы. В Байкале представители палеолимнического комплекса живут главным образом в прибрежно-соровой зоне и образуют в ее составе так называемый сибирский элемент. Мезолимническая фауна, обнаруженная в ископаемом состоянии в верхнем мезозое и в третичных отложениях Центральной Азии, адаптирована к существованию в водах со стабильными условиями: к низким температурам, высокой насыщенности вод кислородом, постоянству газового режима. Предки мезолимнической фауны вышли из моря в мезозое. Мезолимническая фауна была предшественницей эндемичных фаун крупнейших континентальных водоемов мира вообще и дала начало большей части эндемичной фауны Байкала. Древнейшими представителями мезолимнической фауны являются губкилюбомирскииды, низшие раки (гарпактициды), высшие ракообразные (амфиподы), брюхоногие моллюски (бенедиктииды, байкалииды), а также плоские черви дендроцеллиды, олигохеты семейства Lumbicullidae. Неолимнические организмы – сравнительно недавние (кайнозой) вселенцы из современных окраинных морей. В Байкале это нерпа.

Имеются две противоположные точки зрения на возраст фауны Байкала:

1) древняя фауна (Берг, 1900, 1907; Верещагин, 1940 а, б; Кожов, 1947; Сиделева, 1982, 1993 и др.);

2) молодая фауна (Дорогостайский, 1923; Талиев, 1948, 1955).

Большинство исследователей признают, что фауна Байкала – пресноводная по происхождению и ее элементы имеют разный возраст (Старобогатовым, 1970; Кожов, 1972; Мартинсон, 1967). В. Ч. Дорогостайский (1923) первый высказал мнение, что, несмотря на древние корни, современная фауна в большинстве своем – сравнительно молодая, так как в течение четвертичного ледникового периода многие виды вымерли, а выжившие образовали

букеты эндемичных видов. И лишь Е. И. Лукин (1976) писал о том, что предки всей эндемичной фауны Байкала вселились в него в четвертичный период из водоемов Сибири.

Первой обстоятельной сводкой по рыбам Байкала была работа Л. С. Берга «Рыбы Байкала», которая была опубликована в 1900 г. В ней впервые были изложены представления относительно генезиса байкальских рогатковидных рыб Cottidae, которые, как он считал, ведут начало из Северного Ледовитого океана. Позднее Л. С. Берг (1907) высказал точку зрения о том, что байкальские коттоидные рыбы не имеют морского происхождения, а изначально являются пресноводными и очень древними рыбами, которые в своем развитии ушли далеко от типичных Cottidae, а сходство с морскими видами обусловлено конвергенцией. Этим своим взглядам Л. С. Берг не изменил до конца своей жизни и постоянно их отстаивал. Таким образом, Л. С. Берг впервые выдвинул гипотезу о пресноводном происхождении байкальской ихтиофауны.

Г. Ю. Верещагин считается сторонником мнения о морском происхождении значительной части байкальской фауны. Следует отметить, что Г. Ю. Верещагин выделял в ее составе два основных генетических элемента — морской и континентальный, время и пути вселения которых в Байкал были различны. Корни морского элемента в большинстве случаев не сохранились. По мнению Г. Ю. Верещагина, нерпа и омуль проникли в Байкал в период бо-реальной трансгрессии Ледовитого океана.

Проведенный О. А. Тимошкиным (2001) анализ многочисленных молекулярно-биологических данных, полученных для различных групп беспозвоночных, рыб и нерпы, подтверждает высказанные ранее гипотезы (Lake Baikal ..., 1998, с. 200) о «разновременности вселения предковых форм в Байкал, или, по крайней мере, о разном геологическом времени, когда та или иная группа испытывала расцвет или становилась эндемичной для озера» (Тимошкин, 2001, с. 51)¹².

¹² В параграфах 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3 представлены данные, которые являются примером разностороннего анализа природных процессов, происходящих на больших территориях и определяющих процессы формирования биот не только отдельных водоемов.

4.12.1. Диатомовые водоросли

В последнее время в литературе появились новые данные, благодаря которым удалось определить скорости видообразования на примере планктонных центрических диатомовых водорослей оз. Байкал (Хурсевич и др., 2001). Были исследованы донные осадки Байкала (осадочный разрез мощностью 35 м, который соответствует отрезку времени 800 тыс. лет и относится к эпохе Брюнес). На основе изменений состава и количественного содержания доминирующих видов в развитии байкальской диатомовой флоры были выделены 4 этапа. Кроме того, было установлено, что в эпоху Брюнес средняя скорость видообразования диатомовых рода *Stephanodiscus* составляла 49 тыс. лет/вид; а видов рода *Cyclotella* – 160 тыс. лет/вид. Эволюция диатомовой флоры связана с процессами вымирания и обновления, о чем, например, свидетельствуют быстрые скорости образования видов в роде *Stephanodiscus*, что было связано, вероятно, с частыми оледенениями Байкала в плейстоцене. Вымирание диатомовых водорослей отмечено практически в начале каждого оледенения (Хурсевич и др., 2001). Авторы этих исследований подчеркивают «большую роль климата в контроле эволюции диатомового планктона оз. Байкал» и считают, что «эволюция диатомовой флоры (и всех других видов) в Байкале в плейстоцене протекала не на фоне миграций видов, а на фоне катастрофических вымираний и обновлений». Установлен возраст отдельных современных эндемичных диатомовых водорослей: *Cyclotella minuta* – 559 тыс. лет; *C. ornata* – 244 тыс. лет; *C. baicalensis* – 146 тыс. лет; *Aulacoseira baicalensis* – 122 тыс. лет. Современное планктонное сообщество эндемичных диатомовых водорослей Байкала считается сравнительно молодым, которое начало формироваться 357 тыс. лет назад и приобрело современный облик в голоцене – не более 11 тыс. лет. В то же время, отмечено, что неэндемичные виды появились в озере давно: *Cyclotella islandica* найдена в осадках озера, возраст которых 1 млн лет (Khursevich et al., 2000).

4.12.2. Байкальские брюхоногие моллюски (Gastropoda)

Фауна моллюсков (малакофауна) Байкала насчитывает 179 видов, из которых 79 % относятся к классу брюхоногих моллюсков (Ситникова, 2004; Ситникова и др., 2004).

Согласно палеонтологическим данным, первые ископаемые моллюски байкальского комплекса были обнаружены в озерных отложениях Танхойской свиты у р. Половинка (юго-восток озера) (рис. 4.19). Формирование эндемичного семейства Baicaliidae предположительно происходило в нижнем олигоцене (25–20 млн лет назад). Согласно палеонтологическим исследованиям предковые формы современных эндемичных таксонов *Megalovalvata* и *Cincinna* семейства Valvatidae, вероятно, заселяли Байкал независимо и в разное геологическое время.

Считается, что на формирование современной фауны моллюсков Байкала повлияли несколько факторов:

1) плиоценовые похолодания и последующий ледниковый период привели к вымиранию теплолюбивых форм гастропод (Попова и др., 1989), что было связано с сокращением численности осаждающегося фитопланктона, который является основным пищевым компонентом моллюсков (Ситникова, 2004);

2) активизация тектонических процессов, которая привела к перестройке подводных ландшафтов (разрушались одни биотопы и формировались другие) (Попова и др., 1989, Мац и др., 2001);

3) снос терригенного материала, который приводил к снижению прозрачности вод (Безрукова и др., 1991);

4) сохранение эврибионтной части древней фауны в рефугиумах и последующее ее расселение в периоды потеплений (Попова и др., 1989, Grachev et al., 1995).

Абсолютный возраст предковых форм современных эндемичных байкальских моллюсков семейств Baicaliidae и Benedictiidae составляет 3,5–2,8 млн лет (Зубаков, 1999; Щербаков, 2003), что совпадает с палеоклиматическими данными о начале плиоценовых похолоданий в районе Байкала.



Рис. 4.19. Древние моллюски, обитавшие в районе Байкала в олигоцене (Попова, 1981):

1 – *Lepidodesma rammelmeyerae* (x 0,7); 2–3 – *Sinanodonta? subpiscinalis* (x 0,5); 4 – *Baicalia* (*Eubaicalia*) *proherderiana* (x 4,0); 5 – *Baicalia koshowii* (x 3,5); 6 – *Baicalia pseudoelegantula* (x 3,0); 7 – *Baicalia* (*Gerstfeldtia*) *wrzesniowskioides* (x 4,5). Южно-Байкальская впадина, танхойская свита

Предки байкальских эндемичных гастропод *Cincinna* (*Pseudomegalovalvata*) и *Megalovalvata* (*Megalovalvata*) семейства Valvatidae вселились в Байкал независимо. Дивергенция по макробиотопам мелководной зоны была основным процессом видообразования внутри *M.* (*Megalovalvata*), основное направление эволюции *Cincinna* (*Pseudomegalovalvata*) связано с освоением абиссали различных котловин озера. Семейства Baicaliidae и Benedictiidae, относящиеся к надсемейству Hydrobioidea, имеют различную эволюционную историю. Основными направлениями видообразования в семействе Benedictiidae определены дивергенция по вертикальным зонам и расхождение по макробиотопам Байкала (рис. 4. 20).

Эволюционные преобразования семейства Baicaliidae связаны с неоднократным заселением макро- и микробиотопов литорали и сублиторали озера. Экологическая эволюция переднежаберных моллюсков в Байкале привела к уникальному разнообразию форм, размеров и скульптурированности раковины репродуктивно изолированных видов.

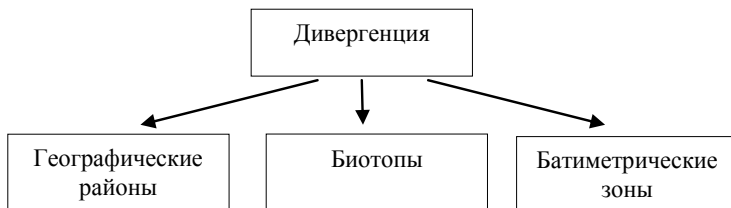


Рис. 4.20. Схема основных направлений дивергенции байкальских переднежаберных моллюсков (по: Т. Я. Ситникова, 2004)

4.12.3. Байкальский омуль

Байкальский омуль *Coregonus migratorius* является доминирующим видом рыб в экосистеме оз. Байкал, что позволяет использовать его в пищу местному населению. Он принадлежит к семейству сиговых Coregonidae. Вопрос о его происхождении до настоящего времени является дискуссионным. До сих пор не доказано, от кого произошел байкальский омуль и каков его современный таксономический статус.

Известны 2 гипотезы: 1) байкальский омуль произошел от арктического или ледовитоморского омуля *Coregonus autumnalis*, который проник в Байкал по рекам в период межледниковий (Березовский, 1927); 2) байкальский омуль является эндемиком Байкала, который сформировался в озере из предковой формы, которая обитала в озере еще в олигоцене-миоцене 30–24 млн лет назад (Черешнев, 1994; Смирнов, 1997).

Согласно проведенным в последние годы молекулярно-генетическим исследованиям, байкальский омуль не является родственником арктическому омулю *Coregonus autumnalis*. Установлена значительная генетическая дистанция между арктическим омулем и байкальским, что отрицает их близкое родство на уровне подвида. Байкальский омуль принадлежит к политипическому виду *Coregonus lavaretus*. Байкальский омуль и байкальский озерно-речной сиг относятся к наиболее древним филогенетическим линиям *C. lavaretus*. Их отделение друг от друга могло произойти 3,4–1,7 млн лет назад в водоемах на территории Байкальской рифтовой зоны (Sukhanova et al., 1999; Суханова и др., 2007). Установленное сходство нуклеотидных последовательностей байкаль-

ского омуля и байкальского сига (Polítov et al., 2002, 2004; Sukhanova et al., 2002) и их полная репродуктивная изоляция может свидетельствовать о недавнем образовании этих форм в оз. Байкал. Предполагают, что современная популяционная структура омуля и озерного сига сформировалась не ранее 10 тыс. лет назад, после последнего похолодания (рис. 4.21) (Суханова и др., 2007).

Эта схема иллюстрирует: 1) принадлежность всех байкальских сиговых к монофилетичной группе истинных сигов (подрод *Coregonus*). При этом внутри группы байкальские омуль и озерный сиг, с одной стороны, и байкальский «пыжьян» (сиг), с другой стороны, представляют различные генетические линии. Возраст каждой из них сопоставим с возрастом самой группы истинных сигов; 2) симпатрическое происхождение байкальских омуля и озерного сига в оз. Байкал в недавнем геологическом прошлом; 3) недавнее проникновение предка байкальского пыжьяна в оз. Байкал из бассейна р. Енисея связано, скорее всего, с образованием Ангарского стока из озера.

4.12.4. Происхождение паразитофауны рыб оз. Байкал

Паразитофауна рыб оз. Байкал представляет собой совокупность взаимодействий нескольких фаунистических комплексов: бореального равнинного, бореального предгорного, арктического пресноводного, сино-индийского равнинного и байкальского. Для каждого из них характерны вполне определенные адаптации к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды.

Основными факторами, влияющими на распространение водных организмов, являются климатические изменения, в частности оледенения; трансгрессии и регрессии океанов; тектонические процессы глобального и регионального значения. Все эти факторы в отдельности и в различных сочетаниях формируют или разрушают барьеры, определяющие распространение фаунистических комплексов.

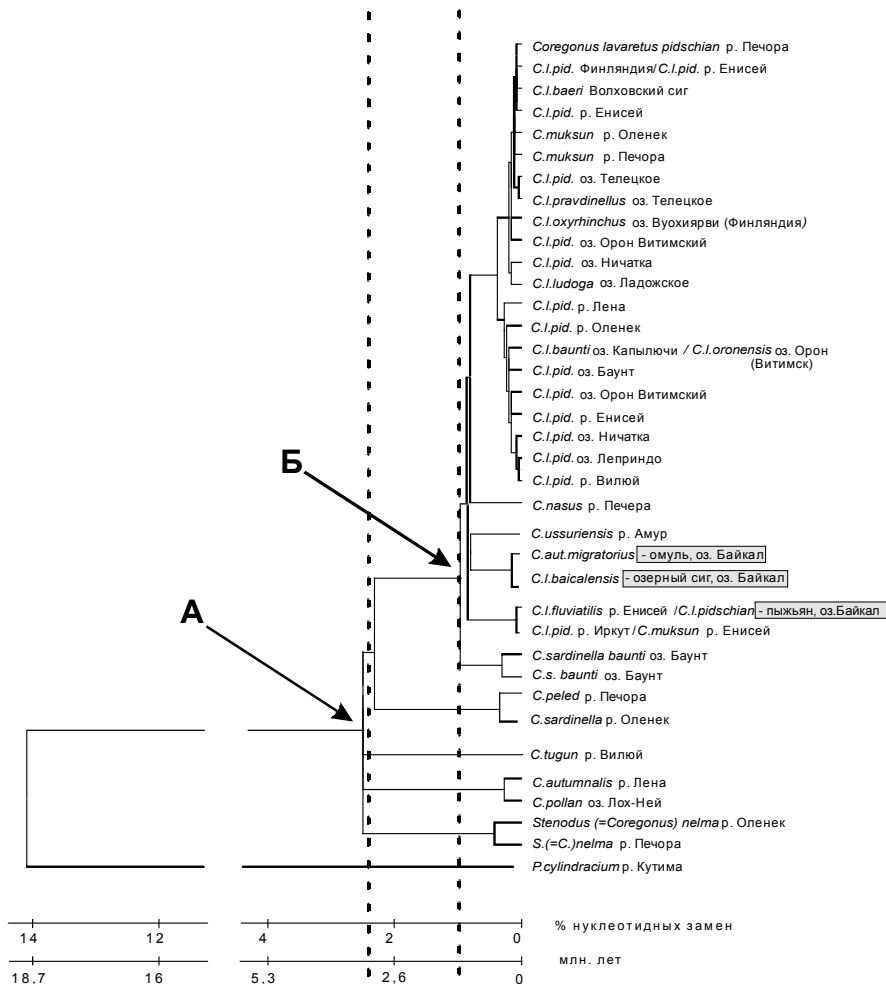


Рис. 4.21. Схема филогенетических взаимоотношений сиговых рыб рода *Coregonus*, построенная на основе нуклеотидных последовательностей гена цитохрома b (NJ линейаризованное древо)(Смирнов и др., 2008).

Для определения времени дивергенции использовались опубликованные значения скорости нуклеотидных замен в мтДНК лососевых – 0,5–1 % за 1 млн лет (Шедько, 1991; Smith, 1992) (на схеме для построения шкалы применено среднее значение – 0,75 % млн лет). А и Б – время появления кластеров I и II

Наиболее важные климатические события, которые способствовали формированию байкальского фаунистического комплекса в разное историческое время (по: Попова, 1969, 1971; Попова и др., 1989; Литология ..., 1972; Белова, 1975, 1985; Кайнозойские ..., 1976; Баранова, Бискэ, 1979; Ясаманов, 1982; Фрадкина, Жарикова, 1984; Будыко, 1984; Палеогеографическая ..., 1994; Безрукова, 2000; Zubakov, Borzenkova, 1990; Karabanov et al., 1998 и др.):

- конец мела – палеоген – климат близкий к влажному тропическому и субтропическому;
- олигоцен – миоцен – климат теплый;
- средний миоцен – постепенное снижение температуры и степени увлажнения;
- поздний миоцен – плиоцен характеризуются многократными чередованиями аридных и гумидных фаз при общем усилении аридизации;
- средний – поздний плейстоцен отличается климатическими колебаниями, которые приводили к периодическому развитию горно-долинных ледников и к межледниковым обстановкам;
- поздний плейстоцен – голоцен характеризуется чередованием периодов межледниковий и похолоданий различной степени; последнее оледенение на территории Восточной Сибири было 22(23) – 14 тыс. лет назад.

Наиболее важные геологические события (по: Мартинсон, 1961; Лут, 1964; Геологические исслед., 1979; Базаров и др., 1981; Попова, 1981; Попова и др., 1989; Подражанский, 1982; Мац, 1986; Кононов, Мац, 1986; Кононов, 1986; Зоненшайн и др., 1993; Бухаров, Фиалков, 1996; Карабанов и др., 2001):

- палеоцен (60 млн лет назад) – начало формирования рифтовой системы;
- поздний олигоцен (25 млн лет назад) – начало образования Южной и Средней котловин Байкала;
- вторая половина миоцена (10 млн лет назад) – образование Северной котловины и формирование Байкала как единого водоема;
- поздний плиоцен (2–1,5 млн лет назад) – образование пра-Манзурского стока Байкала в Лену;
- ранний плейстоцен (700–400 тыс. лет назад) – закрытие пра-Манзурского стока;

- средний плейстоцен – сток вод Байкала через Култучно-Ильчинскую долину в р. Иркут, через Иркут Байкал был связан с Енисеем;

- вторая половина позднего плейстоцена – закрытие стока через р. Иркут в связи с появлением более низко расположенного порога стока в районе современной ангарской прорези;

- 18–15 тыс. лет назад – открытие Ангарского стока.

В результате исторического развития земной поверхности и климата в Байкале сформировалась современная фауна рыб, которая состоит из представителей 12 семейств, 58 видов и подвидов. За исключением представителей эндемичной фауны рогатковидных рыб, все другие рыбы широко распространены в Палеарктике и Неарктике.

Анализ фауны паразитов байкальских рыб позволил констатировать, что в ней преобладают представители бореального равнинного комплекса, хозяевами которых являются щука, карповые рыбы, окунь. Причем в этой группе фактически отсутствуют эндемичные таксоны паразитов – индикаторы эволюции хозяев (монogeneи, ракообразные, цестоды и др.), что подтверждает наше предположение о недавнем заселении Байкала этой группой рыб, в противоположность другим мнениям, которые склонны поддерживать гипотезу о существовании их в районе Байкала с олигоцен-миоцена (Карасев, 1977).

Сибирский осетр, голяны и щиповка также лишены эндемичных таксонов паразитов.

Эндемичные таксоны паразитов отмечены в основном у представителей эндемичных таксонов животных – рогатковидных рыб, у байкальского омуля, у байкальского хариуса, а также у водного млекопитающего – байкальского тюленя.

Следует отметить, что паразиты рогатковидных рыб, развивающиеся с участием промежуточных хозяев, представлены в основном группами, которые являются паразитами лососевидных рыб и налима. Более того, паразиты лососевидных рыб только начинают «осваивать» рогатковидных рыб в качестве той или иной группы хозяев: цестоды рода *Proteocephalus* не развиваются в этой группе рыб, которые для них являются резервуарными хозяевами; плероцеркоиды лентецов-дифиллоботриид не формируют у них типичной толстостенной капсулы (цисты) подобно той, что обра-

зуются в полости тела лососевидных рыб. Это может быть связано с недавним проникновением этих рыб в Байкал. *Comephoronema werestschagini*, наиболее часто встречаемая у налима и рогатковидных рыб, вероятно, попала в Байкал с налимом и через пищевые цепи – бычкам. Этот вид встречен также у налима р. Амур, что опровергает представление о его эндемизме в Байкале и связях исключительно с рогатковидными рыбами.

Высказываются предположения, что рыбы бореального равнинного комплекса заселяли прибрежно-соровую зону Байкала, когда здесь уже произошли благоприятные для их обитания климатические изменения (возможно, что это происходило многократно). Тем не менее, ими были потеряны некоторые виды паразитов, свойственные этим рыбам в других водоемах (например, в Западной Сибири).

Прежде всего, необходимо выделить следующие важные факты, на которые мы опираемся в своих рассуждениях:

1) в Байкале среди позвоночных животных выделяются несколько групп эндемиков:

- многочисленные эндемичные рогатковидные рыбы с эндемизмом на уровне семейств (*Comephoridae*, *Abyssocottidae*);
- байкальский омуль (*Coregonus migratorius*);
- 2 подвида сибирского хариуса (*Thymallus arcticus baicalensis* и *T. arcticus brevipinnis*);
- тюлень (*Phoca sibirica*);

2) именно у этих животных отмечаются эндемичные виды и подвиды паразитов; для паразитов керчаковых рыб и омуля характерен видовой и подвидовой ранг эндемизма; у хариуса – подвидовой. У других рыб эндемики не отмечены.

Эти данные могут являться доказательством того, что именно предки рогатковидных рыб, омуля, хариуса нашли здесь благоприятные для них условия обитания (свободные ниши, отсутствие конкурентов); это позволило им эволюционировать в разной степени, что определилось конкретными сроками заселения ими Байкала.

Паразитофауна бореального равнинного и бореального предгорного и арктического пресноводного фаунистических комплексов претерпела весьма незначительные изменения (в целом, в сто-

рону некоторого обеднения), что может также являться доказательством недавнего проникновения этих фаун в Байкал.

Таким образом, можно констатировать, что

1) рогатковидные рыбы одними из первых заселили оз. Байкал (в плиоцене);

2) эндемизм их паразитофауны на уровне вида, большая часть из которых представлена паразитами с простым жизненным циклом, (простейшие, ракообразные) свидетельствует о том, что на протяжении доплейстоценовой истории Байкал мало заселялся другими рыбами, а значит, их паразитами;

3) заселение Байкала рыбами других фаунистических комплексов проходило в плейстоцене-голоцене и привело к формированию новых ценотических связей, в которые включились паразиты этих фаунистических комплексов. Бычки включились в жизненные циклы паразитов лососевидных рыб (*Proteocephalus exiguus*, *Echinorhynchus salmonis*, *Crepisotomum farionis* и др.), птиц (*Diphyllbothrium dendriticum*, *D. ditremum*, *Diplostomum spathaeum* и др.) и нерпы (*Contracaecum osculatum baicalensis*) в качестве резервуарных, промежуточных и даже окончательных хозяев паразитов.

Все приведенные выше данные обобщены и представлены в следующем виде (табл. 4.8).

Согласно гипотезе, современная паразитофауна рыб Байкала сформировалась в результате заселения озера различными фаунистическими комплексами рыб-хозяев в соответствии со сроками их формирования и возможностями проникновения в Байкал. Значительный (по сравнению с другими группами рыб) эндемизм паразитов рогатковидных рыб (Cottoidei) может свидетельствовать о том, что их хозяева дольше других рыб были изолированы в Байкале. Заселение оз. Байкал рыбами других фаунистических комплексов привело к формированию новых ценотических связей, в которые включились паразиты этих фаунистических комплексов. Рогатковидные рыбы, как связующее звено в трофических цепях глубоководного Байкала, стали резервуарными, промежуточными и окончательными хозяевами паразитов бореального предгорного, бореального равнинного и арктического пресноводного фаунистических комплексов.

Таблица 4.8

Геохронологическая таблица и возможные временные датировки заселения оз. Байкал рыбами, принадлежащими различным фаунистическим комплексам (Русинек, 2007)

Эра	Периоды	Эпоха	Длительность, млн лет	Фаунистические комплексы рыб
К А Й Н О З О Й С К А Я	Четвертичный	Голоцен		
		Поздний плейстоцен	0,01	
		Средний плейстоцен	0,13	АП, БР
		Ранний плейстоцен	0,45	
		Эоплейстоцен	0,75	БП
	Неоген	Поздний плиоцен	1,6	
		Ранний плиоцен	3,5	
		Поздний миоцен	5,4	Б, БП, БР
		Средний миоцен	24	
		Ранний миоцен		БР
	Палеоген	Олигоцен		
		Эоцен		
		Палеоцен	66	БР

Примечание: БР, БП, АП, Б – бореальный равнинный, бореальный предгорный, арктический пресноводный, байкальский фаунистические комплексы.

Эндемичные паразитарные системы, связанные с рыбами подотряда Cottoidei, сформировались в результате длительной изоляции их хозяев и поэтому вполне могут быть отнесены к наиболее древним в Байкале по сравнению с другими паразитарными системами. Паразитарная система чаечного лентеца *Diphyllbothrium dendriticum* (патогенного для человека паразита) предположительно сформировалась в период климатического оптимума в голоцене, при установлении в районе Байкала стабильных благоприятных условий (климатических, ландшафтных, пищевых) обитания рыбоядных птиц – основных окончательных хозяев лентеца (рис. 4.22).

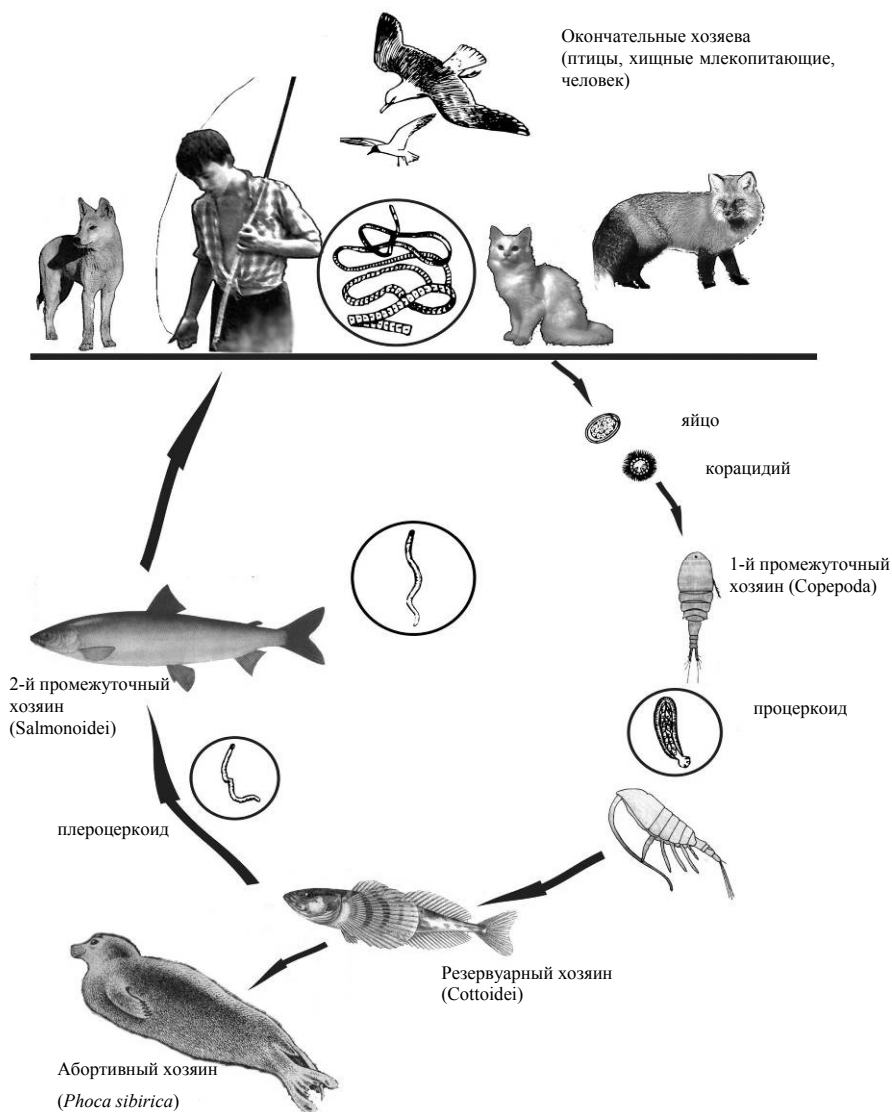


Рис. 4.22. Схема жизненного цикла *Diphylllobothrium dendriticum* в о. Байкал

4.12.5. Байкальский тюлень *Phoca sibirica*

Анализ литературных данных о происхождении байкальского тюленя *Phoca sibirica* провел Е. А. Петров (2003). Согласно сложившимся представлениям, байкальская нерпа принадлежит к древнему изоляту, сформированному в плиоцене в северных или дальневосточных морях, или в системе пресноводных озер Северной Азии. Время дивергенции байкальской нерпы от общего ствола *Phoca* составляет 18,4 млн лет (Богданов, Пастухов, 1982). Анализ аминокислотного состава миоглобина методами молекулярной диагностики показал близкое родство нерпы, ларги (*Phoca vitulina*) и серого тюленя (*Halechoerus gryphus*) и рассчитано, что эти виды отделились от общего предка в последние 7 млн лет (Барам и др., 1991). Опираясь на геологические данные, исследователи предполагают, что наиболее вероятное время вселения нерпы в Байкал – плейстоцен (т. е. последние 2 млн лет). В связи с похолоданиями тюлени были вытеснены с севера в Великие Сибирские озера и затем расселились в Байкал, Каспий, озера и реки Западной Европы. Позже тюлени проникли в Балтийское и Северное моря. Уточненное время отделения от общего предка ветви ларги и кольчатой нерпы от байкальской нерпы составило 1,7–1 млн лет (Маликов и др., 1997).

По данным Е. А. Петрова, морфометрические показатели черепа байкальской нерпы ближе к кольчатой, нежели к каспийской. Эти данные хорошо согласуются с результатами японских биологов, которые исследовали митохондриальную ДНК этих тюленей. Было показано, что каспийская нерпа отделилась от общего предкового ствола около 640 тыс. лет назад, а разделение кольчатой и байкальской нерп произошло 380 тыс. лет назад (Sasaki, Numachi, 1997).

Основываясь на различных данных, можно предполагать, что нерпа проникла в Байкал из северных морей около 2 млн лет назад, а, возможно, и позже. А незначительная вариабельность генома митохондриальной ДНК байкальской нерпы, по-видимому, свидетельствует о незначительной генетической гетерогенности ее популяции и о происхождении от небольшого числа предков, проникших в Байкал (Сасаки и др., 1994).

Словарь терминов к разделу 4

А

Абиссаль (греч. *abyssos* – бездонный) – зона морского дна, соответствующая глубинам океанического ложа (3000–6000 м). В Байкале зона абиссали расположена ниже 500 м.

Автохтонный организм (греч. *autóchthōn* – местный) – любой вид, возникший и первоначально эволюционирующий в данной местности или в данном водоеме.

Адаптация (позднелат. *adaptatio* – приспособление, прилаживание; лат. *adapto* – прилаживаю) – совокупность морфофизиологических, поведенческих, популяционных и других особенностей данного биологического вида, обеспечивающая возможность специфического образа жизни в определенных условиях внешней среды.

Аллопатрическое видообразование вызывается разделением ареала вида на несколько изолированных частей. При этом на каждую такую часть отбор может действовать по-разному, а эффекты дрейфа генов и мутационного процесса будут явно отличаться. Со временем в изолированных частях будут накапливаться организмы с новыми генотипами и фенотипами. Особи в разных частях ранее единого ареала могут изменить свою экологическую нишу. При таких процессах степень расхождения групп может достигнуть видового уровня.

Аллохтонный (греч. *állos* – другой; *chthōn* – земля) – поступающий извне.

Амилаза – фермент, участвующий в расщеплении крахмала и других углеводов.

Амплификация (лат. *amplificatio* – усиление, увеличение) – в молекулярной биологии – увеличение числа копий ДНК. В клетке амплификация происходит в результате репликации ДНК, в искусственных условиях увеличения числа копий ДНК добиваются с помощью полимеразной цепной реакции.

Амфибореальное распространение организмов – разъединенное (разорванное) распространение некоторых видов, реже близких родов животных, встречающихся в умеренном поясе (Бореальная область) и на окраине Арктической области Атлантического и Тихого океанов. В морях, омывающих Северную Азию и север Северной

Америки, как и в тропических и теплых, эти виды отсутствуют. Термин предложен Л. С. Бергом в 1934 г.

Бентос (греч. *benthos* – глубина) – совокупность организмов, всю или большую часть жизни обитающих на дне океанических и континентальных водоемов, в грунте, на грунте или около грунта. Организмы бентоса служат объектами питания многим рыбам и другим водным животным. Различают фитобентос и зообентос.

Биомасса (биоматерия) – совокупная (или суммарная) масса растительных и животных организмов, присутствующих в биогеоценозе в момент наблюдения.

В

Видообразование – образование новых видов под действием естественного отбора в процессе исторического развития. Основа видообразования – наследственная изменчивость организмов. Ведущий фактор видообразования – естественный отбор. Различают видообразование путем аллопатрии, симпатрии, скачкообразное видообразование, видообразование, связанное с адаптивной радиацией, и др.

Г

Генезис (англ. *genesis*) – происхождение, возникновение.

Гетеротрофы используют для своего питания готовые органические вещества. К гетеротрофам относятся человек, все животные, некоторые растения, большинство бактерий, грибы.

Гидробионты – организмы, постоянно обитающие в водной среде. К гидробионтам также относятся организмы, живущие в воде часть жизненного цикла (личинки ручейников, веснянок, стрекоз и др.).

Гипоморфоз (греч. *hypo* – под, внизу; греч. *morphe* – форма, вид) – упрощение организации в процессе эволюции.

Гомотермия – явление однородности температуры воды по глубине водоема.

Д

Детрит (лат. *detritus* – растертый) – совокупность взвешенных в воде или осевших на дно органо-минеральных частиц.

Денитрифицирующие бактерии – бактерии, восстанавливающие нитраты до молекулярного азота.

Дивергенция (англ. *divergence*) – расхождение признаков филетических групп в процессе эволюции. Концепция «дивергенции признаков» сформулирована Ч. Дарвином в 1859 г.

Ж

Жизненный цикл – это ряд следующих друг за другом фаз развития, которые в существовании каждого вида повторяются с определенной закономерностью.

З

Зоогеография – биологическая наука, изучающая закономерности распространения животных и их экологических группировок на земном шаре.

И

Инвазия – проникновение в организм паразитов с последующим их взаимодействием с организмом хозяина.

Ингрессия (лат. *ingressio* – вхождение) – проникновение морских вод в понижения рельефа прибрежной суши при повышении уровня моря или погружении берега.

Индекс Шеннона – индекс, используемый для оценки биологического разнообразия.

Интродуцент – новый для региона вид, относительно недавно успешно внедрившийся в местные природные комплексы или искусственно перемещенный за пределы своего ареала.

К

Кариотип (греч. *káryon* – орех, ядро; греч. *týpos* – образец, форма, тип) – хромосомный набор, совокупность признаков хромосом (их число, размеры, форма и детали микроскопического строения) в клетках тела организма того или иного вида.

Каталаза – фермент из класса оксидоредуктаз, катализирующий процесс разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород.

Комменсал (лат. *commesalis*, лат. *cor (cum)* совместно, сообща; *mesa* – стол) – организм, живущий в тесной взаимосвязи с другими, отличающимися от него организмами, не причиняя им при этом ни вреда, ни пользы.

Конвергентная эволюция – эволюционный процесс, приводящий к формированию комплекса сходных признаков у представителей неродственных групп. Следствием конвергентной эволюции является конвергентное сходство, т. е. сходство организмов, основанное не на их родстве, а на близком наборе признаков, сформировавшемся независимо в разных группах.

Л

Литораль (лат. *litoralis* – береговой, прибрежный) – пограничная полоса между сушей и морем, регулярно затопляемая во время прилива и осушаемая при отливе. В Байкале литоральная зона охватывает от 0 до 5 м.

М

Марсупиум – выводковая камера ракообразных.

Метаморфоз (греч. *metamórphosis* – превращение) – глубокое преобразование строения организма (или отдельных его органов), происходящее в ходе индивидуального развития (онтогенеза).

Монофилия (др.-греч. *μόνος* – один; *φύλη* – семейный клан) – происхождение таксона от одного общего предка.

Н

Неотения (греч. *neos* – незрелый – юный; *teino* – растягиваю, удлиняю) – способность организмов размножаться на ранних стадиях развития (например, в личиночном состоянии).

О

Облигатный хозяин – обязательный хозяин паразита.

Обратная стратификация – состояние водоема, при котором температура воды повышается от поверхностного к придонному слою.

Оксифильные гидробионты – организмы, которые требовательны к высокому содержанию кислорода.

Окончательные хозяева – животные, в которых паразиты достигают половой зрелости и размножаются половым путем.

Оофагия – питание яйцами (икрой).

П

Паразит (греч. *parasitos* – нахлебник) – организм, который использует другой организм в качестве источника пищи и среды обитания, возлагая при этом частично или полностью на хозяев задачу регуляции своих взаимоотношений с окружающей внешней средой.

Паразитарная система представляет собой систему, объединяющую паразита на разных фазах развития и популяции хозяев (Беклемишев, 1945; Контримавичус, 1982; Балашов, 1991). Выделяют двухчленные (паразит – хозяин), трехчленные (паразит – промежуточный хозяин – окончательный хозяин) и многочленные паразитарные системы (паразит – несколько постоянно чередующихся промежуточных хозяев – окончательный хозяин). Паразитарные системы бывают простые и сложные. В простых паразитарных системах уча-

ствуют по одной популяции паразита и хозяина, в сложных – несколько популяций.

Паразитизм – форма межвидовых отношений; сожительство разных организмов, один из которых является паразитом, а другой – хозяином. Различают наружный, внутренний, случайный (факультативный) и обязательный (облигатный) паразитизмы.

Пелагиаль (греч. *pélagos* – море) – толща воды озер, морей и океанов.

Первичная продукция – результат жизнедеятельности растительных и бактериальных организмов; характеризует итог процесса фото- и хемосинтеза, в ходе которого органическое вещество синтезируется из минеральных компонентов окружающей среды. Таким образом, первичная продукция представляет собой массу новообразованного органического вещества за определенный период времени. Мерой первичной продукции является скорость новообразования органического вещества.

Перифитон (греч. *peri* – вокруг, около; *phyton* – растение) – животные и растения гидробионты, прикрепившиеся к стеблям и листьям высших водных растений или другой поверхности, возвышающейся над дном водоема. Перифитон составляют простейшие, водоросли, коловратки, черви, моллюски и личинки многих животных.

Политипический вид – вид, состоящий из более мелких таксономических единиц (подвидов).

Поллютант (лат. *pollutio* – загрязнение) – загрязняющее вещество.

Популяция – группа особей одного вида, занимающая определенное пространство, обладающая сложной структурой, всеми необходимыми свойствами для поддержания своей численности и способностью адекватно реагировать на изменения внешних условий, т. е. является саморегулирующей системой надорганизменного уровня организации жизни.

Промежуточные хозяева – животные, в которых обитают неполовозрелые фазы развития паразита.

Простой жизненный цикл паразита – жизненный цикл, который не сопровождается сменой хозяев.

Р

Резервуарный хозяин – хозяин, в котором паразит живет, но не развивается, его функция – аккумуляция и транспортировка паразита к окончательному хозяину.

Реофильный организм – организм, который предпочитает водоемы с быстрым течением.

Репродуктивная изоляция – нескрещиваемость в природных условиях близких видов, обитающих в одной и той же местности. Выделяют несколько форм репродуктивной изоляции: этологическая, экологическая, сезонная, морфологическая, генетическая и др. Репродуктивная изоляция обуславливает возникновение независимости генофондов двух популяций, которые после этого могут стать самостоятельными видами.

Рефугиум – участок земной поверхности, где группа видов пережила неблагоприятный период геологического времени, в течение которого на больших пространствах эти формы жизни исчезали.

С

Секвенирование (англ. *sequencing*) – расшифровка нуклеотидных последовательностей ДНК или РНК или аминокислот в белке.

Симпатрическое видообразование связано с расхождением групп особей одного вида, обитающих в одном ареале, по экологическим признакам. При этом особи с промежуточными характеристиками оказываются менее приспособленными. Расходящиеся группы формируют новые виды.

Сложный жизненный цикл паразита осуществляется при участии разных групп хозяев (промежуточных, резервуарных, окончательных), в которых происходит метаморфоз или чередование поколений.

Стагнация (лат. *stagnatio* – неподвижность; *stagnum* – стоячая вода) – отсутствие вертикальной циркуляции водных масс.

Стратификация – разделение водной толщи морских и пресных водоемов на слои различной плотности. Наличие вертикального градиента плотности препятствует перемешиванию вод.

Т

Таксон – (лат. *taxon*) – элемент таксономии, группа в классификации. Данное понятие преимущественно применяется в биологической систематике, где под таксоном понимают группу живых организмов, объединенных на основании принятых методов классификации (вид, род, семейство, отряд, класс, тип).

Трансгрессия – затопление морем участков земной поверхности, которые до того были сушей, причем происходит залегание отложений позднейшей эпохи за пределы предшествовавшей.

Ф

Фауна (лат. *fauna*, *Fauna* – богиня лесов и полей, покровительница стад животных) – совокупность видов животных, обитающих на определенной территории или акватории. Фауна того или иного водоема или территории складывается в процессе исторического развития из различных групп животных.

Фаунистический комплекс – это группа видов, связанных общностью исторической судьбы и (или) длительным существованием в одной географической зоне и поэтому обладающих сходными экологическими потребностями.

Х

Хиазма – характерная фигура перекреста конъюгирующих хромосом.

Ц

Ценоотические связи – связи видов в сообществах.

Э

Эврибионт – организмы с широкой экологической валентностью (амплитуда колебаний фактора, которую может выдерживать организм, вид).

Эвтрофирование – накопление в водах биогенных элементов под воздействием антропогенных или природных факторов.

Экологическая ниша – пространство в биогеоценозе, которое занимает вид, не конкурируя с другими видами за источник энергии. Экологическая ниша есть совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.

Экосистема – сообщество организмов биоценоза и окружающей их неживой природы, образующее устойчивую и динамическую систему.

Эндемики (греч. *ἔνδημος* – местный) – таксоны (животных или растений), представители которых обитают на относительно ограниченном ареале. Такая характеристика таксона, как обитание на ограниченном ареале, называется эндемизмом.

Контрольные вопросы

1. Чем оз. Байкал отличается от большинства пресных водоемов нашей планеты?
2. Почему оз. Байкал считается центром эндемичного видообразования?
3. Среди каких организмов больше всего эндемиков?
4. Какой зоогеографический статус у оз. Байкал и почему?
5. Дайте определение фаунистическому комплексу.
6. Перечислите уникальные явления в биоте оз. Байкала и охарактеризуйте одно из них.
7. Дайте характеристику ледовым сообществам оз. Байкал.
8. Какова роль бактериопланктона и бактериобентоса в экосистеме оз. Байкал?
9. Какова роль фитопланктона в экосистеме оз. Байкал?
10. Какова роль зоопланктона в экосистеме оз. Байкал?
11. Какова роль бентоса в экосистеме оз. Байкал?
12. Какие группы рыб обитают в оз. Байкал?
13. Что вы знаете об эндемичных рыбах оз. Байкал?
14. Дайте характеристику эколого-морфологическим группам байкальского омуля.
15. Сколько видов паразитов отмечено у байкальских рыб, каков ранг их эндемизма?
16. Какова роль нерпы в экосистеме оз. Байкал?
17. Дайте характеристику трофическим отношениям байкальских организмов.
18. В чем заключается генетическая неоднородность фауны оз. Байкал?
19. Фауна Байкала древняя или молодая? И почему?
20. От кого произошли байкальские моллюски?
21. Расскажите о гипотезах происхождения байкальского омуля.
22. Кто родственники байкальского омуля согласно современным молекулярно-генетическим данным?
23. Расскажите о гипотезе происхождения современной паразитофауны рыб оз. Байкал.
24. Какие паразитарные системы считаются древними, какие молодыми и почему?
25. Что Вы знаете о происхождении байкальской нерпы?

5. Экологические проблемы оз. Байкал

5.1. Основные источники антропогенного воздействия

Антропогенное влияние на акваторию и котловину озера определяется многими источниками. В основном это предприятия и населенные пункты, расположенные непосредственно на берегу Байкала и в его бассейне. Кроме того, Байкал загрязняется за счет западного переноса воздушных масс со стороны Иркутско-Черемховского промышленного узла. Значительное воздействие на экосистему озера оказало также создание Иркутского водохранилища, подпор от которого распространился до Байкала и вызвал повышение его уровня. Определенный антропогенный пресс на акваторию озера и его прибрежные природные комплексы оказывает также судоходство, железнодорожный транспорт, рекреационная деятельность, промысловое и любительское изъятие биоресурсов, браконьерство на воде и суше и др.

Лидером по загрязнению южной части акватории озера являлся Южно-Байкальский промышленный узел (г. Байкальск, г. Слюдянка, пос. Листвянка, пос. Култук, порт Байкал и др.). Аэропромвыбросы и сбросы от предприятий, расположенных в этих населенных пунктах, имеют высокую вероятность попадания в озеро.

Ниже дана характеристика основных источников антропогенного воздействия на оз. Байкал.

Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (БЦБК)

Наибольшее влияние на экосистему озера и прилегающих территорий оказывал БЦБК. Это единственное крупное предприятие, расположенное на берегу Байкала, которое 42 года сбрасывало сточные воды непосредственно в водоем и было переведено на замкнутый цикл лишь 29 сентября 2008 г. С 1966 г. комбинат работал на оборудовании из Финляндии, износ которого состав-

лял 80–90 %. Это обстоятельство привело к резкому ухудшению качества дренажных вод и загрязнению шельфа озера вдоль промплощадки комбината, несмотря на очистные сооружения, включающие механическую, химическую и биологическую системы очистки. В состав сточных вод входили различные токсические вещества, сброс которых оказал негативное воздействие на экосистему водоема. Объем очищенных сточных вод за время работы комбината колебался от 34 до 69 млн м³/год, в среднем составлял величину 46,5 м³/год, или 1,48 м³/с (Гос. доклад ..., 2007).

Воздействие БЦБК на озеро привело к образованию зоны загрязнения в воде и донных отложениях. Средние значения концентрации сульфатов, хлоридов, натрия, несulfатной серы в месте сброса сточных вод постоянно превышали фоновые значения. Нередко наблюдались повышенные концентрации взвешенных веществ, лигнина, фенола, метанола, хлорорганических соединений. Площади зон загрязнения, отслеживаемые по изменению гидрохимических и микробиологических показателей, колебались в зависимости от величины сброса сточных вод, в широких пределах (от 1 до 30 км²). Зона с сильно измененным верхним слоем донных отложений (суммарное содержание минерально-гумусовых веществ и целлюлозы составляет более 15 %) занимает площадь около 3 км², а слабоизмененная – до 20 км².

Следует отметить, что приведенные данные по площади загрязнения, по-видимому, занижены, так как контрольные измерения на глубинах 300 м отсутствуют (Гос. доклад ..., 2008).

Загрязнение коснулось и грунтовых вод на промплощадке БЦБК. Эти воды, фильтруясь в озеро, повышали его минерализацию и нарушали чистоту вод прибрежной зоны, негативно воздействуя на донные биоценозы. Общая минерализация подземных вод достигала 2500–2900 мг/дм³ при фоновом значении 100–200 мг/дм³.

Отмечено значительное термальное загрязнение подземных вод. Так, в 2006 г. температура подземных вод достигала 14–21 °С, при фоновом значении 3–4° (Гос. доклад ..., 2007).

В целом, на долю БЦБК приходилось 59 % от всех сточных вод, поступающих в Байкал. После перевода комбината на замкнутый цикл водоснабжения остается проблема очистки и утилиза-

ции накопившихся твердых отходов и загрязнений в воде и донных отложениях на примыкающей к комбинату акватории озера.

В результате деятельности БЦБК интенсивному загрязнению подвергался и атмосферный воздух. Основными аэропромвыбросами комбината являлись пыль (сульфат натрия и щелочь), сернистый ангидрид, сероводород, метилмеркаптан, окислы азота, углерода, хлора, фенолы, метанол, фенол).

Эти выбросы оказывали негативное влияние не только на здоровье населения, но и угнетающе воздействовали на окружающие ландшафты. По данным (Охрана озера ..., 1999) площадь сильнозагрязненной зоны составила около 40 км², а средне- и слабозагрязненных зон, соответственно, 140 и 226 км². Оценка состояния древостоев в зоне интенсивного загрязнения показала увеличение доли сильно ослабленных и усыхающих деревьев по сравнению с соседними районами. Исследования, проведенные Сибирским институтом физиологии и биохимии растений и Институтом географии СО РАН в 1974–1986 гг., показали, что атмосферные выбросы БЦБК вызывали сильное ослабление пихтовых, а отчасти и кедровых лесов северного макросклона хребта Хамар-Дабан на отметках от 900 до 1200 м н. у. м. в долинах рек и межгорных понижениях, открытых с севера, откуда двигались загрязненные промышленными выбросами воздушные массы.

Кроме загрязнения водной массы и воздуха, экологическую опасность представляло расположение комбината на территории, сейсмоопасность которой оценивается, как отмечалось выше, в 9–10 баллов по шкале MSK. К факторам риска относились также использование изношенного технологического оборудования, работающего под высоким давлением, применение токсичных химикатов, взрывоопасной технологии и пр.

Сточные воды р. Селенги

Значительное количество загрязняющих веществ поступает в Байкал из бассейна р. Селенги. Она принимает сточные воды Улан-Удэнского, Гусиноозерского, Кяхтинского, Закаменского, Петровск-Забайкальского и Нижнеселенгинского промышленных узлов. Следует отметить, что после введения в 1990 г. на Селенгинском картонном комбинате оборотного водоснабжения поступление сточных вод от него в Селенгу, согласно официальным данным, прекратилось, но выбросы в атмосферу до сих пор имеют место.

Большая часть бассейна р. Селенги располагается на территории Монголии, где проживает 54 % населения страны. Здесь находится 70 % сельскохозяйственных земель и 90 % промышленного потенциала (в том числе Дарханский металлургический комбинат и др.). В целом, половина загрязнений, поступающих в Байкал по Селенге, приходится на территорию Монголии.

Кроме промышленных объектов, на качество вод оказывает влияние сельскохозяйственное производство. В настоящее время в бассейне р. Селенги более 60 % площади пашни и 20 % пастбищ подвержены эрозии, что способствует увеличению твердого стока. Определенную экологическую угрозу вызывает добыча урановой воды на месторождении Горная в верховьях левого притока Селенги – р. Чикой (ЭкспертOnline ..., 2007). В результате антропогенного воздействия со стоком Селенги в Байкал приносится значительное количество загрязняющих веществ, включающих в себя фенолы, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), сульфаты, ионы железа, хрома, фтора и повышенное количество взвешенных наносов. Загрязненные воды Селенги прослеживаются в Байкале на расстояние до 130 км к северо-востоку от ее устья и до 20–25 км к северо-западу, достигая противоположного берега озера.

Антропогенное воздействие других притоков на качество вод Байкала существенно меньше, чем Селенги.

В целом, в поверхностные водные объекты БПТ сбрасывалось от 85 до 125 млн м³ сточных вод (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Сбросы сточных вод (млн м³) в поверхностные водные объекты в границах БПТ (Гос. доклад ..., 2008)

Территория	Субъект	Зона	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ОАО «БЦБК»	ИО	ЦЭЗ	33,7	42,2	48,2	49,4	46,6	43,9	44,4	36,8	38,0	41,4
г. Слюдянка	ИО	ЦЭЗ	2,2	1,9	1,9	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,3
г. Северобайкальск	РБ	ЦЭЗ	2,1	2,7	1,8	2,0	2,2	2,7	2,4	1,6	1,4	1,4
г. Улан-Удэ	РБ	БЭЗ	51,6	50,2	51,9	49,9	49,0	46,8	46,6	40,7	39,9	37,2
Кабанский р-н	РБ	БЭЗ	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	3,7	3,7	3,6	3,5	3,1
Забайкальский край	ЗК	БЭЗ	4,0	15,9	12,3	17,9	4,0	1,4	1,7	1,8	1,6	2,0
Всего			98,1	117,3	120,4	125,1	107,9	100,3	100,4	86,0	85,7	86,4

Загрязнение атмосферы воздушным переносом из Иркутско-Черемховского промышленного узла и других стационарных источников

Негативное влияние на состав атмосферного воздуха над Байкалом оказывают западные воздушные массы, поступающие из Иркутско-Черемховского промузла, объекты которого находятся в Иркутске, Ангарске, Усолье-Сибирском, Черемхово и Шелехово. Суммарная величина выбросов этих пяти городов за последние 9 лет составила в среднем 250–260 тыс. т в год.

Кроме того, в воздушный бассейн Байкальской котловины поступают загрязнения из населенных пунктов, расположенных на побережье озера: Байкальска, Слюдянки, Култук, порта Байкала, Листвянки, Северобайкальска и др. Однако их роль в загрязнении атмосферы относительно невелика и составляет 10–11 т, причем львиная доля, как отмечалось выше, принадлежала г. Байкальску (табл. 5.2).

Таблица 5.2
Выбросы в атмосферу от стационарных источников, тыс. т
(Гос. доклад ..., 2008)

Населенный пункт	Годы									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
г. Ангарск	176,8	155,8	131,5	128,0	137,3	159,7	136,5	127,8	145,1	165,6
г. Иркутск	82,5	54,0	56,4	52,2	51,6	63,5	46,9	49,4	46,2	41,9
г. Усолье-Сибирское	40,7	38,5	37,1	33,6	33,6	26,8	28,2	31,9	32,5	30,4
г. Черемхово	13,0	11,4	11,3	10,7	8,1	11,6	9,8	9,6	7,1	5,6
г. Шелехов	30,0	27,3	28,3	27,8	27,2	28,4	28,7	28,1	28,6	27,5
г. Байкальск	8,0	8,7	8,8	8,6	7,2	6,9	6,9	5,5	6,1	5,6
г. Слюдянка	4,9	4,7	4,3	2,8	3,2	3,1	3,3	2,8	1,8	2,1
пос. Култук	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
порт Байкал	0,08	0,01	0,07	0,02	0,02	0,00	0,06	0,06	0,02	0,02
пос. Листвянка	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,19	0,18	0,18	0,20	0,20
г. Северобайкальск	3,9	4,5	5,0	4,9	4,8	4,9	4,0	4,4	3,1	3,0
Сумма	360,33	305,36	283,02	268,87	273,38	305,19	264,64	259,84	270,82	282,02

Основными ингредиентами, загрязняющими атмосферный воздух, являются взвешенные вещества, бенз(а)пирен, оксид углерода, окислы азота, диоксид серы и формальдегид, а также специфические загрязняющие вещества – сероводород, метилмеркаптан, фтористый водород, хлор.

Влияние Иркутской ГЭС на уловенный режим оз. Байкал

Большое влияние на экосистему озера оказала Иркутская ГЭС, сооруженная на Ангаре в 65 км от ее истока. Создание Иркутского водохранилища вызвало подпор воды, который распространился до Байкала и поднял его уровень в среднем до 1 м, о чем указывалось в главе 3.3. Озеро стало выполнять функцию водохранилища не только годового, но и многолетнего регулирования, что позволило получить самую дешевую в стране электроэнергию.

К негативным экологическим последствиям повышения уровня Байкала можно отнести следующие:

а) под воду ушло 600 км² земель, затоплено 127 населенных пунктов. Из них было выселено 3,3 тыс. дворов, переселено 17 тыс. человек;

б) в акватории Байкала была создана «технологическая» зона, периодически затопливаемая или подтапливаемая при достижении водохранилищем высоких уровней. Эта зона охватывает свыше 1200 км² прибрежных земель, преимущественно в пониженных участках на восточном побережье (Винокуров, Суходолов, 2002);

в) началось абразионное разрушение берегов и берегоукрепительных сооружений на более высоких отметках. Активизировались оползневые и осыпные процессы на береговых склонах;

г) опасному воздействию подвергаются соры. Многие из них являются питомниками молоди омуля. При поддержании высоких отметок уровня Байкала происходит размыв кос. Так постепенно уменьшается площадь острова-косы Ярки, отгораживающей от Байкала Ангарский сор. При чрезмерной сработке уровня оз. Байкал уменьшается водообмен соровой системы с открытым Байкалом, что оказывает отрицательное влияние на условия нереста рыб из-за прямой потери части нерестилищ (Гос. доклад ..., 2008);

д) антропогенное воздействие на экосистему мелководий осложняется постоянным изменением уловенного режима в связи с необходимостью регулирования приточности воды для слаженной работы всего Ангарского каскада ГЭС и водного транспорта на Енисее.

Судоходство

Постоянный флот, перевозящий грузы и пассажиров появился на Байкале в середине XVIII в. и был представлен небольшими

парусными судами. К началу XX в. перевозками занимались 40 различных судов, в том числе 15 пароходов. В советский период регулярные пароходные рейсы совершались от портов Байкал, Култук, Листвянка до Хужира, Нижнеангарска, Северобайкальска и др. После сооружения БЦБК и Селенгинского картонного комбината в составе грузопотоков стал преобладать лес, буксируемый в больших морских плотах-сигарах, которые во время сильных штормов нередко разбивались, и озеро и берега засорялись древесиной. В 70–80-е гг. пассажирский флот пополнился скоростными судами на подводных крыльях. В настоящее время на Байкале зафиксировано 300 единиц судов.

Судоходство является одним из источников загрязнения вод Байкала. При эксплуатации судов формируются различные отходы и в том числе подсланевые воды, образующиеся на самом дне трюма под сланями. Эти воды относятся ко II классу экологической опасности. Возникает проблема утилизации и хозфекальных вод.

Одним из наиболее крупных судовладельцев на Байкале является ОАО «Восточно-Сибирское речное пароходство» (ВСРП). Суда ВСРП сдают загрязненные хозбытовые и подсланевые воды на очистку в специальное судно «Самотлор» в порту Байкал. Прием сточных вод от сторонних организаций обслуживается на договорных началах. Так, за навигацию 2006 г. «Самотлор» принял около 450 т сточных и 773 т нефтесодержащих вод. Сброс очищенных вод осуществляется в р. Ангаре на 6 км ниже истока, а нефтепродукты сжигаются в котельной установке. Сбор мусора производится в береговые контейнеры в местах базирования судов с дальнейшим вывозом на свалки.

К сожалению, многие судовладельцы не заключают договоры на сдачу подсланевых и хозфекальных вод и сбрасывают их в Байкал. Такие нарушения трудно выявить и проконтролировать. Кроме крупных судов, на Байкале (на конец 2007 г.) зарегистрировано 5638 маломерных, в том числе по Иркутской области – 1431 и по Республике Бурятия – 4207 (Гос. доклад ..., 2008), которые вносят свой вклад в загрязнение вод озера.

Государственный надзор за предотвращением загрязнения водных путей Байкала осуществляет Восточно-Сибирское бассейновое управление.

Железнодорожный транспорт

На южной оконечности озера находится участок Транссибирской железнодорожной магистрали протяженностью более 300 км (от ст. Байкал до ст. Посольская). Дорога была построена в течение 1900–1904 гг., а постоянное движение началось с 1905 г. Железнодорожная магистраль строилась в очень сложных инженерно-геологических условиях по скальным обрывистым берегам Байкала, что вызвало необходимость сооружения 63 туннелей общей протяженностью 6,5 км. Создание Кругобайкальской железной дороги способствовало активному хозяйственному освоению прилегающей к трассе территории, появлению железнодорожных станций, городов, поселков, промышленных предприятий и т. д. В настоящее время эта территория является наиболее освоенной частью побережья Байкала. Здесь расположен, как отмечалось выше, Южно-Байкальский промышленный узел, который создает значительный пресс на природу южной части котловины Байкала. Следует отметить, что после создания Иркутского водохранилища и затопления части полотна дороги, ее участок от ст. Байкал до ст. Култук стал тупиковым, и протяженность магистрали, где осуществляется основной объем перевозок, сократился почти на 100 км.

Вдоль северной оконечности Байкала протягивается участок Байкало-Амурской магистрали (БАМ) длиной 35 км, сооружение которого началось в 1974 г., а эксплуатация – с 1989 г. Создание прибайкальского участка БАМ способствовало развитию Северо-Байкальского промышленного узла, в результате чего природная среда и здесь подверглась значительной антропогенной нагрузке.

Туризм

К перечисленным выше источникам антропогенного воздействия следует добавить стихийно развивающийся туризм. Он становится одним из мощнейших факторов негативного влияния на природу побережья озера. По данным (Гос. доклад ..., 2008), Республику Бурятию и Иркутскую область только в 2007 г. посетило 758 тыс. официально зарегистрированных туристов. Число желающих побывать на Байкале с каждым годом возрастает. Столь бурный наплыв, преимущественно неорганизованных туристов, привел к массе негативных последствий, к числу которых следует

отнести захламливание живописных берегов озера, накопление мусора, вытаптывание растительного покрова, что влечет за собой развитие эрозии, сокращение биоразнообразия и в конечном итоге деградацию естественных природных комплексов. Особенно большой вред представляет массовое бессистемное возведение на берегу Байкала туристических баз без очистных сооружений и соблюдения санитарных норм. Как с болью отмечает известный автор путеводителей по Байкалу С. Волков в статье «Утраченный Байкал»: «Берега красивейших бухт ради сиюминутной прибыли стремительно и бездумно застраиваются примитивными туристическими базами барачного типа, вплотную друг к другу, не оставляя свободного места для диких растений. Туристических баз только на берегу самого теплого маломорского залива Мухор сегодня уже выстроено 32!.. Бухты Малого моря в местах излюбленного массового отдыха иркутян обезображены до такой степени, что на эти берега с умирающей природой в отдельных местах уже не хочется возвращаться снова... За исключением охраняемых территорий Северного Байкала, похожая картина наблюдается и на восточном берегу в Бурятии... Замусоривание берега видно на всем протяжении от Гремячинска до Усть-Баргузина» (Волна, 2007, с. 18–19). По вине туристов возникает большинство лесных пожаров.

Браконьерство

Значительный урон биологическим ресурсам наносит браконьерство на воде и по берегам Байкала. Относительно низкий уровень жизни проживающего на побережье населения, отсутствие постоянной работы вынуждают местных жителей выживать за счет ресурсов озера. Повсеместно сократилась численность изюбря, кабарги и косули, полностью истреблены табуны одичавших лошадей на Ольхоне. Процветает незаконный вылов рыбы, отстрел нерпы и несанкционированная вырубка леса. Кроме местного населения, значительный ущерб животному миру наносят приезжие браконьеры, оснащенные современными быстроходными судами, новейшими средствами рыболовства и охоты. Отсутствие строгих законов и недостаточно укомплектованные штаты егерей и рыбнадзора, к сожалению, не могут создать серьезный заслон браконьерству.

5.2. Основные мероприятия по охране природы оз. Байкал

В результате антропогенного воздействия возникла проблема охраны и сохранения природы байкальской экосистемы. Причем эта проблема настолько остра, что вышла за рамки России и поднята на международный уровень.

5.2.1. Присвоение Байкалу статуса объекта Всемирного природного наследия

В декабре 1996 г. Комитет по Всемирному наследию ЮНЕСКО признал Байкал объектом Всемирного природного наследия наряду с другими российскими объектами: «Девственные леса Коми», «Вулканы Камчатки», «Золотые горы Алтая», «Острова Врангеля» и др.

В список участков Всемирного культурного и природного наследия входят территории, обладающие выдающимися глобальными ценностями естественных ресурсов. Кроме того, необходимо желание страны, в которой этот участок находится, защищать и сохранять его.

В этом качестве оз. Байкал является примером выдающейся пресноводной экосистемы, удовлетворяющим четырем главным критериям Конвенции природного и культурного наследия (Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. – UNESCO, WHC-99/2, 1999 (February)):

- представляет выдающиеся примеры, иллюстрирующие важнейшие этапы истории Земли и примечательные геологические процессы;
- представляет исключительные примеры для иллюстрации важнейших экологических и биологических процессов эволюции и развития экосистем и сообществ живых организмов;
- включает выдающиеся природные феномены или территории исключительной природной красоты и эстетической ценности;
- включает наиболее важные и значимые природные местобитания для сохранения биоразнообразия, а также видов выдающейся универсальной ценности с точки зрения науки или охраны природы.

Общая площадь Участка всемирного природного наследия (УВПН) «Озеро Байкал» равна 88 тыс. км², из которых 31,5 тыс. км² – поверхность озера, а 19 тыс. км² занимают 3 заповедника (Байкало-Ленский, Байкальский, Баргузинский) и 3 национальных парка (Прибайкальский, Забайкальский и, частично, Тункинский). Из Участка исключены 5 урбанизированных промышленно развитых территорий: Байкальск, Слюдянка, Култук, Бабушкин и Северобайкальск (Рященко, 2008).

Включение Байкала в Список УВПН повысило его престиж и популярность в мире. Этот статус создал для Байкала дополнительные возможности участия мировой общественности в сохранении уникальной экосистемы озера, многосторонней международной поддержки, привлечение финансовых средств из различных международных фондов.

Со стороны руководства комитета по Всемирному наследию к Правительству РФ были предъявлены следующие требования:

1. Обеспечить окончательное принятие Государственной душой Закона о Байкале;
2. Перепрофилировать БЦБК так, чтобы он перестал быть источником загрязнения;
3. Снизить сброс загрязняющих веществ в Селенгу;
4. Выделить дополнительные средства для обеспечения деятельности заповедников и национальных парков;
5. Обеспечить и усилить поддержку научных исследований и мониторинга на оз. Байкал.

Многие из этих вопросов, к сожалению, не решены до сих пор.

Однако нельзя не отметить ряд серьезных природоохранных мероприятий, которые выполнены к настоящему времени.

5.2.2. Принятие закона о Байкале. Экологическое зонирование Байкальской природной территории

Важным событием явилось принятие в 1999 г. Федерального закона «Об охране озера Байкал», одним из основных требований которого было проведение экологического зонирования, т. е. выделение зон с различными режимами природопользования и определение границ Байкальской природной территории, которая оказывает антропогенное воздействие на экосистему оз. Байкал.

Необходимо отметить, что благополучие природных комплексов водоема зависит от состояния окружающей среды в пределах Иркутской области, Бурятии, Забайкальского края и Монголии, расположенных в границах его водосборной площади и по соседству. Поэтому если не принимать соответствующих природоохранных усилий на указанных территориях, то загрязнение Байкала станет неотвратимым.

Исходя из этого, было введено понятие «Байкальская природная территория» (БПТ). Она расположена в центре Азиатского материка в пределах трех субъектов РФ – Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край. Включение в состав БПТ территории Монголии пока не произошло по политическим и экономическим причинам.

Основные работы по экологическому зонированию БПТ были выполнены сотрудниками Института географии, Байкальского института природопользования, Читинского института природных ресурсов СО РАН, другими организациями.

Главный принцип экологического зонирования БПТ основывается на признании бассейна Байкала регионом особого природопользования, стратегической линией развития которого является подчинение всей деятельности на этой территории сохранению уникальной экосистемы оз. Байкал. Границы экологических зон проведены с учетом природных особенностей, а также сложившегося и перспективного антропогенного воздействия хозяйственной и иной деятельности на оз. Байкал (Экологическое зонирование ..., 2002).

Общая площадь БПТ составляет 386 390 км² и разделена на три экологические зоны – центральную (ЦЭЗ), буферную (БЭЗ) и зону атмосферного влияния (ЗАВ). Их границы утверждены распоряжением Правительства РФ от 27.11.2006 № 1641-р (в прил. 7 приводится схема расположения этих зон).

Центральная экологическая зона БПТ имеет площадь около 90 000 км² и включает в себя оз. Байкал со всеми островами и 12 особо охраняемых природных территорий – в том числе 3 заповедника, 2 национальных парка, 7 заказников и водоохранную зону, граница которой проходит по водоразделу, за исключением крупных рек (Селенга, В. Ангара и Баргузин). Водоохранная зона –

это территория, в пределах которой хозяйственная деятельность регулируется с целью охраны поверхностных и подземных вод, непосредственно дренируемых озером. Методические основы выделения водоохраной зоны оз. Байкал изложены в работе А. Н. Антипова, В. Н. Федорова (2000).

На долю ЦЭЗ приходится 23 % Байкальской природной территории. Без акватории оз. Байкал ее площадь занимает 36 % Иркутской области и 64 % Республики Бурятия.

В постановлении Правительства РФ от 30 августа 2001 г. был представлен перечень видов деятельности, запрещенной в ЦЭЗ, состоящей из 36 пунктов. В документе перечислены все виды природопользования, способные нанести урон экосистеме оз. Байкал (прил. 8). К сожалению, многие пункты этого Постановления не выполняются.

Буферная экологическая зона включает в себя бассейн оз. Байкал в пределах Российской Федерации за исключением водосборной площади, входящей в центральную экологическую зону. На ее территории находится 2 заповедника и 12 заказников. Из общей площади зоны, равной около 190 000 км², 70,5 % приходится на Республику Бурятия и 29,5 % – на Забайкальский край.

Для буферной зоны предусмотрены менее строгие ограничения в режиме природопользования.

Экологическая зона атмосферного влияния находится на западе и северо-западе от Байкала в пределах до 200 км.

На территории этой зоны расположены промышленные предприятия городов Иркутска, Ангарска, Шелехова, Усолья-Сибирского и Черемхово, которые, как отмечалось выше, вносят основной вклад в загрязнение атмосферы. Граница ЗАВ определена с помощью расчетов по математическим моделям, переноса газовых и аэрозольных примесей при преобладающем северо-западном ветре в приземном слое атмосферы (Аргучинцев, Аргучинцева, 2001).

По расчетным данным, около 8 % территории относится к зоне максимального влияния, когда от 10 до 100 % выбросов в атмосферу могут достигать Байкала. Западная граница этой зоны расположена в 30–60 км от побережья Байкала. До 52 % территории относится к среднему влиянию – от 1 до 10 % выбросов в атмосферу могут достигать акватории оз. Байкал. Здесь западная

граница проходит на расстоянии 40–140 км от Байкала. К зоне слабого воздушного влияния (до 1 % выбросов в атмосферу достигает Байкала) относится территория в 140–210 км от побережья Байкала. Ее площадь составляет около 40 % всей зоны атмосферного влияния (Экологическое зонирование ..., 2002).

Величина выбросов загрязняющих веществ в 2007 г. составила 271,1 тыс. т (Гос. доклад ..., 2008). За период 2005–2007 гг. наблюдается устойчивое увеличение этих показателей на 4–6 % ежегодно.

5.2.3. Создание сети особо охраняемых природных территорий

В перечень мероприятий по охране природы оз. Байкал следует отнести развитие сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ), которые в настоящее время в пределах БПТ представлены 5 заповедниками, 3 национальными парками, 23 заказниками, 200 памятниками природы, 1 ботаническим садом, лечебно-оздоровительными местностями и курортами. Ботанический сад площадью 27,1 га расположен в г. Иркутске и находится в подчинении Иркутского госуниверситета. В границах БПТ существует 2 рекреационные местности – «Байкальский прибой – Культурная» и «Лемасово». Они расположены в Кабанском районе Республики Бурятия (см. прил. 7). Основные сведения об ООПТ приводятся в прил. 5.

Как видно из приложения, площадь ООПТ составляет 38,6 тыс. км², что составляет 10 % от размеров БПТ.

Ниже приведена краткая характеристика заповедников и национальных парков, взятая из работ Т. П. Савенковой, 2001; В. Ф. Лямкина и Л. С. Соколовой, 1999; Гос. доклад ..., 2007; Гос. доклад ..., 2008 и с сайта www.zapoved.ru.

5.2.3.1. Заповедники

Статус заповедника предусматривает наиболее строгую форму охраны природных территорий для сохранения биоразнообразия и поддержания в естественном состоянии охраняемых ландшафтов, выполнения научных исследований, осуществления мо-

244

ниторинга за состоянием природной среды, проведения экологического просвещения и др. Биосферные заповедники отличаются от обычных тем, что имеют международный статус и используются для слежения за режимом биосферных процессов. Наблюдения ведутся в них по единым или скоординированным программам.

В границах Байкальской природной территории находится 5 заповедников (Баргузинский, Байкало-Ленский, Байкальский, Джергинский, Сохондинский).

Баргузинский государственный природный биосферный заповедник

Заповедник расположен в пределах северо-восточного побережья оз. Байкал и западных склонов Баргузинского хребта на территории Северо-Байкальского района Республики Бурятия. Он организован в 1916 г. с целью сохранения популяции соболя и является старейшим государственным заповедником в России. Статус биосферного заповедника получен в 1986 г. Площадь заповедника 3743 км², из них 150 км² занимает трехкилометровая полоса акватории Байкала. Территория заповедника находится в диапазоне высот от 2721 до 457 м н. у. м.

В заповеднике зарегистрировано 39 видов млекопитающих, 243 – птиц, 4 – рептилий, 2 – амфибий. Главная цель – охрана природных комплексов горной тайги. Особой охране, как отмечалось выше, подлежит баргузинский соболь.

Байкало-Ленский государственный природный биосферный заповедник

Расположен на северо-западном побережье Байкала в Ольхонском и Качугском районах Иркутской области, в пределах Байкальского хребта, Предбайкальской впадины и полосы побережья оз. Байкал. Организован в 1986 г. Площадь заповедника 6599 км². Территория заповедника находится преимущественно в горной местности в пределах высот от 2201 до 457 м н. у. м. Здесь берут начало такие крупные реки, как Лена, Киренга и их притоки. На территории заповедника представлены все основные типы природных комплексов Прибайкалья: высокогорные, горно-таежные, лесостепные, степные, ландшафты побережья.

Флора заповедника насчитывает более 800 видов сосудистых растений, из которых 36 эндемичны. Разнообразны лишайники

(248 видов) и мхи (230 видов), выявлено около 100 видов грибов. Животный мир представлен 49 видами млекопитающих, 241 видом птиц, что составляет 60 % орнитофауны Прибайкалья.

Байкальский государственный природный биосферный заповедник

Заповедник находится на юго-восточном побережье Байкала и в пределах хребта Хамар-Дабан. В административном отношении он расположен в Кабанском, Селенгинском и Джидинском районах Бурятии. Организован в 1969 г., а в 1986 г. ему присвоен статус биосферного. Площадь заповедника составляет 1657 км². Максимальные высотные отметки достигают 2316 м н. у. м., минимальные – характерны для прибрежных террас и береговой полосы озера (457 м). Рельеф территории сильно расчленен.

Ландшафты заповедника дифференцируются по следующим высотным поясам: гольцовому, подгольцовому и лесному (горно-таежному). Флора заповедника представлена 845 видами высших растений, из них много редких. Фауна включает 48 видов млекопитающих и 260 видов птиц.

Джергинский государственный природный заповедник

Заповедник расположен в верховьях р. Баргузин в 90 км от восточного побережья Байкала на стыке трех горных хребтов – Баргузинского, Икатского и Южно-Муйского с диапазоном высот 2574–600 м. В административном отношении он находится в Курумканском районе Республики Бурятия. Заповедник образован в 1992 г. на базе существующего ранее заказника. Площадь заповедника составляет 2381 км². Целью создания заповедника является сохранение в естественном состоянии природных комплексов верховьев р. Баргузин. Экосистемы заповедника подразделяются на степные, таежные и лугово-болотные в долине реки и горно-таежные, горно-тундровые и подгольцовые по склонам и вершинам хребтов.

На территории заповедника насчитывается 437 видов животных, из них 247 – беспозвоночные, из позвоночных 6 видов рыб, 3 – земноводных, 4 – пресмыкающихся, 134 – птиц, 43 – млекопитающих.

Сохондинский государственный природный биосферный заповедник

Заповедник находится на территории Забайкальского края в 350 км от восточного побережья Байкала на юго-восточной гра-

нице БПТ. Имея площадь 2110 км², охватывает горный массив Сохондо и прилегающие к нему гольцы Хентей-Чикойского нагорья в диапазоне высот 2005–900 м. В пределах заповедника проходит водораздел бассейнов рек, впадающих в Тихий и Ледовитый океаны. Организован в 1974 г., а с 1985 г. ему присвоен статус биосферного заповедника.

На территории заповедника отчетливо прослеживаются гольцовый, подгольцовый и горно-таежный высотные пояса. Доминирующее положение в заповеднике занимает горная тайга (86 % территории). По данным инвентаризации 1985 г. здесь отмечалось 40 видов млекопитающих, 125 видов птиц, 3 – пресмыкающихся, 2 – земноводных, более 10 видов рыб.

Благодаря удаленности от крупных населенных пунктов и труднодоступности, природа этого заповедника практически не нарушена.

5.2.3.2. Национальные парки

Национальные парки, в отличие от заповедников, наряду с задачами по охране и изучению природных комплексов выполняют эколого-просветительские и рекреационные функции. На их территории могут сохраняться земельные участки иных пользователей и собственников. Здесь не обеспечивается столь строгий режим охраны природных комплексов. Как правило, в пределах парка выделяется несколько зон с разным режимом охраны – от полностью заповедного до режима, допускающего интенсивную эксплуатацию природных ресурсов. Более того, в территорию национального парка могут входить участки земли, вовсе не изымаемые у прежних землепользователей.

В пределах БПТ находится три национальных парка – Забайкальский, Прибайкальский и Тункинский.

Прибайкальский национальный парк

Расположен в Иркутской области в пределах трех административных районов – Ольхонского, Иркутского и Слюдянского с общей площадью 4173 км². Парк занимает о. Ольхон, юго-восточный склон Приморского хребта, часть Олхинского плато, образуя узкую полосу протяженностью 250 км вдоль западного побережья Байкала от Култука до Байкало-Ленского заповедника.

Парк создан в декабре 1986 г., на его территории распространены разнообразные ландшафты – от гольцовых до степных и прибрежных сообществ.

Состояние экосистем Прибайкальского национального парка неодинаково. Вблизи населенных пунктов, дорог, бывших лесодобывающих предприятий и турбаз наблюдаются сильные антропогенные изменения (вырубки, гари, угнетенное состояние травянистого покрова вследствие вытаптывания и перевыпаса скота). Крупным просчетом, затрудняющим природоохранную деятельность, явилось то обстоятельство, что в его территорию включены земли без изъятия их из хозяйственного использования и находящиеся в двойном подчинении. Практически ими распоряжаются районные администрации. В связи с этим и большой протяженностью парка, присутствием на его территории более 40 населенных пунктов управлять территорией и поддерживать оптимальный природоохранный режим достаточно сложно.

Забайкальский национальный парк

Создан в сентябре 1986 г. Расположен на территории Баргузинского района Республики Бурятия, занимает п-в Святой Нос и южную часть западного склона Баргузинского хребта, Ушканьих островов и Чивыркуйского залива. Площадь заповедника 2672 км².

Растительность парка относится к таежному, гольцовому и болотному типам. Заповедная зона охватывает горно-тундровые ландшафты в центральной части м. Св. Нос и Баргузинского хребта, а также территорию Ушканьих островов и Чивыркуйского залива с тропами для туристских маршрутов. Зона заказного режима охраны включает арангатуйские болота и другие болотные массивы со скоплением птиц. Рекреационная зона выделена на юго-восточной части полуострова и в некоторых бухтах Чивыркуйского залива.

Тункинский национальный парк

Создан в мае 1991 г. в административных границах Тункинского района Республики Бурятия. Парк расположен в Тункинской котловине, долине р. Иркут и занимает площадь 11 837 км². Котловина находится между Тункинскими гольцами Восточного Саяна и отрогами Хамар-Дабана. Здесь представлены горно-котловинные ландшафты Южного Прибайкалья. Территория парка лишь частично входит в водосборную площадь оз. Байкал.

5.2.3.3. Заказники и памятники природы

Заказники – охраняемые природные территории, создаваемые для сохранения биоразнообразия, воспроизводства и восстановления отдельных или нескольких видов диких животных, среды их обитания и поддержания целостности природных сообществ.

Заказники подразделяются на государственные и местные.

В пределах БПТ находится 5 заказников федерального и 18 регионального значения (см. прил. 5).

Памятники природы включают широкий круг объектов. Ими могут быть уникальные ландшафты, геологические обнажения, вековые деревья, пещеры, водопады, колонии птиц и др. На БПТ расположено около 200 памятников природы, в том числе: 13 ландшафтных, 118 геологических, 33 гидрологических, 8 ботанических, 9 зоологических, 11 природно-исторических. В соответствии с территориальным расположением памятников природы охранные обязательства возложены на местные администрации, лесхозы, ООПТ и других землепользователей.

5.2.4. Комплекс других природоохранных мероприятий

К числу других важнейших мероприятий по охране оз. Байкал необходимо отнести следующие:

- запрет на вылов омуля, введенный с 1969 по 1975 гг., с целью увеличения поголовья этой ценной промысловой рыбы;
- в 1975 г. запрещение молевого сплава леса на притоках Байкала с дальнейшим проведением расчистки рек и побережья озера от затонувшей древесины; прекращение транспортировки леса в плотках по озеру;
- в 1990 г. внедрение замкнутого цикла водооборота на Селенгинском картонном комбинате;
- в 1995 г. принятие администрациями Иркутской области и Республики Бурятия нормативных документов «О мерах по регулированию уровня оз. Байкал в пределах отметок 456–457 м н. у. м.»;
- в 1995 г. подписание Российско-Монгольского межправительственного соглашения о ведении государственного мониторинга за состоянием трансграничных вод в бассейне р. Селенги;

- разработка нормативов качества окружающей среды и допустимых воздействий на экологическую систему оз. Байкал;
- организация экологического мониторинга за состоянием различных компонентов природной среды (земельные, почвенные ресурсы, недра, растительный и животный мир, атмосферный воздух, водные объекты), сведения о которых ежегодно публикуются в Государственных докладах «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране»;
- в 2008 г. завершение строительства очистных сооружений в г. Байкальске;
- в 2008 г. внедрение замкнутого цикла водооборота на БЦБК, исключающего сброс промышленных сточных вод в оз. Байкал.

Последнее мероприятие, по нашему мнению, это самое важное событие, которое защитники природы Байкала ждали многие годы. Руководство ОАО БЦБК всячески оттягивало сроки строительства и ввода в эксплуатацию замкнутого водооборота, а после его внедрения заявило о необходимости полной консервации производства, так как выпуск основной продукции (беленой вискозной целлюлозы) стал якобы нерентабельным, и с этого момента деятельность комбината была прекращена (6 октября 2008 г.).

Следует отметить, что кроме государственных органов, предприятий научных учреждений, участвующих в мероприятиях по охране оз. Байкал, важная роль принадлежит общественному экологическому движению. В Байкальском регионе насчитывается более 100 неправительственных официально зарегистрированных эколого-ориентированных организаций. Они принимают активное участие в реализации общественных экологических проектов. Им, в частности, принадлежит ведущая роль в противодействии строительству нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» в пределах водосборной площади оз. Байкал. Особенно активную и непримиримую позицию в борьбе за чистоту байкальской экосистемы занимает Иркутская региональная общественная организация «Байкальская экологическая волна». На страницах своего экологического журнала «Волна» редакцией постоянно поднимаются самые острые, злободневные вопросы, посвященные охране озера, экосистемам побережья.

Однако, несмотря на вышеперечисленные природоохранные мероприятия, фактическое положение дел с охраной Байкала нельзя считать удовлетворительным по следующим причинам:

- остается нерешенной проблема очистки накопившихся загрязнений в воде и донных отложениях на прилегающей к комбинату акватории озера, даже после закрытия БЦБК;

- необходима утилизация твердых отходов, возникших за годы деятельности БЦБК, рекультивация территории, занятой промплощадкой, шламонакопителями и золоотвалами;

- несмотря на введение замкнутого водооборота на Селенгинском картонном комбинате, не приняты радикальные меры для снижения поступления сточных вод в основной приток Байкала – р. Селенгу;

- не решен вопрос о резком уменьшении сброса загрязненных вод в Байкал при эксплуатации судов;

- усиливается негативное антропогенное воздействие за счет стихийного развития туризма;

- продолжается несанкционированная рубка леса;

- продолжается рост браконьерства, одной из причин которого является слабая укомплектованность штата егерей и рыбнадзора.

Серьезной проблемой является низкая приоритетность вопросов экологии на шкале государственных ценностей и, как следствие, несовершенство и противоречивость нормативно-правовой базы, низкий уровень финансирования природоохранных мероприятий, недостаточный контроль за соблюдением нормативных правил, неразвитая система природоохранного управления и слабая межведомственная и межрегиональная координация планов и действий властей трех субъектов Российской Федерации в пределах БПТ.

Для дальнейшего сохранения экосистемы оз. Байкал от негативного антропогенного воздействия необходимы:

- четко сформулированная государственная политика (позиция) по охране озера, утвержденная на федеральном уровне;

- комплексный интегрированный план действий по сохранению природы озера, согласованный на всех уровнях;

- доработка и гармонизация нормативно-правовой базы;

- адекватное обеспечение мероприятий по охране озера финансовыми ресурсами;
- строгий контроль за выполнением законодательства и укрепление системы природоохранного управления;
- усовершенствование государственной системы мониторинга окружающей среды оз. Байкал;
- активная позиция общественности (давление на власти снизу);
- проведение дальнейших переговоров и заключение соглашения с Монголией о расширении перечня контролируемых показателей загрязняющих веществ и о минимизации трансграничных загрязнений.

Контрольные вопросы

1. Основные источники антропогенного воздействия на озеро Байкал.
2. Байкал – объект Всемирного природного наследия.
3. Понятие «Байкальская природная территория» и ее экологическое зонирование.
4. Основные требования природопользования в Центральной экологической зоне.
5. Дать характеристику особо охраняемых территорий в пределах Байкальской природной территории.
6. Перечислить комплекс необходимых природоохранных мероприятий по охране оз. Байкал.

Использованная литература

Rotifera / Л. А. Кутикова [и др.] // Атлас и определитель пелагио-
онтов Байкала. – Новосибирск : Наука, 1995. – С. 251–259.

Агафонов Б. П. Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны /
Б. П. Агафонов. – Новосибирск : Наука, 1990. – 175 с.

Аккумуляция биогенного кремнезема в донных отложениях Байкала /
Л. З. Гранина [и др.] // Геология и геофизика. – 1993. – Т. 34, № 10/11. –
С. 149–160.

Актуальные вопросы современной геодинамики Центральной Азии. –
Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005. – 297 с.

Алимов А. Ф. Продуктивность сообществ беспозвоночных макро-
бентоса в континентальных водоемах СССР: обзор // Гидробиол. журн. –
1982. – Т. 18, № 2. – С. 7–18.

Аминокислотная последовательность миоглобина байкальской нер-
пы / Г. И. Барам [и др.] // Биоорганическая химия. – 1991. – Т. 17, № 9. –
С. 1166–1171.

Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного
бассейна. Байкал / О. А. Тимошкин [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2001. –
Т. 1, кн. 1. – 831 с.

Антипов А. Н. Ландшафтно-гидрологическая организация террито-
рии / А. Н. Антипов, В. Н. Федоров. – Новосибирск : Изд-во Сиб. отд-
ния РАН, 2000. – 254 с.

Антипова Н. Л. Материалы по сезонным и годовым колебаниям
численности руководящих форм фитопланктона оз. Байкал / Н. Л. Анти-
пова, М. М. Кожов // Тр. Иркут. гос. ун-та. Сер. биол. – 1953. Т. 7, вып.
1–2. – С. 63–68.

Антипова Н. Л. Сезонные и годовые изменения фитопланктона в оз.
Байкал // Тр. ЛИИ СО АН СССР. – 1963. – Т. 2 (22), ч. 2: Исследования
по микрофлоре и зоопланктону Байкала. – С. 12–28.

Аргучинцев В. К. Модели и методы для решения задач охраны атмо-
сферы, гидросферы и подстилающей поверхности / В. К. Аргучинцев,
А. В. Аргучинцева. – Иркутск, 2001. – 115 с.

Асхаев М. Г. Акклиматизация амурского сазана в водоемах бассейна
озера Байкала : автореф. дис. ... канд. биол. наук / М. Г. Асхаев. – Ир-
кутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1961. – 17 с.

Асхаев М. Г. К акклиматизации сазана в некоторых водоемах Забай-
калья / М. Г. Асхаев, В. Н. Ельцова // Зоологические проблемы Сибири. –
Новосибирск, 1972. – С. 217–218.

Асхаев М. Г. Новые породы рыб в водоемах бассейна Байкала // Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне озера Байкал. – Иркутск, 1958. – С. 420–428.

Афанасьев А. Н. Водные ресурсы и водный баланс бассейна оз. Байкал / А. Н. Афанасьев. – Новосибирск : Наука, 1976. – 238 с.

Афанасьева Э. Л. Биология байкальской эпишуры. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние. – 1977. – 144 с.

Афанасьева Э. Л. Динамика зоопланктона пелагиали Байкала и продукция эпишуры // Биологическая продуктивность водоемов Сибири. – М. : Наука, 1969. – С. 21–25.

Афанасьева Э. Л. Зоопланктон пелагиали Байкала, его запасы, продукция и кормовые концентрации // Круговорот вещества и энергии в озерных котловинах. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1975. – С. 27–32.

Базикалова А. Я. Адаптивное значение размеров байкальских амфипод // Докл. АН СССР. – 1948. – Т. 61, № 3. – С. 569–572.

Базикалова А. Я. Амфиподы озера Байкал // Тр. Байкал. лимнол. ст. – 1945. – Т. 11. – 440 с.

Базикалова А. Я. Морфологические особенности молодых стадий байкальских амфипод // Тр. Байкал. лимнол. ст. – 1951. – Т. 13. – С. 206–216.

Байкал : атлас. – М. : СО РАН, 1993. – 160 с.

Байкал в цифрах : краткий справочник. – Иркутск, 2001. – 72 с.

Баранова Ю. П. Результаты биостратиграфических исследований третичных континентальных толщ Северо-Восточной Азии и корреляция их с континентальными отложениями сопредельных территорий / Ю. П. Баранова, С. Ф. Бискэ // Континентальные третичные толщ Северо-Востока Азии. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1979. – С. 163–195.

Батиметрическая электронная карта озера Байкал / П. П. Шерстян-кин [и др.] // Докл. Академии наук. – 2006. – Т. 408, № 1. – С. 102–107.

Безрукова Е. В. Растительность и климат Юга Восточной Сибири в позднем неоплейстоцене и голоцене (по данным непрерывных байкальских разрезов) : автореф. ... дис. д-ра геогр. наук / Е. В. Безрукова. – Иркутск, 2000. – 45 с.

Бекман М. Ю. Население бентали и кормовые ресурсы рыб Байкала / М. Ю. Бекман, Р. С. Деньгина // Биологическая продуктивность водоемов Сибири. – М. : Наука, 1969. – С. 42–47.

Бекман М. Ю. О карликовых самцах у эндемиков Байкала // Докл. АН СССР. – 1958. – Т. 120, № 1. – С. 208–211.

Бекман М. Ю. Экология и продуктивность бентоса // Путь познания Байкала. – Новосибирск : Наука, 1987. – С. 226–242.

Беликов С. И. Определение таксономического положения бактерий из озера Байкал методом анализа последовательностей фрагментов 16S

рРНК / С. И. Беликов, М. А. Грачев, Т. И. Земская // Микробиология. – 1996. – Т. 65, № 6. – С. 855–864.

Белова В. А. История развития растительности котловин Байкальской рифтовой зоны. – М. : Наука, 1975. – 142 с.

Белова В. А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. – Новосибирск : Наука, 1985. – 160 с.

Белькова Н. Л. Таксономическое разнообразие микробного сообщества водной толщи озера Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. Л. Белькова. Владивосток, 2004. – 22 с.

Берг Л. С. Рыбы Байкала // Ежегодник Зоол. музея Акад. наук Сибири. – 1900. – Т. 5. – С. 326–372.

Берг Л. С. Рыбы бассейна Амура // Зап. АН СССР. – 1907. – Т. 24, № 9. – 270 с.

Берг Л. С. Рыбы пресных вод и сопредельных стран / Л. С. Берг. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. – Т. 3. – С. 930–1370.

Березовский А. И. К изучению байкальского омуля // ДАН. – 1927. – № 21. – С. 353–358.

Беркин Н. С. Об изменениях стока с высотой местности на горных реках западного участка БАМа // Проблема гидрологии рек зоны БАМа и Дальнего Востока. – Л., 1986. – С. 294–296.

Беркин Н. С. Расчет некоторых элементов теплового и водного балансов для территории Прибайкалья (Иркутская область) // Тепловой и водный режим некоторых районов Сибири. – Л. : Наука, 1970. – С. 43–57.

Биоразнообразие бактерий на различных глубинах южной котловины озера Байкал, выявленное по последовательностям 16S рРНК / Л. Я. Денисова [и др.] // Микробиология. – 1999. – Т. 68, № 4. – С. 547–556.

Богданов Б. Э. Экология реофильных видов подкаменщиков (Cottidae) в водоемах байкальской рифтовой зоны : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Б. Э. Богданов. – Иркутск, 2000. – 18 с.

Богданов Л. В. Новые данные к таксономическому положению байкальской нерпы *Phoca (Pusa) sibirica Gmel.* / Л. В. Богданов, В. Д. Пастухов // Морфо-физиологические и экологические исследования байкальской нерпы. – Новосибирск : Наука, 1982. – С. 7–12.

Болонев Е. М. Ротан – амурский «завоеватель» в Байкальском регионе / Е. М. Болонев, Н. М. Пронин, Ж. Н. Дугаров. – Улан-Удэ : Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2002. – 44 с.

Бояркин В. М. География Иркутской области. История географического изучения Иркутской области / В. М. Бояркин. – Иркутск : Изд-во Ирк. гос. ун-та, 1971. – Вып. 1. – 134 с.

Брюхоногие моллюски / Т. Я. Ситникова [и др.] // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал. – Новосибирск : Наука, 2004. – Т. 1, кн. 2. – С. 937–1002.

Будыко М. И. Эволюция биосферы / М. И. Будыко. – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 488 с.

Бухаров А. А. Байкал в цифрах : краткий справочник / А. А. Бухаров, В. А. Фиалков. – Иркутск : Радиан, 2001. – 72 с.

Бухаров А. А. Геологическое строение дна Байкала. Взгляд из «Пай-сиса» / А. А. Бухаров, В. А. Фиалков. – Новосибирск : Наука, 1996. – 117 с.

Верболов В. И. Гидрометеорологический режим и тепловой баланс озера Байкал / В. И. Верболов, В. М. Сокольников, М. Н. Шимараев. – М. ; Л. : Наука, 1965. – 373 с.

Верещагин Г. Ю. Байкал / Г. Ю. Верещагин. – М. : Географгиз, 1949. – 227 с.

Верещагин Г. Ю. Байкал : научно-популярный очерк / Г. Ю. Верещагин. – Иркутск : ОГИЗ, 1947. – 169 с.

Верещагин Г. Ю. Два типа биологических комплексов Байкала // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР. – 1935. – Т. 6. – С. 199–212.

Верещагин Г. Ю. К вопросу о происхождении и истории фауны и флоры Байкала // Тр. комитета по изучению оз. Байкал. – 1930. – Т. 3. – С. 77–116

Верещагин Г. Ю. Основные черты вертикального распределения динамики водных масс на Байкале // Акад. В. И. Вернадскому к 50-летию научной и педагогической деятельности. – М. ; Л. : Изд. АН СССР. – 1936. – С. 1208–1230.

Верещагин Г. Ю. Происхождение и история Байкала, его фауны и флоры // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР. – 1940 а. – Т. 10. – С. 73–239.

Верещагин Г. Ю. Теоретические вопросы, связанные с разработкой проблемы происхождения и истории Байкала // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР. – 1940 б. – Т. 10. – С. 7–66.

Верхозина В. А. Микробиальные процессы круговорота азота в Байкале // Микроорганизмы в экосистемах озер и водохранилищ. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 33–42.

Верхозина В. А. Микроорганизмы круговорота азота и фосфора / В. А. Верхозина, В. В. Парфенова // Экология южного Байкала. – Иркутск, 1983. – С. 84–103.

Верхотуров Д. Урановый Байкал / Д. Верхотуров // Эксперт Online 2.0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://www.expert.ru/articles/2007/05/22/Baikal> 01.06.2009].

Видовое разнообразие глубоководных микроорганизмов озера Байкал, выявленное по последовательностям 16S рРНК / Н. Л. Белькова [и др.] // Докл. РАН. – 1996. – Т. 348, № 5. – С. 692–695.

Викторовский Р. М. Механизмы видообразования у гольцов Кроноцкого озера / Р. М. Викторовский. – М. : Наука, 1978. – 110 с.

Вилисова И. К. К экологии байкальского пелагического бокоплава *Macrohectopus branickii* (Dyb.) // Тр. ЛИН СО АН СССР. – 1962. – Т. 2(22). – Ч. 1: Систематика и экология ракообразных Байкала. – С. 156–171.

Винокуров М. А. Экономика Иркутской области / М. А. Винокуров, А. П. Суходолов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП, 2002. – Т. 3. – 432 с.

Волков С. Утраченный Байкал // Волна : экологический журнал. – Иркутск, 2007. – № 1 (45). – С. 18–21.

Волна, экологический журнал. – Иркутск, 2007. – № 1 (45). – 74 с.

Вотинцев К. К. Гидрохимия оз. Байкал / К. К. Вотинцев. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 311 с.

Вотинцев К. К. Гидрохимия рек бассейна оз. Байкал / К. К. Вотинцев, А. П. Толмачева. – М. : Наука, 1965. – 495 с.

Вотинцев К. К. Значение аллохтонного органического вещества в оз. Байкал / К. К. Вотинцев, Г. И. Поповская // Природа Байкала. – Л., 1974. – С. 168–176.

Вотинцев К. К. К вопросу о современном осадкообразовании в Байкале // Докл. АН СССР, 1967. – Т. 174, № 2. – С. 419–422.

Вспышка чумы плотоядных у байкальской нерпы / Л. В. Баранова [и др.] ; ред. чл.-корр. РАН М. А. Грачев. – Новосибирск : Наука, 1992. – 70 с.

Высокоразрешающая осадочная запись по керну глубоководного бурения на Посольской банке в озере Байкал (BDP-99) // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45, № 2. – С. 163–193.

Газогидраты пресноводного «океана» / Я. Клеркс [и др.] // Наука из первых рук. – 2004. – № 2. – С. 82–91.

Галазий Г. И. Байкал в вопросах и ответах / Г. И. Галазий. – Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1987. – 383 с.

Галкина В. И. 60 минут о Байкале / В. И. Галкина. – Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1980. – 54 с.

Геология дна Байкала, изученная с подводных аппаратов «Пайсис» / Л. П. Зоненшайн [и др.] // Докл. РАН. Сер. Геология. – 1993. – Т. 330, № 1. – С. 84–88.

Геолого-геофизические и подводные исследования оз. Байкал. – М. : Ин-т океанологии АН СССР, 1979. – 213 с.

Геоморфология Северного Прибайкалья и Станового нагорья / Д.-Д. Б. Базаров [и др.]. – М. : Наука, 1981. – 197 с.

Глубокие изменения экосистемы северного Байкала в голоцене / Е. В. Безрукова [и др.] // Докл. АН СССР. – 1991. – Т. 321, № 5. – С. 1032–1037.

Глубоководное бурение на Байкале – основные результаты / М. И. Кузьмин [и др.] // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 1–2. – С. 8–34.

Голдырев Г. С. Осадкообразование и четвертичная история котловины Байкала / Г. С. Голдырев. – Новосибирск : Наука, 1982. – 182 с.

Голенецкий С. И. Проблема изучения сейсмичности Байкальского рифта // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 228–235.

Голенкова А. И. Следопыты Байкала / А. И. Голенкова. – М. : Мысль, 1973. – 188 с.

Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и меры по его охране в 2006 году». – Иркутск : Сиб. филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2007. – 420 с.

Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и меры по его охране в 2007 году». – Иркутск : Сиб. филиал ФГУНПП «Росгеолфонд», 2008. – 443 с.

Гранин Н. Г. Газовые гидраты и выходы газов на Байкале / Н. Г. Гранин, Л. З. Гранина // Геология и геофизика. – 2002. – Т. 43, № 7. – С. 629–637.

Грачев М. А. Байкал как участок мирового природного наследия // Современные проблемы экологии, природопользования и ресурсосбережения Прибайкалья : материалы юбил. конф. – Иркутск, 1998. – 339 с.

Грачев М. А. О современном состоянии экологической системы озера Байкал / М. А. Грачев. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. – 156 с.

Гурова Л. А. Питание и пищевые взаимоотношения пелагических рыб и нерпы / Л. А. Гурова, В. Д. Пастухов. – Новосибирск : Наука, 1974. – 184 с.

Гурулев С. А. Что в имени твоём Байкал?! / С. А. Гурулев. – Новосибирск : Наука, 1982. – 110 с.

Детальная диатомовая биостратиграфия осадков озера Байкал в эпоху Брунес и климатические факторы видоразнообразия / Г. К. Хурсевич [и др.] // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 1. – С. 108–129.

Дзюба Е. В. Исследование пищевых стратегий пелагических рыб Байкала : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. В. Дзюба. – Борок, 2004. – 24 с.

Диоксины и проблема чистой воды в Байкале / Г. И. Галазий [и др.] // Вода: экология и технология : тез. II Междунар. конгресса «Экватек-96» (17–21 сент., г. Москва). – М., 1996. – С. 29–30.

Догель В. А. Общая паразитология / В. А. Догель. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1962. – 464 с.

Догель В. А. Паразитофауна Байкала и ее зоогеографическое значение / В. А. Догель, И. И. Боголепова, К. В. Смирнова // Вестн. Ленингр. ун-та. – 1949. – № 7. – С. 13–34.

Догель В. А. Паразитофауна рыб Байкала / В. А. Догель, И. И. Боголепова // Тр. Байкал. лимнолог. ст. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – Т. 15. – С. 427–464.

Донные отложения Байкала. – М. : Наука, 1970. – 160 с.

Дорогостайский В. Ч. К систематике хариусов Байкальского бассейна // Тр. Иркут. о-ва естествоиспыт., 1923. – Т. 1, вып. 1. – С. 75–79.

Дрюккер В. В. Изучение морфологического разнообразия бактериофагов озера Байкал / В. В. Дрюккер, Н. В. Дутова // ДАН. – 2006. – Т. 410, № 6. – С. 847–849.

Дульбеева И. Г. Микропатоморфологические изменения у беззубки при заражении парентитами *Rhipidocotyle illense* (Ziegler, 1813) // Паразиты и болезни гидробионтов ледовитоморской провинции. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 114–117.

Дыбовский В. И. Гаммароиды озера Байкал // Изв. Сиб. отд-ния Имп. Рус. геогр. о-ва. – 1875. – Т. 6, № 1–2. – С. 10–80.

Дядин Ю. А. Газовые гидраты / Ю. А. Дядин, А. Л. Гущин // Соровский образовательный журнал. – 1998. – № 3. – С. 55–64.

Егоров А. Г. Биологические обоснования акклиматизации амурского сазана в системе Ивано-Арахлейских озер / А. Г. Егоров, М. Г. Асхаев, Г. Л. Карасев // Вестн. науч. информации Забайкал. отд-ния геогр. о-ва СССР. – Чита, 1965. – № 4. – С. 83–87.

Ефремова С. М. Пути эволюции байкальских губок // Байкал – природная лаборатория для исследования изменений окружающей среды и климата : тез. докл. Междунар. конф. (Иркутск, 11–17 мая 1994 г.). – Иркутск, 1994. – С. 22.

Заика В. Е. Паразитофауна рыб озера Байкал / В. Е. Заика. – М. : Наука, 1965. – 107 с.

Зайцева Е. П. Особенности развития эндемичной литоральной планарии *Baicalobia guttata* (Gersfeldt, 1858) (Plathelminthes, Seriata, Tricladida) из озера Байкал / Е. П. Зайцева, И. Б. Мизандронцев, О. А. Тимошкин // Четвертая Верещагинская байкальская конф. : тез. докл. и стэнд. сообщений (Иркутск, 26 сентября – 1 октября 2005 г.). – Иркутск, 2005. – С. 82–83.

Зезина О. Н. О гипоморфных признаках у глубоководных донных животных // Адаптация организмов к глубоководному образу жизни : тр. Ин-та океанологии им. П. П. Ширшова. – 1989. – Т. 123. – С. 35–48.

Зоненшайн Л. П. Тектоника литосферных плит территории СССР / Л. П. Зоненшайн, М. И. Кузьмин, А. М. Натапов. – М. : Недра, 1990. – Кн. 2. – 334 с.

Зообентос приустьевых участков рек Южного Байкала / Т. В. Акиншина [и др.]. – Иркутск, 1990. – 22 с. – Деп. в ВИНТИ № 1601-В-90.

Зоология беспозвоночных. Т. 1: От простейших до моллюсков и артропод / ред. В. Вестхайде и Р. Ригер. – М. : Тов-во науч. изд., 2008. – 516 с.

Зубаков Д. Ю. Молекулярно-филогенетическое исследование эволюционной истории байкальских моллюсков эндемичных семейств Baicaliidae и Benedictiidae (Gastropoda, Pectinibranchia) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д. Ю. Зубаков. – Новосибирск, 1999. – 17 с.

Зубина Л. В. Особенности оогенеза и полового цикла экологически различных видов байкальских коттоидных рыб (Cottidae, Abyssocottidae) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л. В. Зубина. – СПб., 1995. – 16 с.

Ижболдина Л. А. Атлас и определитель водорослей бентоса и перифитона озера Байкал (мейо- и макрофиты) с краткими очерками по их экологии / Л. А. Ижболдина. – Новосибирск : Наука-Центр, 2007. – 248 с.

Измestьева Л. Р. Опыт организации экологического мониторинга и создания ГИС / Л. Р. Измestьева, О. М. Кожова // Методология оценки состояния экосистем. – Ростов н/Д : Изд-во ЦВВР, 2000. – С. 96–117.

Измestьева Л. Р. Первичная продукция // Мониторинг фитопланктона. – Новосибирск : Наука, 1992. – С. 97–99.

Измestьева Л. Р. Пространственные особенности функционирования автотрофного звена экосистемы Байкала // Методология оценки состояния экосистем. – Ростов н/Д : Изд-во ЦВВР, 2000. – С. 25–30.

Измestьева Л. Р. Содержание хлорофилла а в водоемах байкальского региона : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л. Р. Измestьева. – Киев, 1983. – 24 с.

Измestьева Л. Р. Структура и сукцессии фитопланктона / Л. Р. Измestьева, О. М. Кожова // Долгосрочное прогнозирование состояния экосистем. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1988. – С. 97–129.

Измestьева Л. Р. Структурно-функциональные особенности летнего фитопланктона Байкала / Л. Р. Измestьева, О. М. Кожова, Н. И. Лопатина // Водные ресурсы. – 1994. – Т. 21, № 1. – С. 41–46.

Изучение состава водного бактериального сообщества озера Байкал методом гибридизации IN SITU / Н. Л. Белькова [и др.] // Микробиология. – 2003 б. – Т. 72, № 2. – С. 282–283.

Иркутск и Иркутская область : атлас. – М. : Федер. служба геодезии и картографии России, 1997. – 48 с.

Иркутская область (Природные условия административных районов) / Н. С. Беркин [и др.]. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. – 304 с.

Кайнозойские коры выветривания и осадочные формации Западного Прибайкалья / С. Ф. Павлов [и др.]. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1976. – 154 с.

Камалтынов Р. М. Сообщества амфипод южного побережья озера Байкал и их изменения под воздействием сточных вод Байкальского целлюлозно-бумажного комбината : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Р. М. Камалтынов. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1987. – 24 с.

Карабанов Е. Б. Подводные каньоны Байкала / Е. Б. Карабанов, В. А. Филалов. – Новосибирск : Наука, 1987. – 103 с.

Карасев Г. Л. Биологическое обоснование интродукции пеляди в Еравно-Харгинскую систему озер // Тез. конф. молодых ученых и специалистов СибрыбНИИпроект. – Тюмень, 1973. – С. 54–57.

Карасев Г. Л. К биологическому обоснованию акклиматизации лососи в водоемах Бурятской АССР // Материалы совещ. по рыбо-мелиоративным мероприятиям, направленным на ускоренное восстановление запасов в бассейне оз. Байкал. – Улан-Удэ, 1974 б. – С. 119–122.

Карасев Г. Л. Некоторые итоги и задачи рыбоводно-акклиматизационных работ в Забайкалье // Зоологические проблемы Сибири. – Новосибирск, 1972. – С. 243–244.

Карасев Г. Л. Проблемы исторического формирования ихтиофауны Байкальского рифта и прилежащих территорий Северной Азии // Рыбы и рыбное хозяйство Восточной Сибири : тр. Байкал. отд-ния СибрыбНИИ-проект. – Улан-Удэ, 1977. – Т. 1, вып. 1. – С. 142–174.

Карасев Г. Л. Реконструкция фауны рыб в водоемах Забайкалья // Вопр. ихтиологии. – 1974 а. – Т. 14, вып. 2 (85). – С. 191–210.

Кардашевская П. А. Исследователи Байкала / П. А. Кардашевская. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2001. – 56 с.

Карпов С. А. Система простейших: история и современность / С. А. Карпов. – СПб. : Тесса, 2004. – 72 с.

Кожов М. М. Биология озера Байкал / М. М. Кожов. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 316 с.

Кожов М. М. Животный мир озера Байкал / М. М. Кожов. – Иркутск : ОГИЗ, 1947. – С. 3–303.

Кожов М. М. К познанию планктона оз. Байкал // Изв. Биол.-геогр. ин-та при Иркут. гос. ун-те. – 1965. Т. 18, вып. 1–2. – С. 3–17.

Кожов М. М. Очерки по байкаловедению / М. М. Кожов. – Иркутск, 1972. – 254 с.

Кожов М. М. Пресные воды Восточной Сибири (бассейн Байкала, Ангары, Витима, Верхнего течения Лены и Нижней Тунгуски) / М. М. Кожов. – Иркутск : ОГИЗ, 1950. – 367 с.

Кожова О. М. Мониторинг бентоса в районе Байкальского целлюлозно-бумажного комбината / О. М. Кожова, Л. С. Кравцова // Материалы конф. «Природные ресурсы: Экология и социальная среда Прибайкалья». – Иркутск, 1995. – Т. 2. – С. 63–69.

Кожова О. М. Питание *Epischura baicalensis* Sars (Copepoda, Calanoida) на озере Байкал // ДАН СССР. – 1953. – Т. 90, № 2. – С. 299–301.

Колокольцева Э. М. Морфометрические характеристики Байкала // Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. – М. : Наука, 1968. – С. 183–188.

Кононов Е. Е. История формирования стока вод Байкала / Е. Е. Кононов, В. Д. Мац // Изв. вузов. Серия: Геология и разведка. – 1986. – № 6. – 91–98.

Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высш. шк., 1979. – 480 с.

Коряков Е. А. Данные по биологическому стоку оз. Байкал в Ангарау // Исследования гидрологического режима Байкала. – М. ; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 351–379.

Коряков Е. А. Пелагические бычковые Байкала / Е. А. Коряков. – М., 1972. – 155 с.

Кравкаль Е. Н. Листвянка – ворота Байкала : историко-географический очерк и путеводитель по поселку и его окрестностям / Е. Н. Кравкаль. – Листвянка, 2008. – 56 с.

Краснощекоев Ю. Н. Лесные почвы бассейна озера Байкал / Ю. Н. Краснощекоев. – Новосибирск : Наука, 1987. – 145 с.

Краткие результаты междисциплинарных исследований, проведенных на полигоне Березовый (Южный Байкал) за период 2000–2007 гг. с акцентом на разнообразие, продуктивность бентоса мелководной зоны озера и основные факторы их определяющие / О. А. Тимошкин [и др.] // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле : докл. науч.-практ. конф. (18–20 марта, 2008 г., п. Листвянка Иркутской обл.). – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – С. 344–357.

Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья / В. А. Кузьмин. – Новосибирск, 1988. – 175 с.

Кузьмин М. И. Горообразующие процессы и вариации климата в истории Земли / М. И. Кузьмин, В. В. Ярмолюк // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 1. – С. 7–25.

Кузьмин М. И. Обручевский сброс в Байкальской впадине как объект исследования наук о Земле / М. И. Кузьмин, Б. Ф. Лут, П. П. Шерстянкин // География и природные ресурсы. – Иркутск, 2004. – № 2. – С. 35–39.

Ладейщиков Н. П. Особенности климата крупных озер (на примере Байкала) / Н. П. Ладейщиков. – М. : Наука, 1982. – 137 с.

Ламакин В. В. По берегам и островам Байкала / В. В. Ламакин. – М. : Наука, 1965. – 191 с.

Ледовые сообщества Байкала / Г. С. Бордонский [и др.] // Природа. – 2003. – № 7. – С. 23–24.

Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала / отв. ред. Н. А. Флоренсов. – Новосибирск : Наука, 1977. – 312 с.

Лисицин А. П. Процессы терригенной седиментации в морях и океанах / А. П. Лисицин. – М. : Наука, 1991. – 270 с.

Литвинов А. Г. Экология ротана-головешки (*Perccottus glehni* Dyb.) в бассейне озера Байкал и его влияние на промысловых рыб : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 1993. – 25 с.

Литоология третичных отложений впадин юго-западной части Байкальской рифтовой зоны / В. Н. Мазилев [и др.]. – М. : Наука, 1972. – 120 с.

Логачев Н. А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. – М., 2003. – Т. 44, № 5. – С. 391–406.

Логачев Н. А. Строение и стадии развития Байкальского рифта / Н. А. Логачев, Ю. А. Зорин // Докл. 27-го Междунар. геол. конгр. – М. : Наука, 1984. – Т. 7: Тектоника. – С. 126–134.

Локализация землетрясений и средние характеристики земной коры в некоторых районах Прибайкалья / Н. А. Гилева [и др.] // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41, № 5. – С. 629–636.

Ломоносов И. С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны / И. С. Ломоносов. – Новосибирск : Наука, 1974. – 165 с.

Лукин Е. И. Пиявки пресных и солоноватых вод. (Фауна СССР. Новая серия № 109) / Е. И. Лукин. – Л. : Наука, 1976. – 484 с.

Лут Б. Ф. Геоморфология дна Байкала и его берегов / Б. Ф. Лут. – М. : Наука, 1964. – С. 5–123.

Лут Л. И. Типовые байкальские ветры и их устойчивость // Климатические ресурсы Байкала и его бассейна. – Новосибирск : Наука, 1976. – С. 31–49.

Лямман Э. М. Паразитические черви озера Байкал // Тр. Байкал. лимнол. ст., 1933. – Т. 4. – С. 5–98.

Лямкин В. Ф. Земноводные (Amphibia) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал. – Новосибирск : Наука, 2004 а. – Т. 1, кн. 2. – С. 1051–1056.

Лямкин В. Ф. Кадастр особо охраняемых территорий и памятников природы Иркутской области / В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 1999. – 149 с.

Лямкин В. Ф. Млекопитающие (Mammalia) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал. – Новосибирск : Наука, – 2004 в. – Т. 1, кн. 2. – С. 1199–1251.

Лямкин В. Ф. Пресмыкающиеся (Reptilia) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал. – Новосибирск : Наука, 2004 б. – Т. 1, кн. 2. – С. 1057–1061.

Ляхова И. Г. Уникальность и природоохранное значение болот юго-восточного Прибайкалья // Природопользование в бассейне озера Байкал. – Иркутск, 1988. – С. 61–66.

Мазепова Г. Ф. О современном состоянии изученности фауны Байкала // Новое о фауне Байкала. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1975. – Ч. 1. – С. 4–30.

Мазепова Г. Ф. Ракушковые рачки (Ostracoda) Байкала / Г. Ф. Мазепова. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1990. – 472 с.

Мазепова Г. Ф. Фауна, ее особенности, происхождение и эволюция // Проблемы Байкала. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1978. – С. 181–193.

Макрозообентос субаквальных ландшафтов мелководной зоны Южного Байкала. 1. Локальное разнообразие донного населения и осо-

бенности его пространственного распределения / Л. С. Кравцова [и др.] // Зоол. журн. – 2003 а. – Т. 82, № 3. – С. 307–317.

Макрозообентос субаквальных ландшафтов мелководной зоны Южного Байкала. 2. Структура сообществ макробеспозвоночных животных / Л. С. Кравцова [и др.] // Зоол. журн. – 2003 б. – Т. 82, № 5. – С. 547–557.

Максименко С. Ю. Изучение структуры бактериопланктона методом гибридизации *in situ* (FISH) в районе приповерхностного залегания газовых гидратов оз. Байкал (март 2003 г.) / С. Ю. Максименко, Т. И. Земская // Материалы науч. конф. молодых ученых «Современные проблемы геохимии». – Иркутск, 2004. – С. 69–70.

Максимов В. Н. Микробиологическая характеристика донных отложений в районах впадения крупных рек Северного Байкала / В. Н. Максимов, А. Р. Рудых, Э. А. Максимова // Микробиология. – 1984. – Т. 53, вып. 4. – С. 690–693.

Максимова Н. В. Рост байкальской эндемичной улитки *Maackia herdehana* (Lindholm, 1909) (Caenogastropoda: Baicaliidae) / Н. В. Максимова, Т. Я. Ситникова, И. Б. Мизандронцев // Зоология беспозвоночных. – 2007. – № 4(1). – С. 45–63.

Максимова Э. А. Микробиология вод Байкала / Э. А. Максимова, В. Н. Максимов. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1989. – 168 с.

Маликов Н. Г. Оценка времени дивергенции тюленей *Phoca vitulina*, *Phoca largha* и *Phoca sibirica* от общего предкового вида / Н. Г. Маликов, М. А. Грачев, Н. П. Мертвецов // Журн. эволюционной биохимии и физиологии. – 1997. – Т. 33, № 2. – С. 252–254.

Малышев Л. И. Вертикальное распределение растительности на побережье северного Байкала / Л. И. Малышев // Изв. Вост.-Сиб. филиала АН СССР. – 1957. С. 113–121.

Мартинсон Г. Г. Мезозойские и кайнозойские моллюски континентальных отложений сибирской платформы Забайкалья и Монголии // Тр. Байкал. лимнол. ст. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1961. – 332 с.

Мартинсон Г. Г. Палеогеновый этап развития крупных озер Северо-Восточной Азии и их малакофауна // Геология и геофизика. – 1998. – Т. 39, № 3. – С. 279–286.

Мартинсон Г. Г. Проблема происхождения фауны Байкала // Зоол. журн. – 1967. – Т. 46, вып. 10. – С. 1597–1598.

Матвеев А. Н. Систематический состав фауны / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок // Рыбы озера Байкал и его бассейна. – Улан-Удэ, 2007. – С. 27–33.

Мац В. Д. Геологическое развитие Байкальского региона и формирование уникального биоразнообразия Байкала / В. Д. Мац, Д. Ю. Щербаков // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. – Новосибирск : Изд-во СО РАН. – 2008. – С. 155–175.

Мац В. Д. Кайнозой Байкальской впадины : дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / В. Д. Мац. – Иркутск, 1986. – Т. 1. – 523 с.

Мац В. Д. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины. Строение и геологическая история / В. Д. Мац, Г. Ф. Уфимцев, М. М. Мандельбаум. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 249 с.

Мельник Н. Г. Распределение *M. branickii* и некоторые особенности его экологии / Н. Г. Мельник, О. А. Тимошкин, В. Г. Сиделева // Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала. – Новосибирск : Наука, 1995. – С. 511–522.

Мельхеев М. Н. Географические названия Восточной Сибири / М. Н. Мельхеев. – Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1969. – 121 с.

Мельхеев М. Н. По берегам Байкала / М. Н. Мельхеев. – Иркутск, 1977. – 160 с.

Механикова И. В. Гаммариды (Amphipoda: Gammaridae) в бентосе реки Ангарты и ее водохранилищ : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И. В. Механикова. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1981. – 24 с.

Миклашевская Л. Г. Материалы к познанию продуктивности дна Байкала // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР. – 1935. – Т. 6. – С. 99–198.

Микробиологическое наследие XX века. Ч. 1. Итоги изучения Байкала-Ангарты-Енисейской экосистемы / Т. П. Виноградова [и др.]. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. – 93 с.

Михайлов В. Н. Гидрология / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольская, С. А. Добролюбов. – М. : Высш. шк., 2005. – 463 с.

Мишарина Л. А. Соотношение распределения сейсмичности в Байкальской рифтовой зоне с блоковым строением земной коры / Л. А. Мишарина, А. В. Солоненко // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 236–241.

Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. РСФСР. Бассейн Байкала. – Л. : Гидрометеиздат, 1986. – Т. 1, вып. 14. – 363 с.

Моложников В. Н. Растительные сообщества Прибайкалья / В. Н. Моложников. – Новосибирск : Наука, 1986. – 271 с.

Морфологический анализ аэробных микроорганизмов в керне глубокого бурения (озеро Байкал) / И. С. Андреева [и др.] // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 1–2. – С. 220–230.

Морфо-физиологические и экологические исследования байкальской нерпы. – Новосибирск : Наука, 1982. – 151 с.

Москаленко Б. К. Биологическая продуктивность пелагиали Байкала // Второе совещ. по вопросам круговорота вещества и энергии в озерных водоемах. – Лиственичное-на-Байкале. – 1969. – Ч. 1. – С. 5–6.

Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. – М. : Наука, 1974.

Натяганова А. В. Между двух камней // Материалы конф. «Современные проблемы биологической эволюции. К 100-летию Дарвиновского музея» (Москва, 17–20 сентября 2007 г.). – М., 2007. – С. 237–239.

Наумова Т. В. Морфология, кариотипы и распространение планарий рода *Bdellocephala* de Man, 1875 (*Plathelminthes*, *Tricladida*, *Paludicola*) Хабаровского края / Т. В. Наумова, О. А. Новикова, О. А. Тимошкин // Зоол. журн. – 2002. – № 81(11). – С. 1299–1308.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3, Многолетние данные. – Ч. 1–6, вып. 22. – Л. : Гидрометеиздат, 1991. – 604 с.

Нефть в озере мирового наследия / О. М. Хлыстов [и др.] // Докл. Академии наук. – 2007. – Т. 414, № 5. – С. 656–659.

Никитин В. М. Закономерности количественного распределения бактерионеистона и бактериопланктона Байкала // Микроорганизмы в экосистемах озер и водохранилищ. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 23–33.

Николаева Е. П. Некоторые данные к биологии размножения пелагического байкальского бокоплава *Macrohectopus branickii* Dyb. // Изв. Биол.-геогр. НИИ при Иркут. гос. ун-те. – 1967. – Т. 20. – С. 28–33.

Никольский Г. В. О биологической специфике фаунистических комплексов и значении их анализа для зоогеографии // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М. ; Л., 1953. – С. 65–76.

Новикова О. А. Кариотипы, эволюция и родственные отношения представителей родов *Geocentrophora* de Man и *Bdellocephala* de Man (*Plathelminthes*, *Turbellaria*) из озера Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук / О. А. Новикова. – Владивосток, 2004. – 24 с.

Оболкина Л. А. *Ciliophora* // Атлас и определитель пелагобионтов Байкала. – Новосибирск : Наука, 1995. – С. 182–250.

Оболкина Л. А. О находке криофильного сообщества в озере Байкал / Л. А. Оболкина, Н. А. Бондаренко, Л. Ф. Дорошенко // Докл. РАН. – 2000. – Т. 371, № 6. – С. 815–817.

Обручев В. А. Мои путешествия по Сибири / В. А. Обручев. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1948. – 250 с.

Одум Ю. Экология / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.

Оледенения и межледниковья Сибири – палеоклиматическая запись из озера Байкал и ее корреляция с западно-сибирской стратиграфией (эпоха прямой полярности Брюнес) / Е. Б. Карабанов [и др.] // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 1–2. – С. 48–63.

Островская Р. М. Полиплоидные моллюски как сигнальные организмы в отношении экологической ситуации на Байкале // Проблемы экологии. Чтения памяти профессора М. М. Кожова : материалы междунар. конф. / Р. М. Островская, Ю. Н. Яковлева, Л. Н. Новикова. – Новосибирск : Наука, 1995. – С. 78–90.

Охрана озера Байкал и обеспечение рационального природопользования в Байкальском регионе : ежегодный доклад правительственной комиссии по Байкалу 1998 год. – М., 1999. – 227 с.

Павлов Б. К. Экология, основные объекты, экологический подход к оценке состояния экосистемы // Методология оценки состояния экосистем. – Ростов н/Д : Изд-во ООО «ЦВВР», 2000. – С. 4–10.

Павловский Е. Н. Учение о биоценозах в приложении к некоторым паразитологическим проблемам // Изв. АН СССР, биол. сер. – 1937. – Вып. 4. – С. 1388–1422.

Палеогеографическая основа современных ландшафтов. – М. : Наука, 1994. – 205 с.

Палеолимнологические реконструкции (Байкальская рифтовая зона) / С. М. Попова [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1989. – 111 с.

Парфенова В. В. Количественная характеристика и сезонная динамика микроорганизмов, мобилизующих фосфаты в воде Байкала // Микроорганизмы в экосистемах озер и водохранилищ. – Новосибирск : Наука, 1985. – С. 42–55.

Пастухов В. Д. Байкальская нерпа как последнее звено в продукции пелагиали озера // Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. – М. : Наука, 1967. – С. 243–252.

Пастухов В. Д. Возрастно-весовая характеристика голомянок и пелагических бычков, составляющих питание байкальской нерпы / В. Д. Пастухов, Г. В. Стариков, С. А. Шалашов // Вопр. ихтиологии. – 1969. – Т. 9, вып. 6 (59). – С. 1077–1088.

Пастухов В. Д. Многолетние исследования фитопланктона и нерпы Байкала как основа биологического мониторинга / В. Д. Пастухов, Г. И. Поповская // Тез. докл. V Всесоюз. совещ. лимнологов. – Иркутск, 1981. – С. 152–154.

Пастухов В. Д. Нерпа Байкала / В. Д. Пастухов. – Новосибирск : Наука, 1993. – 271 с.

Пастухов В. Д. Нерпа как индикатор состояния рыбных ресурсов Байкала / В. Д. Пастухов, А. П. Гладыш // Тез. докл. V Всесоюз. совещ. лимнологов. – Иркутск, 1981. – С. 150–152.

Пастухов В. Д. Особенности продуцирующей системы Байкала / В. Д. Пастухов, Г. И. Поповская // Лимнология горных водоемов. – Ереван, 1984. – С. 233–234.

Петров Е. А. Байкальская нерпа: эколого-эволюционный аспект : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Е. А. Петров. – Улан-Удэ, 2003. – 38 с.

Писарский Б. И. Закономерности формирования подземного стока бассена озера Байкал. – Новосибирск : Наука, 1987. – 155 с.

Подводные ландшафты Байкала / Е. Б. Карабанов [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1990. – 183 с.

Подражанский А. М. Вижу дно Байкала / А. М. Подражанский. – Л. : Гидрометеиздат, 1982. – 151 с.

Помазкина Г. В. Бентосные Bacillariophyta в Южном Байкале (Россия) / Г. В. Помазкина, Е. В. Радионова // Альгология. – 2004. – Т. 14, № 1. – С. 62–71.

Помазкина Г. В. Микробентос Южного Байкала (Россия) / Г. В. Помазкина, Е. В. Радионова, О. Ю. Мушникова // Альгология. – 2008. – Т. 18, № 2. – С. 160–172.

Попов В. В. Птицы (Aves) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал. – Новосибирск : Наука. – 2004. – Т. 1, кн. 2. – С. 1062–1198.

Попова С. М. Кайнозойская континентальная малакофауна юга Сибири и сопредельных территорий (систематический состав, биоистратиграфия, история малакофауны, палеолимнология) / С. М. Попова. – М. : Наука, 1981. – 187 с.

Попова С. М. Кайнозойские континентальные моллюски Сибири, юга Советского Дальнего Востока и сопредельных территорий Монголии // Геология и геофизика. – 1971. – № 9. – С. 23–30.

Попова С. М. Кайнозойские моллюски юга Восточной Сибири как показатели возраста и условий накопления осадков // Вопр. малакологии Сибири. – Томск, 1969. – С. 78–80.

Поповская Г. И. Диатомовые водоросли планктона озера Байкал / Г. И. Поповская, С. И. Генкал, Е. В. Лихошвай. – Новосибирск : Наука, 2002. – 168 с.

Поповская Г. И. Сток фитопланктона притоков озера Байкал // Проблемы экологии Прибайкалья : тез. докл. к Республ. совещ. (Иркутск, 10–13 сент. 1979). – Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1979. – Секция 1: Продуктивность водных экосистем. – С. 101–103.

Поповская Г. И. Фитопланктон Байкала и его многолетние изменения : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Г. И. Поповская. – Новосибирск, 1991. – 32 с.

Поповская Г. И. Фитопланктон глубочайшего озера мира // Тр. ЗИН АН СССР. – 1987. – Т. 172. – С. 107–115.

Предбайкалье и Забайкалье. – М. : Наука, 1965. – 343 с.

Природопользование и охрана среды в бассейне Байкала / А. В. Мартынов [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1990. – 224 с.

Проблемы Байкала. – Новосибирск : Наука, 1978. – 295 с.

Проблемы нефтегазоносности кайнозойских впадин Байкальской рифтовой системы / В. П. Исаев [и др.] // Геология и полезные ископаемые Восточной Сибири. – Иркутск, 2005. – С. 64–70.

Проблемы прогнозирования экологических систем / под ред. О. М. Кожовой, Я. Я. Ащепковой. – Новосибирск : Наука, 1982. – 127 с.

Провиз В. И. Атлас и определитель личинок хирономид рода *Sergentia* из озера Байкал / В. И. Провиз, Л. И. Провиз. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. – 101 с.

Пронин Н. М. Акклиматизационно-интродукционные работы в бассейне озера Байкал и изменения паразитологической ситуации // Новое в борьбе с инвазионными болезнями рыб в условиях промышленного рыбоводства : тез. докл. Всесоюз. совещ. по инвазионным болезням рыб (г. Москва, 31 октября – 4 ноября 1977 г.). – М. : ВАСХНИЛ, 1977. – С. 80–82.

Пронин Н. М. Об экологических последствиях акклиматизационных работ в бассейне озера Байкал // Биологические ресурсы Забайкалья и их охрана. – Улан-Удэ : Изд-во Бурят. филиала СО АН СССР, 1982. – С. 3–18.

Пронин Н. М. Экологические и микроморфологические аспекты взаимоотношений в паразитарных системах миксоспоридии-рыбы / Н. М. Пронин, С. В. Пронина // Паразитология. – 1986. – Т. 20. – С. 169–173.

Пронина С. В. Взаимоотношения в системах гельминты – рыбы / С. В. Пронина, Н. М. Пронин. – М. : Наука, 1988. – 176 с.

Пугачев О. Н. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О. Н. Пугачев. – СПб., 1999. – 50 с.

Пугачев О. Н. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии / О. Н. Пугачев. – Л. : Наука, 1984. – 155 с.

Путь познания Байкала / Э. Л. Афанасьева [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1987. – 304 с.

Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле : материалы науч.-практ. конф. / отв. ред. О. Т. Русинек, В. А. Фиалков. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – 564 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л., 1972. – Т. 16, вып. 2. – 595 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л., 1972. – Т. 16, вып. 3. – 400 с.

Ринчино В. Л. Эколого-морфологическое изучение *Syathocephalus truncatus* (Pallas, 1781) (Cestoda: Pseudophyllidea) – паразита рыб оз. Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. Л. Ринчино. – М. : ВИГИС, 1987. – 20 с.

Россолимо Л. Л. Температурный режим озера Байкал // Тр. / Байкальская лимнол. ст. – 1957. – Т. XVI. – 551 с.

Русинек О. Т. История формирования паразитофауны рыб озера Байкал // Паразитология. – 2006. – Т. 40, № 3. – С. 275–289.

Русинек О. Т. О цестодах рода *Proteocephalus* – паразитах рыб озера Байкал // Паразитология. – 1987. – Т. 21, № 2. – С. 127–133.

Русинек О. Т. О цикле развития *Nippotaenia mogurndae* (Cestoda, Nippotaeniidae) – паразита ротана-головешки из дельты реки Селенги // Биопродуктивность, охрана и рациональное использование сырьевых

ресурсов рыбохозяйственных водоемов Восточной Сибири. – Улан-Удэ, 1989 б. – С. 60–62.

Русинек О. Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования) / О. Т. Русинек. – М. : Товарищество научных изданий, 2007. – 571 с.

Русинек О. Т. Цикл развития *Proteocephalus thymalli* (Cestoda: Proteocephalidae) – паразита сибирского хариуса озера Байкал // Паразитология. – 1989 а. – Т. 23, вып. 6. – С. 518–523.

Рященко С. В. Участок всемирного природного наследия «Озеро Байкал» в международном и национальном измерениях // Волна. – 2007, № 1 (45). – С. 40–43.

Савенкова Т. П. Охраняемые природные территории бассейна озера Байкал / Т. П. Савенкова. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2001. – 185 с.

Сасаки Х. Малая генетическая вариабельность генома митохондриальной ДНК байкальской нерпы *Phoca sibirica* / Х. Сасаки, Е. Петров, К. Нумачи // Байкал – природная лаборатория для исследования изменений окружающей среды и климата : тез. докл. Междунар. конф. (Иркутск, 11–17 мая 1994 г.). – Иркутск, 1994. – Ч. 5. – С. 66.

Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / под ред. В. П. Солоненко. – Новосибирск : Наука, 1977. – 302 с.

Семенова Е. А. Изучение видового разнообразия пикопланктона озера Байкал путем сравнительного анализа 5'-концевых участков генов 16S рРНК / Е. А. Семенова, К. Д. Кузнецов // Молекулярная биология. – 1998. – Т. 32, № 5. – С. 895–901.

Семенова Е. А. Разнообразие нуклеотидных последовательностей фрагмента гена 16S рРНК цианобактерий пикопланктона озера Байкал из природных образцов и лабораторных культур / Е. А. Семенова, К. Д. Кузнецов, М. А. Грачев // Молекулярная биология. – 2001. – Т. 35, № 3. – С. 477–483.

Семерной В. П. Олигохеты озера Байкал / В. П. Семерной. – Новосибирск : Наука, 2004. – 527 с.

Сиделева В. Г. Карликовые формы у *Abyssocottus korotneffi* Berg // Новое о фауне Байкала / В. Г. Сиделева. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1985. – Вып. 1. – С. 83–85.

Сиделева В. Г. Рыбы (Pisces). Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Озеро Байкал / В. Г. Сиделева. – Новосибирск : Наука, 2004. – Т. 1, кн. 2. – Ч. 5. – С. 1023–1050.

Сиделева В. Г. Сейсмосенсорная система и экология байкальских подкаменщиков рыб / В. Г. Сиделева. – Новосибирск : Наука, 1982. – 152 с.

Сиделева В. Г. Эндемичная ихтиофауна Байкала, ее происхождение и условия существования : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В. Г. Сиделева. – СПб., 1993. – 40 с.

Сильные землетрясения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.seis-bykl.ru/~modules.php?name=Seismo_vz (17.08.2008).

Ситникова Т. Я. О глубоководных карликах и гигантах среди байкальских эндемичных гастропод / Т. Я. Ситникова, М. Н. Шимараев // Журн. общей биологии. – 2001. – № 62 (3). – С. 226–238.

Ситникова Т. Я. Переднежаберные брюхоногие моллюски (Gastropoda: Prosobranchia) Байкала: морфология, таксономия, биология, формирование фауны) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – СПб., 2004. – 45 с.

Сковитина Т. М. Раннепалеозойские коллизийные структуры в современном рельефе Ольхонского региона (Байкальская рифтовая система) / Т. М. Сковитина, В. С. Федоровский // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 9. – С. 903–915.

Смирнов В. В. Микроэволюция сиговых рыб озера Байкал / В. В. Смирнов, Л. В. Суханова, Н. С. Смирнова-Залуми // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле : науч.-практ. конф. (п. Листвянка Иркутской области, 18–20 марта 2008 г.). – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – С. 415–424.

Смирнов В. В. Омули Байкала / В. В. Смирнов, И. П. Шумилов. – Новосибирск : Наука, 1974. – 160 с.

Смирнов В. В. Экология байкальского омуля *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В. В. Смирнов. – Екатеринбург, 1997. – 42 с.

Смирнов Н. Н. Chydoridae фауны мира // Фауна СССР. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1971. – Т. 1, вып. 2 : Ракообразные. – 529 с.

Смирнова-Залуми Н. С. Структура нерестового стада и уровень воспроизводства посольской популяции омуля // Биол. продуктивность пелагиали Байкала и ее изменчивость : тр. Лимнол. ин-та СО АН СССР, 1977. – Т. 19 (39). – С. 155–166.

СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – М. : Госстрой России, 2000.

Соболев Г. А. Перспективы прогноза землетрясений // Проблемы геофизики XXI века. – М. : Наука, 2003. – Кн. 2. – С. 158–179.

Соколов В. А. Методические аспекты рыбохозяйственного мониторинга состояния запасов байкальского омуля / В. А. Соколов, Л. Ф. Калягин // Состояние и проблемы искусственного воспроизводства рыбных запасов байкальского региона : сб. докл. – Улан-Удэ : ЭКОС, 2008. – С. 95–96.

Соколова Ю. А. Снижение активности эстераз – специфическая черта патогенеза при микроспоририозах насекомых? / Ю. А. Соколова,

О. В. Сундуков // Взаимоотношения паразита и хозяина : тез. докл. Всерос. науч. конф. (г. Москва, 8–10 дек. 1998 г.). – М., 1998. – С. 61.

Сокольников В. М. Течения и водообмен в Байкале / В. М. Сокольников // Элементы гидрометеорологического режима озера Байкал : Тр. / Лимнол. ин-т СО АН СССР. – М. ; Л. : Наука, 1964. – Т. 5 (XXV). – С. 5–21.

Сочава В. Б. Географические аспекты сибирской тайги / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1980. – 255 с.

Спиглазов Л. П. Размерная структура планктонного микробиоценоза в пелагиали Байкала / Л. П. Спиглазов, Ю. С. Куснер, В. А. Сафарова // Докл. РАН. – 1992. – Т. 323, № 2. – С. 358–361.

Справочник по климату СССР. – Л. : Гидрометеиздат, 1968 а. – Вып. 22, ч. 2. – 290 с.

Справочник по климату СССР. – Л. : Гидрометеиздат, 1968 б. – Вып. 22, ч. 4. – 270 с.

Старобогатов Я. И. Процесс видообразования в гигантских озерах / Я. И. Старобогатов, Т. Я. Ситникова // Экологические исследования Байкала и Байкальского региона. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1992. – Ч. 1. – С. 18–53.

Старобогатов Я. И. Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов / Я. И. Старобогатов. – Л. : Наука, 1970. – 371 с.

Страхов Н. М. Основы теории литогенеза / Н. М. Страхов. – М., 1960–1962. – Т. 1–3.

Стрелков Ю. А. Итоги работ Амурской ихтиопаразитологической экспедиции 1957–1959 гг. / Ю. А. Стрелков, С. С. Шульман // Вопр. ихтиологии. – 1964. – Т. 4, вып. 1. – С. 162–177.

Стрелков Ю. А. Эколого-фаунистический анализ паразитов рыб Амура / Ю. А. Стрелков, С. С. Шульман // Паразитологический сборник. – 1971. – Т. 25. – С. 196–305.

Структура биоты водных экосистем / ред. Н. М. Пронин. – Новосибирск : ГЕО, 2006. – 256 с.

Суханова Л. В. Происхождение сиговых рыб оз. Байкал: молекулярно-филогенетическая реконструкция / Л. В. Суханова, В. В. Смирнов, С. В. Кирильчик // Исследования по ихтиологии и смежным дисциплинам на внутренних водоемах в начале XXI века : сб. науч. тр. ФГНУ «ГосНИОРХ». – Вып. 337. – СПб., 2007. – С. 366–379.

Сычевская Е. К. Роль Берингийской суши в расселении щуковидных // Берингия в кайнозое. – Владивосток, 1976. – С. 242–258.

Талиев Д. Н. Бычки-подкаменщики Байкала (Cottoidei) / Д. Н. Талиев. – М., Л. : Изд-во АН СССР, 1955. – 603 с.

Талиев Д. Н. К вопросу о причинах и темпах дивергентной эволюции байкальских Cottoidei // Тр. Байкал. лимнол. ст. – 1948. – Т. 12. – С. 107–158.

Таничев А. И. Свободноживущие жгутиковые / А. И. Таничев, Н. А. Бондаренко // Атлас и определитель пелагиобионтов Байкала. – Новосибирск : Наука, 1995. – С. 146–181.

Тарасова Е. Н. Современное состояние гидрохимического режима озера Байкал / Е. Н. Тарасова, А. И. Мещерякова ; под ред. Г. И. Галазия. – Новосибирск : Наука, 1992. – 143 с.

Тармаханов Г. Д. Сравнительный анализ фауны диплостомид моллюсков, рыб и водоплавающих птиц бассейна оз. Байкал / Г. Д. Тармаханов, А. В. Некрасов, Д. Жаткамбаева // Паразиты и болезни гидробионтов ледовитоморской провинции. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 107–111.

Тахтеев В. В. Байкал: природа и люди : энциклопед. справочник / В. В. Тахтеев, Л. С. Кравцова, Г. Л. Окунева. – Улан-Удэ, 2009 (в печати).

Тахтеев В. В. Море загадок. Рассказы об оз. Байкал / В. В. Тахтеев. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2001. – 160 с.

Тахтеев В. В. Некоторые данные по биологии и экологии байкальских паразитических бокоплавов рода *Pachyschesis* (Amphipoda, Gammaridae) / В. В. Тахтеев, И. В. Механикова // Зоол. журн. – 1993. – Т. 72, вып. 4. – С. 18–28.

Тахтеев В. В. Очерки о бокоплавах озера Байкал. Систематика, сравнительная экология, эволюция / В. В. Тахтеев. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2000. – 355 с.

Тахтеев В. В. Характеристика донного населения глубинной зоны Байкала / В. В. Тахтеев, Л. Н. Снимщикова, Г. Л. Окунева // Экология. – 1993. – № 6. – С. 60–68.

Тимошкин О. А. Озеро Байкал: разнообразие фауны, проблемы ее несмешиваемости и происхождения, экология и «экзотические» сообщества // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал. – Новосибирск : Наука. – 2001. – Т. 1, кн. 1. – С. 16–73.

Тимошкин О. А. Состав и происхождение фауны Turbellaria (Plathelminthes) озера Байкал : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О. А. Тимошкин. – СПб., 2005. – 48 с.

Типы лесов гор Южной Сибири. – Новосибирск : Наука, 1980. – 334 с.

Тюлина Л. Н. Влажный прибайкальский тип поясности растительности / Л. Н. Тюлина. – Новосибирск : Наука, 1976. – 320 с.

Тютрина Л. И. К вопросу о биологическом загрязнении ихтиоценоза о. Байкал // Проблемы экологии Прибайкалья : тез. докл. конф. (г. Иркутск, 5–10 сентября 1988). – Иркутск, 1988. – Ч. 3. – С. 149.

Уфимцев Г. Ф. Геоморфологическая практика в Прибайкалье / Г. Ф. Уфимцев. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 1995. – 148 с.

Уфимцев Г. Ф. Морфотектоника Байкальской рифтовой зоны / Г. Ф. Уфимцев. – Новосибирск: Наука, 1992. – 216 с.

Уфимцев Г. Ф. Морфотектоника восточного побережья Байкала / Г. Ф. Уфимцев // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40, № 1. – С. 19–27.

Уфимцев Г. Ф. Озера вокруг Байкала / Г. Ф. Уфимцев, А. А. Щетников, Б. П. Агафонов // Изв. Рус. геогр. о-ва, 1998. – Вып. 4. – С. 36–46.

Уфимцев Г. Ф. Парадокс байкальской геодинамики // Природа. – 1996. – № 8. – С. 88–90.

Ушаков С. А. Дрейф материков и климаты Земли / С. А. Ушаков, Н. А. Ясаманов. – М. : Мысль, 1984. – 206 с.

Флоренсов Н. А. Байкальская рифтовая зона и некоторые задачи ее изучения // Байкальский рифт. – М. : Наука, 1968. – С. 40–57.

Флоренсов Н. А. История озера // Проблемы Байкала. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1978. – С. 9–17.

Фрадкина А. Ф. Выделение отложений времени климатического оптимума миоцена на Северо-Востоке СССР по палинологическим данным / А. Ф. Фрадкина, Л. П. Жарикова // Проблемы современной палинологии. – Новосибирск : Наука, 1984. – С. 136–139.

Характеристика биоразнообразия микробного сообщества водной толщи озера Байкал / Н. Л. Белькова [и др.] // Микробиология. – 2003 а. – Т. 72, № 2. – С. 239–249.

Цейтлин Б. С. Водный баланс озера Байкал // Тр. / III Всероссийский гидрологический съезд. – Т. IV. Секция озер и водохранилищ. – 1959. – С. 184–192.

Цыбжитов Ц. Х. Почвы бассейна озера Байкал / Ц. Х. Цыбжитов, А. Ц. Цыбжитов. – Т. 2. Генезис, география и классификация степных и лесостепных почв. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. – 165 с.

Цыбжитов Ц. Х. Почвы бассейна озера Байкал / Ц. Х. Цыбжитов, А. Ц. Цыбжитов. Т. 3. Генезис, география и классификация таежных почв. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2000. – 173 с.

Цыбжитов Ц. Х. Почвы бассейна озера Байкал / Ц. Х. Цыбжитов, Ц. Ц. Цыбикдоржиев, А. Ц. Цыбжитов. – Т. 1. Генезис, география и классификация каштановых почв. – Новосибирск : Наука, 1999. – 128 с.

Черепанов В. В. Сообщества абиссали Южного Байкала и их количественная структура // Зоол. журн. – 1970. Т. 49, вып. 1. – С. 11–23.

Черепанов В. В. Экологическая структура и продуктивность донного населения // Проблемы Байкала. – Новосибирск : Наука, 1978. – С. 199–216.

Черешнев И. А. Сравнительная краниология омулей Голарктики // Биология и биотехника разведения сиговых рыб. – СПб. : ГосНИОРХ, 1994. – С. 157–160.

Черкасов А. Е. Водные ресурсы рек бассейна Байкала, их использование и охрана / А. Е. Черкасов. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1973. – 194 с.

Швецов Ю. Г. Млекопитающие бассейна озера Байкал / Ю. Г. Швецов, С. Н. Смирнов, Г. И. Монахов. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1984. – 256 с.

Шедько С. В. О скорости эволюции митохондриальной ДНК лососевых рыб // Журн. эволюционной биохимии и физиологии. – 1991. – Т. 27 (2). – С. 249–254.

Шерстянкин П. П. Байкал, питьевая вода, устойчивое развитие: сегодня и в XXI веке // Химия в интересах устойчивого развития. – 1987. – С. 443–451.

Шерстянкин П. П. Почему глубинная вода в Байкале чистая // Исток : водохозяйственная газета. – 2000. – № 2 (16).

Шимараев М. Н. Процессы обмена и распределение микроорганизмов в глубинной зоне озера Байкал / М. Н. Шимараев, В. В. Парфенова, Т. Я. Косторнова // ДАН. – 2000. – Т. 372, № 1. – С. 138–141.

Шимараев М. Н. Тенденция изменения абиотических условий в Байкале в современный период / М. Н. Шимараев, Л. Н. Куимова, В. Н. Синюкович // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле : материалы науч.-практ. конф. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – С. 311–318.

Штевнева А. И. Активность бактериальных процессов в донных отложениях южной части Байкала / А. И. Штевнева, Н. Д. Судакова // Микробиология. – 1986. – Т. 55, № 5. – С. 839–845.

Штегман Б. К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1938. – Т. 1, вып. 2. – С. 1–156.

Шульман С. С. Класс микроспоридий мировой фауны / С. С. Шульман, З. С. Донец, А. А. Ковалева. – СПб. : Наука, 1997. – 578 с.

Эволюция Земли в летописи Байкала / А. А. Бухаров [и др.] // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – С. 88–101.

Экологическое зонирование Байкальской природной территории. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2002. – 36 с.

Яковлев В. Н. История формирования фаунистических комплексов пресноводных рыб // Вопр. ихтиол. – 1964. – Т. 4, вып. 1 (30). – С. 10–32.

Яковлев В. Н. Распространение пресноводных рыб неогена Голарктики и зоогеографическое районирование // Вопр. ихтиол. – 1961. – Т. 1, вып. 2. – С. 209–220.

Янтер Н. Н. Водный баланс озера Байкал в период зарегулированного режима // Тр. 5-го Всесоюз. гидролог. съезда. – Т. 8. Озера и водохранилища. – 1990. – С. 161–169.

Ясаманов Н. А. К вопросу о глобальных изменениях температурного режима земной поверхности в кайнозое // Изв. АН СССР. – Сер. геол. – 1982. – № 10. – С. 106–110.

Ясницкий В. Н. Явление гигантизма во флоре озера Байкал // Изв. Биол.-геогр. НИИ при Иркут. ун-те. – 1952. – Т. 13, вып. 2. – С. 3–8.

A new bathymetric map of Lake Baikal. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [<http://www.lin.irk.ru/~intas/~index.htm> 21.08.08].

Banarescu P. A critical updated checklist of Gobioninae (Pisces, Cyprinidae) // Trav. Mus. His. Natur. “Cirigore Antipa”. – 1992. – Vol. 32. – P. 303–330.

Banarescu P. Remarks of the genus *Xenocypris* (Pisces, Cyprinidae) with discription of a new subspecies // Rev. Roum. Biol. Zool. – 1970. – Vol. 15, N 6. – P. 395–402.

Chepelle G. Baikalian gammarids: a key for understanding polar gigantism / G. Chepelle, L. S. Peck // Biodiversity and dynamics of ecosystems in North Eurasia. – Novosibirsk, 2000. – P. 171–173.

Evidence from Lake Baikal from Siberian Glaciation during Oxygen-Isotope Substage 5d / E. V. Karabanov [et al.] // Quaternary Research. – 1998. – N 50. – P. 46–55.

Extant fauna of ancient carbon / M. Grachev [et al.] // Nature. – 1995. – N 374 (6518). – P. 123–124.

Georgi I. G. Bemerkungen auf einer Reise im Russischen Reiche im Jahre 1772. – St.-P., 1775. – Bd. 2. – 506 S.

Gruner H.-E. Lehrbuch der Speziellen Zoologie / H.-E. Gruner, M. Moritz, W. Dunger. Bd. 1. Wirbellose Tieri. Teil 4. Arthropoda (ohne Insecta). – Jena: Gustav Fischer Verl., 1993. – 1279 S.

Evolution of freshwater diatoms within the Baikal rift zone during the late Cenozoic / G. K. Khursevich [et al.] // Lake Baikal / ed. K. Minoura. – 2000. – P. 146–153.

Lake Baikal / eds. O. M. Kozhova, L. R. Izmet'seva. – Leiden : Backhuys Publishers, 1998. – 447 p.

Maximova N. V. Size, age and sex ratio in *Maackia herdeliana* (Gerstfeldt, 1859) (Gastropoda: Caenogastropoda: Baicaliidae) from South Baikal lake) / N. V. Maximova, T. Ya. Sitnikova // Ruthenica. – 2006. – N 16 (1–2). – P. 97–104.

Natyaganova A. V. Sisuphus from lake Baikal (On *Hyaellopsis variabilis* that moves with the help of stones which it carries) / A. V. Natyaganova, D. S. Bedulina // Sixth International Crustacean Congress. Book of Abstracts. – 2005. – P. 109.

Politov D. V. Molecular phyleography of Palearctic and Nearctic ciscoes / D. V. Politov, J. W. Bickham, J. C. Patton // Ann. Zool. Fennici. – 2004. – Vol. 41. – P. 13–23.

Politov D. V. Genetic identification and taxonomic relationships of six Siberian Coregonus species / D. V. Politov, N. Y. Gordon, A. A. Makhrov // Archiv. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. – 2002. – Vol. 57. – P. 21–34.

Ropstorff P. On the reproduction and growth of some endemic gastropods of Lake Baikal / P. Ropstorff, T. Sitnikova // *Hydrobiologia*, Springer Netherlands. – 2006. – N 568(1). – P. 115–127.

Sasaki H. The origin and genetic relationships of Baikal seal elucidated by restriction analysis of mitochondrial DNA / H. Sasaki, K. Numachi // *Animal Community, Environment and Phylogeny in Lake Baikal*, 1997. – P. 91–105.

Sideleva V. G. Hypotesis of fish speciation in Lake Baikal // *Ancient Lakes: speciation, developmenn in time and space, natural history*. 3 International Symposium. – Novosibirsk : Nauka, 2002. – P. 169.

Sideleva V. G. List of fishes from Lake Baikal with decriptions of new taxa of Cottoid fishes // *Proceeding of the Zoological Institute*. – St. Petersburg, 2001. – P. 45–80.

Lake Baikal / eds. O. M. Kozhova, L. R. Izmet'eva. – Leiden : Backhuys Publishers, 1998. – 447 p.

Smith G. R. Introgression in fishes: significance for paleontology, cladistics, and evolutionary rates // *Systematic Biology*. – 1992. – Vol. 41 (1). – P. 41–57.

The taxonomic position of the Lake Baikal omul *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi), as revealed by sequence analysis of the mtDNA cytochrome b gene and control region / L. V. Sukhanova [et al.] // *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol.* – 2002. – Vol. 57. – P. 97–106.

The taxonomic position of the Lake Baikal omul, *Coregonus autumnalis migratorius* (Georgi), in the family Coregonidae / L. V. Sukhanova [et al.] // *Abstract. VII Symposium on Biology and Management of Coregonid Fishes*, Ann Arbor. – Michigan, USA. – 1999. – 9–12 August. – P. 89.

Takhteev V. V. The gammaris genus *Pleisiogammarus* Stebbing, 1899, in Lake Baikal, Siberia (Crustacea Amphipoda Gammaridea) // *Arthropoda Selecta*. – 1997. – Vol. 6, N 1/2. – P. 31–54.

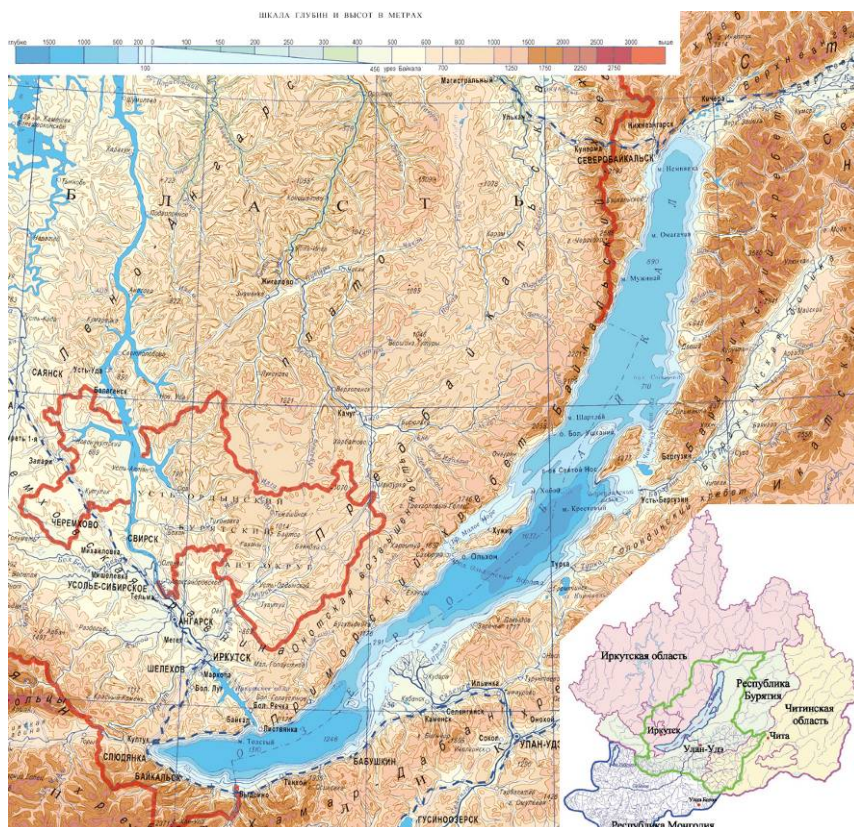
Timoshkin O. A. Biodiversity of Baikal fauna: state-of-the-art (Preliminary analysis) // *New Scope on the Boreal Ecosystems in East Siberia : Proc. Intern. Symp.*, Kyoto, Nov. 23–25, 1994. – Novosibirsk : Russ. Acad. Sci. Publ. Siberia Branch, 1997. – P. 35–76. – (DIWPA; Vol. 2. Ser. 2).

Zubakov V. A. Global palaeoclimate of the Late Cenozoic. Developments in palaeontology and stratigraphy. 12. Elsevier / V. A. Zubakov, I. I. Borzenkova. – Amsterdam, Netherlands, 1990. – 456 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Карта-схема Байкальской котловины



Приложение 2

Среднемесячная и годовая температура воздуха, °С

№	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1	Душкачанский Маяк	-23,5	-22,0	-12,7	-4,8	2,6	9,2	15,4	14,4	8,5	-0,6	-12,3	-19,0	-3,7
2	Нижнеангарск	-22,8	-21,4	-14,0	-3,6	4,2	10,8	15,1	14,4	8,3	-0,4	-11,6	-17,7	-3,2
3	Дагарский Маяк	-25,0	-23,7	-13,4	-4,6	2,3	7,9	13,5	13,4	7,8	-0,5	-12,5	-20,2	-4,6
4	Байкальское	-21,7	-21,3	-14,1	-3,6	3,2	8,5	12,6	13,4	8,4	0,0	-9,8	-15,1	-3,3
5	Томпа	-21,8	-22,2	-13,8	-3,6	3,0	8,3	11,7	11,9	6,6	-0,2	-8,8	-15,5	-3,7
6	Котельниковский Маяк	-22,7	-22,6	-15,0	-4,4	2,3	7,0	9,9	12,6	8,0	0,4	-8,4	-14,1	-3,9
7	Давша	-22,7	-23,0	-15,0	-4,1	2,7	7,8	11,2	12,1	6,5	-0,6	-9,2	-15,3	-4,1
8	Сосновка	-23,4	-23,4	-16,1	-5,2	1,6	6,2	10,4	12,2	6,4	-0,3	-7,9	-14,7	-4,5
9	Б. Ушканий остров	-18,3	-19,0	-12,7	-3,6	2,2	7,6	10,1	12,7	8,4	1,9	-4,5	-9,2	-2,0
10	Н. Изголовье	-19,4	-19,2	-12,6	-1,4	2,7	7,9	11,4	13,4	9,0	2,1	-5,6	-11,0	-2,0
11	Усть-Баргузин	-22,5	-20,8	-12,9	-2,6	4,0	10,7	14,8	14,4	8,2	0,7	-8,9	-16,8	-2,6
12	Горячинск	-19,3	-19,2	-12,3	-2,3	4,5	10,4	14,0	13,6	7,5	0,9	-7,4	-12,8	-1,9
13	Туркинский Маяк	-18,7	-18,0	-10,6	-1,8	3,8	9,2	13,0	13,5	8,4	1,9	-6,8	-12,6	-1,6
14	Сухая	-19,3	-19,3	-12,2	-2,1	4,2	10,4	13,8	13,3	7,6	0,9	-7,4	-12,9	-1,9
15	Харауз	-18,7	-17,8	-10,9	-1,8	4,8	11,2	14,7	14,6	9,1	1,8	-7,6	-13,9	-1,2
16	Исток	-19,4	18,0	-10,9	-1,5	4,7	11,0	14,0	13,9	8,1	1,3	-8,0	-14,2	-1,6
17	Бабушкин	-16,8	-16,5	-9,7	-0,7	5,2	10,6	14,2	14,2	8,9	2,6	-5,3	-10,4	-0,3
18	Переменная	-17,5	-17,2	-11,0	-1,1	5,0	10,8	14,1	13,6	7,8	1,2	-6,8	-11,5	-1,0
19	Танхой	-17,7	-17,7	-10,8	-0,9	5,1	10,4	14,1	13,6	8,2	1,8	-6,0	-11,1	-0,9
20	Выдрино	-18,7	-19,1	-11,4	-0,7	6,0	12,1	15,4	13,9	8,1	1,8	-6,4	-11,8	-0,9
21	Снежная	-18,7	-16,9	-9,5	-0,5	6,3	13,1	15,7	13,6	7,9	1,2	-8,4	-15,3	-1,0
22	Слюдянка	-17,4	-17,0	-9,9	-0,3	6,0	11,8	15,3	14,2	7,8	1,7	-7,3	-13,5	-0,7
23	Култук	-17,2	-15,4	-8,6	-0,6	6,3	11,7	15,2	14,0	8,4	2,3	-6,6	-13,7	-0,4
24	Маритуй	-16,6	-16,5	-10,0	-0,6	5,5	11,4	14,8	13,8	8,1	1,9	-6,7	-11,7	-0,6

Окончание прил. 2

№	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
25	Лиственичное	-16,7	-16,2	-9,5	-0,6	5,1	10,0	12,8	13,9	8,7	2,7	-6,6	-11,9	-0,8
26	Байкал	-16,2	-15,5	-9,4	-0,3	5,6	10,7	13,3	14,3	9,1	2,3	-7,0	-12,8	-0,5
27	Исток Ангары	-17,8	-16,9	-10,3	-1,1	4,9	9,4	12,9	12,8	7,6	1,0	-8,0	-14,7	-1,7
28	Коты	-16,6	-16,6	-9,9	-0,6	5,3	10,1	13,3	13,8	7,9	1,2	-7,1	-12,3	-1,0
29	Б. Голоустное	-18,4	-16,7	-9,6	-0,6	5,4	10,4	13,5	14,0	8,3	1,2	-8,5	-15,1	-1,3
30	Песчаная бухта	-15,9	-15,1	-8,4	0,4	6,4	12,2	15,2	15,4	9,6	2,7	-6,2	-11,4	0,4
31	Бугульдейка	-19,9	-17,9	-10,6	-0,5	5,7	11,1	15,0	13,9	6,2	0,0	-10,1	-16,9	-2,0
32	Ольхон	-18,4	-16,9	-9,8	-1,1	4,4	10,2	13,9	14,1	8,9	2,2	-6,7	-13,0	-1,0
33	Ташкай	-18,4	-17,4	-9,4	-0,8	6,0	13,0	15,9	14,8	8,9	1,3	-7,5	-13,0	-0,6
34	Сарма	-18,3	-17,4	-10,0	-0,8	5,5	11,5	15,4	14,4	8,9	1,1	-8,0	-13,7	-1,0
35	Хужир	-19,7	-19,1	-11,1	-1,4	5,2	11,2	14,7	14,0	8,4	1,3	-7,4	-13,0	-1,4
36	Узур	-19,8	-19,8	-11,8	-2,0	4,4	9,0	12,2	13,0	7,7	0,4	-7,1	-12,2	-2,2
37	Онгурен	-19,5	-18,6	-11,4	-1,4	5,4	11,2	14,1	13,8	7,8	0,0	-9,1	-14,9	-1,9
38	Покойники	-19,3	-19,7	-12,3	-2,3	3,8	8,7	10,9	12,9	8,2	1,6	-6,9	-12,1	-2,2
Станции за пределами Байкальской котловины														
39	Иркутск, обл.	-20,9	-18,8	-9,7	1,0	8,4	14,8	17,6	15,0	8,1	0,5	-10,8	-18,7	-1,1
40	Хомутово	-24,7	-22,4	-12,2	0,8	8,2	15,0	17,5	14,7	7,7	-0,6	-13,5	-21,9	-2,6
41	Улан-Удэ, АМСГ	-27,5	-23,5	-12,3	0,7	8,6	15,8	19,0	16,0	8,1	-0,9	-13,2	-22,9	-2,7
42	Баргузин	-27,8	-23,6	-12,1	-0,1	7,7	15,1	18,2	15,8	8,6	-0,4	-12,9	-22,8	-2,8
43	Курумкан	-30,6	-16,4	-14,0	-0,3	8,1	16,1	19,2	16,1	8,4	-1,4	-15,3	-25,6	-3,8
44	Гоуджокит	-26,6	-24,0	-15,9	-5,0	3,8	12,2	15,5	12,8	5,4	-3,8	-15,8	-21,8	-5,3

Приложение 3

Среднее количество осадков с поправками к показаниям осадкомера, мм

№	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI–III	IV–X	Год
1	Душкачанский Маяк	27	15	18	16	23	43	66	64	45	25	49	21	130	282	412
2	Нижнеангарск	24	16	12	23	34	45	67	68	44	37	26	21	99	318	417
3	Дагарский Маяк	24	14	11	13	21	37	53	57	45	27	35	27	111	253	364
4	Байкальское	9	6	5	10	24	31	46	48	30	16	11	9	40	205	245
5	Томпа	16	10	9	19	28	50	54	70	59	34	49	43	127	314	441
6	Котельниковский Маяк	17	9	10	15	22	37	58	55	38	27	28	16	80	252	332
7	Давша	17	9	12	22	36	41	63	71	64	48	62	43	143	345	488
8	Сосновка	15	9	13	20	41	44	72	77	68	48	67	45	149	370	519
9	Б. Ушканий остров	11	5	4	12	16	35	65	52	24	11	45	26	91	215	306
10	Н. Изголовье	12	5	7	16	24	34	64	62	41	27	62	71	157	268	425
11	Усть-Баргузин	13	8	5	17	27	39	76	74	48	29	48	59	143	310	453
12	Горячинск	17	8	11	18	33	45	85	83	51	35	77	84	197	350	547
13	Сухая	8	6	9	18	27	40	80	82	35	18	16	17	56	300	356
14	Харауз	5	4	5	12	23	50	77	67	36	12	13	11	38	277	315
15	Исток	9	5	11	23	32	53	85	81	45	17	18	19	62	336	398
16	Бабушкин	26	13	20	30	48	82	106	105	70	38	52	67	178	479	657
17	Танхой	27	19	26	44	75	141	171	179	108	50	45	54	171	768	939
18	Выдрино	37	24	31	50	81	149	183	168	117	80	87	94	273	828	1101
19	Снежная	46	30	52	66	115	203	228	223	163	92	125	114	367	1090	1437
20	Слюдянка	11	8	11	20	42	89	133	113	57	22	13	7	50	476	526
21	Култук	12	7	8	23	44	76	121	111	60	23	23	20	70	458	528

Окончание прил. 3

№	Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI–III	IV–X	Год
22	Маритуй	12	9	12	21	40	84	104	90	54	20	18	12	63	413	476
23	Лиственичное	19	13	13	21	50	77	107	99	59	30	28	25	98	443	541
24	Исток Ангара	18	12	13	18	36	70	91	85	47	24	24	27	94	371	465
25	Б. Коты	13	11	12	26	38	77	86	88	45	23	22	13	71	383	454
26	Б. Голоустное	6	4	8	20	26	52	70	65	32	13	6	7	31	278	309
27	Покойники	12	5	3	14	17	37	70	56	26	13	46	27	93	233	326
28	Онгурен	18	6	4	16	18	41	75	61	28	13	58	32	118	252	370
29	Узур	5	3	5	15	15	38	67	73	26	12	10	9	32	246	278
30	Хужир	5	2	3	10	16	31	54	65	20	7	6	6	22	203	225
31	Сарма	2	2	2	8	12	33	57	60	22	6	5	4	15	198	213
32	Ташкай	4	2	4	11	14	35	62	65	24	8	7	6	23	219	242
33	Ольхон	3	3	3	4	7	26	52	50	17	8	12	12	33	164	197
34	Еланцы	6	5	6	9	25	49	62	58	32	11	10	9	36	246	282
35	Бугульдейка	7	4	5	13	31	53	69	64	37	10	10	12	38	277	315
36	Песчаная бухта	6	3	4	13	32	56	74	69	39	10	8	10	31	293	324

Приложение 4

Средние многолетние температуры воды (°C) на постоянных горизонтах по измерениям на рейдовых вертикалях (Верболов и др., 1965)

Глубина, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Маритуй, 1909–1916 гг., средняя глубина в месте наблюдений около 1000 м												
0,5	0,1	0,1	0,2	0,4	3,4	3,8	9,8	13,6	8,9	7,3	4,3	2,1
5	0,2	0,3	0,3	0,6	3,1	3,5	6,6	12,2	8,5	7,2	4,3	2,3
10	0,2	0,3	0,3	0,6	3,0	3,3	5,1	10,3	8,1	7,0	4,2	2,5
20	0,5	0,5	0,4	0,6	2,9	3,3	4,1	9,0	8,0	6,8	4,2	2,6
30	1,0	0,9	0,9	0,7	2,8	3,1	3,9	7,9	6,9	6,8	4,2	2,6
50	1,1	1,4	1,3	1,5	2,9	2,8	3,6	5,4	6,4	6,4	4,2	3,0
100	3,4	2,8	2,9	2,7	3,2	3,3	3,6	4,1	4,4	5,0	4,0	3,2
150	3,2	3,4	3,3	3,3	3,4	3,4	3,6	3,8	3,9	4,6	4,0	3,3
200	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	4,2	4,0	3,4
300	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,6	3,7	3,8	3,7	3,8	3,5
Песчаная бухта, 1911–1916 гг., средняя глубина в месте наблюдений около 270 м												
0,5	0,1	0,3	0,6	1,3	2,0	3,3	7,1	13,0	10,9	7,0	4,0	2,1
5	0,1	0,4	0,7	1,3	2,1	3,3	6,0	12,5	9,8	7,0	4,2	2,2
10	0,2	0,4	0,8	1,4	2,1	3,0	5,4	11,6	9,5	7,0	4,2	2,3
20	0,5	0,5	0,8	1,4	2,0	3,0	5,4	8,6	8,4	6,9	4,2	2,5
35	0,8	1,0	0,9	—	2,1	—	4,3	5,3	6,8	6,7	4,2	2,9
50	1,3	1,7	1,3	1,6	2,2	3,2	4,2	4,9	5,3	6,6	4,2	2,9
400	2,4	2,8	2,9	2,9	2,5	3,2	4,0	4,2	4,2	5,1	4,2	3,3
150	2,8	3,4	3,4	3,5	3,1	3,2	3,8	4,0	4,0	4,1	3,9	3,4
200	3,5	3,5	3,6	3,6	3,4	3,4	3,8	3,9	3,9	3,9	3,8	3,5
Б. Ушканий остров, 1911–1916 гг., средняя глубина в месте наблюдений около 250 м												
0,5	0,0	0,0	0,1	0,3	0,9	3,4	6,3	10,9	9,7	5,7	2,7	0,6
5	0,0	0,0	0,1	0,5	1,0	2,6	4,7	9,8	9,2	5,4	3,1	0,7
10	0,0	0,0	0,2	0,5	1,0	2,5	4,3	7,9	8,4	5,3	3,2	0,8
20	0,1	0,1	0,2	0,5	1,0	2,5	4,0	5,8	6,6	5,0	3,3	0,9
35	0,1	0,1	0,2	0,5	1,0	2,5	3,9	4,4	5,0	4,8	3,3	1,2

Глубина, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
50	1,0	0,7	0:7	0,9	1,2	2,5	3,8	4,2	4,4	4,5	3,5	1,8
100	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,9	3,8	4,0	4,1	4,1	3,8	3,1
150	3,3	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,7	3,9	4,0	4,0	3,8	3,5
200	3,4	3,4	3,4	3,5	3,4	3,3	3,7	3,8	3,9	4,0	3,8	3,5
Танхой, 1940–1949 гг., средняя глубина в месте наблюдений около 450 м												
0	0,13	0,11	0,12	0,37	1,64	4,53	10,60	15,14	11,75	8,11	4,89	1,72
5	0,22	0,21	0,21	0,44	1,56	4,03	9,45	14,23	11,48	7,90	4,87	1,85
10	0,30	0,35	0,35	0,54	1,58	3,70	8,04	12,44	10,95	7,64	4,89	2,08
25	0,75	0,68	0,68	0,81	1,68	3,53	5,78	8,64	10,04	7,10	4,82	2,34
50	1,74	1,60	1,48	1,64	2,05	3,33	4,38	5,50	6,17	5,92	4,62	2,86
75	2,44	2,16	2,23	2,53	2,56	3,35	4,15	4,35	5,10	5,35	4,52	3,32
100	3,02	2,88	3,01	3,02	3,00	3,44	4,00	3,92	4,21	4,69	4,29	3,49
125	3,26	3,38	3,44	3,54	3,45	3,47	3,79	3,83	3,88	4,17	4,13	3,60
150	3,39	3,59	3,60	3,62	3,56	3,54	3,71	3,74	3,77	3,89	3,97	3,67
200	3,59	3,62	3,62	3,64	3,61	3,56	3,61	3,63	3,69	3,73	3,83	3,71
250	3,62	3,61	3,61	3,61	3,59	3,56	3,56	3,55	3,59	3,63	3,71	3,74
300	3,60	3,59	3,59	3,59	3,58	3,56	3,53	3,52	3,56	3,58	3,67	3,74
Листвянка, 1940–1941 и 1945–1960 гг., средняя глубина в месте наблюдений около 1000 м												
0	0,49	0,17	0,25	0,54	1,66	3,30	7,21	12,51	10,67	7,35	4,90	2,61
5	0,60	0,31	0,39	0,80	1,69	3,30	6,10	11,29	10,20	7,39	5,02	2,68
10	0,72	0,38	0,51	0,88	1,69	3,21	5,68	9,91	10,08	7,19	4,83	2,71
25	1,00	0,55	0,70	0,98	1,77	3,15	4,75	8,03	8,57	6,98	4,89	2,91
50	1,65	1,29	1,30	1,39	1,91	3,26	4,43	5,60	6,46	6,63	4,78	3,22
75	2,34	2,12	2,22	2,28	2,70	–	4,42	4,32	4,82	6,11	–	–
100	2,77	2,70	2,71	2,83	2,69	3,29	3,94	4,12	4,48	5,32	4,46	3,39
125	3,19	3,27	3,33	3,36	2,80	3,39	3,92	3,90	4,08	–	–	–
150	3,37	3,48	3,53	3,51	3,25	3,41	3,60	3,86	3,84	4,12	4,32	3,41
200	3,35	3,53	3,55	3,58	3,55	3,49	3,72	3,77	3,83	3,91	4,09	3,59
250	3,54	3,55	3,56	3,56	3,50	3,52	3,65	3,57	3,71	3,80	4,11	–
300	3,52	3,53	3,54	3,55	3,51	3,51	3,56	3,63	3,73	3,74	3,76	3,54

Приложение 5

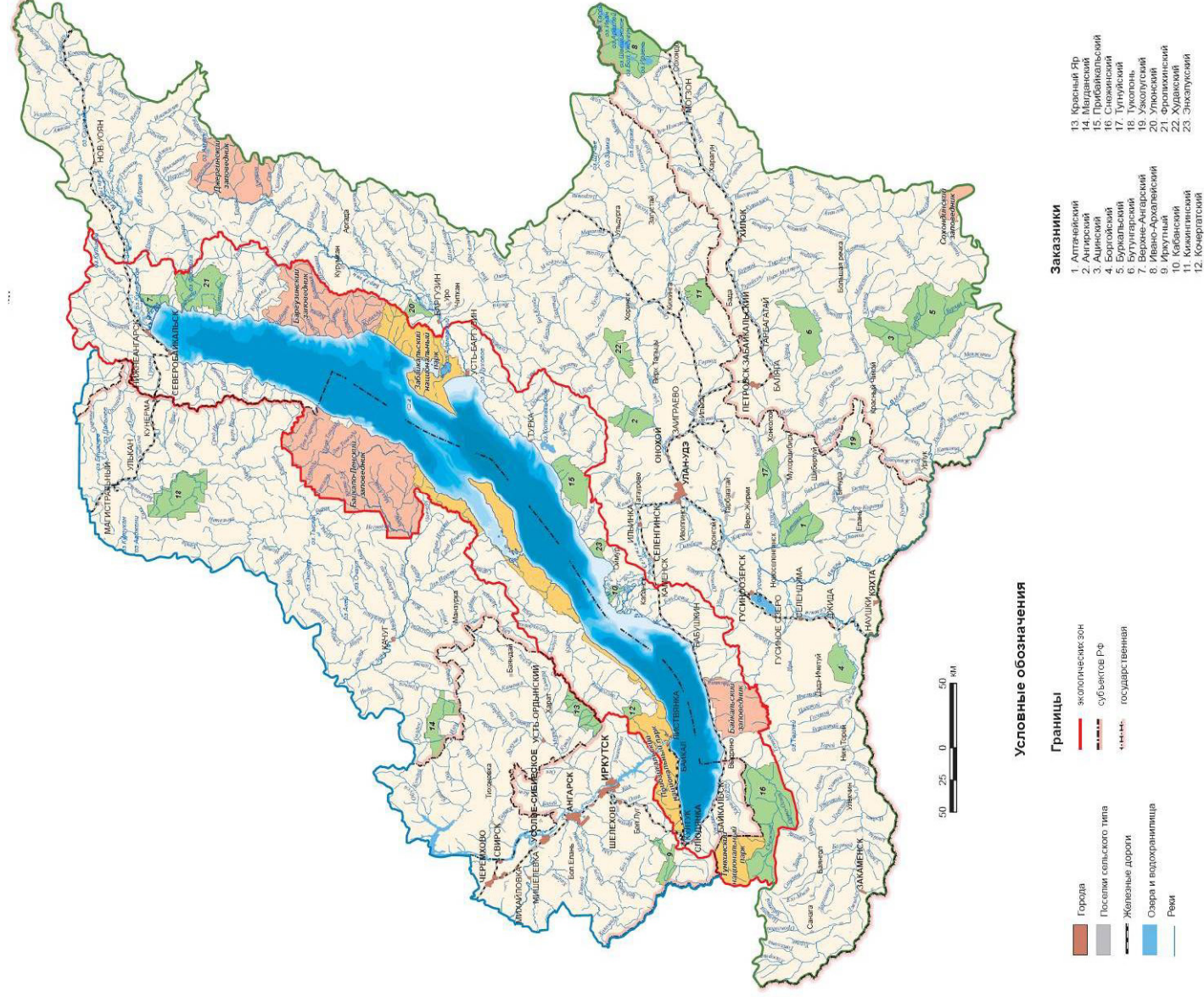
Перечень и краткая характеристика ООПТ, расположенных на БПТ (Гос. доклад..., 2007)

№	Название ООПТ	Субъект РФ	Район	Площадь ООПТ, га (в БПТ, га)	Год создания	Срок действия (год)	Экол. зона БПТ	Примечания
Государственные природные заповедники								
1	Байкало-Ленский	ИО	Ольхонский, Качугский	659 919	1986	бессрочно	ЦЭЗ	биосферный
2	Байкальский	РБ	Кабанский, Джидинский, Селенгинский	165 724	1969	бессрочно	ЦЭЗ	биосферный
3	Баргузинский	РБ	Северо-Байкальский	374 346 (в том числе акватория 15 000)	1916	бессрочно	ЦЭЗ	биосферный
4	Джергинский	РБ	Курумканский	238 088	1992	бессрочно	БЭЗ	
5	Сохондинский	ЗК	Кыринский, Красночикойский	210 988 (42 811)	1974	бессрочно	БЭЗ	биосферный, входит в БПТ частично (20,29 %)
Национальные парки								
1	Забайкальский	РБ	Баргузинский	267 177 (в том числе акватория 37 000)	1986	бессрочно	ЦЭЗ	
2	Прибайкальский	ИО	Ольхонский, Иркутский, Слюдянский	417 297	1986	бессрочно	ЦЭЗ	
3	Тункинский	РБ	Тункинский	1 183 662 (108 760)	1991	бессрочно	ЦЭЗ	входит в БПТ частично (9,19 %)
Заказники федерального значения								
1	Алтайский	РБ	Мухоршибирский	71 627	1966	бессрочно	БЭЗ	комплексный
2	Буркальский	ЗК	Красночикойский	195 700	1978	бессрочно	БЭЗ	комплексный
3	Красный Яр	ИО	Эхирит-Булагатский	49 120	1995	бессрочно	ЭЗАВ	комплексный
4	Фролихинский	РБ	Северо-Байкальский	113 200	1967	бессрочно	ЦЭЗ	комплексный
5	Кабанский	РБ	Кабанский	12 100	1967	бессрочно	ЦЭЗ	ландшафтный

Заказники регионального значения								
1	Ангирский	РБ	Заиграевский	46 684	1968	2013	БЭЗ	биологический
2	Ацинский	ЗК	Красночикийский	64 500	1968	2013	БЭЗ	экологический копытные
3	Боргойский	РБ	Джидинский	43 360	1976	2009	БЭЗ	комплексный
4	Бутунгарский	ЗК	Петровск- Забайкальский	73 500	1977	2004	БЭЗ	зоологический, соболь, копытные
5	Верхне-Ангарский	РБ	Северо-Байкальский	26 200	1979	2009	ЦЭЗ	комплексный
6	Ивано-Арахлейский	ЗК	Читинский	210 000	1993	бессрочно	БЭЗ	ландшафтный
7	Иркутский	ИО	Шелеховский, Слюдянский	30 000	1967	бессрочно	ЭЗАВ	видовой – кабан, косуля
8	Кижингинский	РБ	Кижингинский	39 260	1995	бессрочно	БЭЗ	комплексный
9	Кочергатский	ИО	Иркутский	16 000	1967	бессрочно	ЦЭЗ	видовой, соболь
10	Магданский	ИО	Качугский	52 154	1973	бессрочно	ЭЗАВ	комплексный
11	Прибайкальский	РБ	Прибайкальский	74 180	1981	2012	ЦЭЗ	комплексный
12	Снежинский	РБ	Закаменский	216 032	1976	2006	ЦЭЗ	комплексный
13	Тугнуйский	РБ	Мухоршибирский	36 085	1977	2012	БЭЗ	ландшафтно-видовой, дрофа, журавль
14	Туколонь	ИО	Казачинско-Ленский	106 734	1976	2008	ЭЗАВ	комплексный
15	Узколуговский	РБ	Бичурский	20 000	1973	2015	БЭЗ	комплексный
16	Улонский	РБ	Баргузинский	19 230	1984	бессрочно	БЭЗ	ландшафтный
17	Хулакский	РБ	Хоринский	44 900	1971	2012	БЭЗ	ландшафтный
18	Энхэлукский	РБ	Кабанский	17 728	1995	бессрочно	ЦЭЗ	комплексный
Рекреационные местности								
1	Байкальский при- бой – Култушная	РБ	Кабанский	10 500	1999	бессрочно	ЦЭЗ	
2	Лемасово	РБ	Кабанский	900	1999	бессрочно	ЦЭЗ	
Общая площадь ООПТ				5 106 895				
Общая площадь ООПТ в пределах БПТ				3 863 816				
в том числе площадь акватории Байкала, включенная в ООПТ				52 000				



Приложение 7
Схема расположения экологических зон и ООПТ Байкальской природной территории
 (Гос. доклад ..., 2007)



ПОСТАНОВЛЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ
ПЕРЕЧЕНЬ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ЗАПРЕЩЕННЫХ В
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЕ БАЙКАЛЬСКОЙ
ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

Москва

30 августа 2001 г. № 643

1. Лесоводство с применением опасных для экологической системы озера Байкал средств защиты растений, а также использование авиации при применении средств борьбы с вредителями леса.

2. Лесозаготовки с проведением рубок главного пользования, а в кедровых лесах – всех видов рубок, за исключением рубок ухода за лесом и выборочных санитарных рубок.

3. Заготовка живицы.

4. Добыча сырой нефти и природного газа.

5. Добыча радиоактивных руд.

6. Добыча металлических руд.

7. Деятельность горнодобывающая и по разработке карьеров в части: разведки и разработки новых месторождений, ранее не затронутых эксплуатационными работами; добычи песка, гальки, гравия и щебня на акватории озера Байкал, в его прибрежной защитной полосе, в руслах нерестовых рек и их прибрежных защитных полосах, кроме дноуглубительных работ.

8. Выделка и крашение меха.

9. Дубление и выделка кожи.

10. Производство целлюлозы, бумаги, картона и изделий из них без использования бессточных систем водопользования на производственные нужды.

11. Коксохимическое производство, производство продукции нефтеперегонки, радиоактивных веществ и продукции на их основе.

12. Производство продуктов химического синтеза.

13. Производство резиновых и пластмассовых изделий.

14. Производство неметаллических прочих минеральных продуктов.

15. Производство металлургическое.

16. Производство источников автономного электроснабжения.

17. Производство, сбор и распределение электроэнергии при мощности энергоустановок свыше 100 МВт, а также деятельность по поставке энергии за пределы центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Производство энергии на атомных электростанциях.

18. Строительство зданий и сооружений (или их частей), функционирование которых не связано с системами жизнеобеспечения и обеспечения экологической безопасности существующих промышленных, жи-

лых и рекреационных объектов, а также строительство зданий и сооружений (или их частей) на незатронутых природных территориях, включая земли лесного фонда, водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы озера Байкал и впадающих в него рек.

19. Реконструкция и перепрофилирование предприятий без использования бессточных систем водопользования на производственные нужды этих предприятий.

20. Строительство автомобильных и железных дорог, для сооружения которых требуются перевод лесных земель лесного фонда в нелесные земли и изъятие их из лесного фонда, за исключением строительства автомобильных дорог, необходимых для функционирования жилых и хозяйственных объектов, расположенных в центральной экологической зоне Байкальской природной территории.

21. Строительство магистральных нефтепроводов, газопроводов и иных продуктов, за исключением газопроводов для местного газоснабжения.

22. Размещение рекреационных объектов, временных палаточных городков, туристских стоянок и стоянок транзитного транспорта за пределами рекреационных территорий.

23. Строительство зданий и сооружений топливно-энергетических, металлургических, химических и нефтехимических предприятий.

24. Строительство зданий и сооружений машиностроительных предприятий.

25. Строительство зданий и сооружений предприятий лесной промышленности, деревообрабатывающих, целлюлозно-бумажных, стекольных, фарфорофаянсовых, полиграфических предприятий и предприятий промышленности строительных материалов.

26. Строительство зданий и сооружений предприятий легкой, пищевой, микробиологической, мукомольно-крупяной, комбикормовой и медицинской промышленности.

27. Строительство зданий и сооружений предприятий строительной индустрии, транспорта и связи, кроме строительства зданий и сооружений водного транспорта.

28. Оптовая торговля твердым, жидким и газообразным топливом и смежной продукцией.

29. Деятельность внутреннего водного транспорта в части: использования плавучих средств (за исключением маломерных судов), не имеющих устройств по сбору и сдаче нефтесодержащих, льяльных, хозяйственно-бытовых сточных вод и отходов производства и потребления; перевозки нефтепродуктов, сельхозудобрений, пестицидов, сильнодействующих и ядовитых веществ без упаковки в герметичную тару, обеспечивающую сохранность груза при авариях судов и иных плавучих

средств; использование судов и иных плавучих средств в 3-километровой зоне от мест лежищ байкальской нерпы и местах нерестилищ ценных видов рыб, кроме использования судов в целях охраны, мониторинга и воспроизводства рыбных запасов и проведения неотложных аварийно-спасательных работ; буксировки по озеру Байкал древесины в плотях и кошелях.

30. Деятельность по обеспечению лесосплава, в том числе молевого сплава леса по рекам, впадающим в озеро Байкал.

31. Исследования и разработки в области естественных и технических наук, связанные с использованием генно-инженерных технологий; проведением работ с биологическими объектами, приводящих к изменениям их генетической структуры; акклиматизацией биологических объектов, несвойственных естественным экосистемам Байкальской природной территории; использованием ядерно-взрывных технологий.

32. Хозяйственная деятельность по акклиматизации биологических объектов, несвойственных естественным экосистемам Байкальской природной территории.

33. Деятельность в области обороны, связанная с испытаниями, утилизацией, уничтожением и захоронением систем вооружения, военной техники и боеприпасов, химических и взрывчатых веществ.

34. Деятельность по отведению сточных вод и утилизации отходов в части складирования, захоронения и обезвреживания вновь образующихся опасных промышленных отходов; производства и потребления путем сжигания; сброса в водные объекты и захоронения в них отходов, а также наземного и подземного захоронения отходов, в том числе радиоактивных веществ (материалов); сброса сточных вод без очистки до нормального качества, а также сточных вод, содержащих токсичные и иные вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации этих веществ в водных объектах рыбохозяйственного назначения; сброса сточных и дренажных вод в водные объекты в местах нереста и зимовки ценных и особо охраняемых видов рыб, в местах размножения эндемичных, реликтовых и занесенных в Красную книгу РФ и красные книги субъектов РФ видов животных и растений; сброса с судов и других плавучих средств в водные объекты мусора, нефтесодержащих, льяльных и иных сточных вод.

35. Деятельность по представлению жилищно-коммунальных услуг при эксплуатации санаторно-курортных и рекреационных комплексов без сооружений, обеспечивающих очистку сточных вод и выбросов вредных веществ в атмосферный воздух до утвержденных нормативов.

36. Деятельность, связанная с проведением взрывных работ на акватории озера Байкал и в прибрежной защитной полосе его водоохранной зоны.

Учебное издание

БЕРКИН Наум Савельевич
МАКАРОВ Алексей Александрович
РУСИНЕК Ольга Тимофеевна

Байкаловедение

ISBN 978-5-9624-0355-7

Редактор *М. А. Айзиман*
Компьютерная верстка: *И. В. Карташова-Никитина*
Дизайн обложки: *М. Г. Яскин*

Темплан 2009 г. Поз. 36

Подписано в печать 11.06.2009. Формат 60х90 1/16. Печать трафаретная.
Усл. печ. л. 16,9. Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 100 экз. Заказ 61.

Издательство Иркутского государственного университета
664003, Иркутск, бульвар Гагарина, 36; тел. (3952) 24-14-36