



ОЗЕРО БАЙКАЛ

**Специальный выпуск журнала
«Вестник РФФИ» № 1, 2016**

*M. Kuzmin, N. Budnev, Yu. Zvereva, V. Korotkoruchko, E. Kuzevanova,
A. Kuznetsova, I. Maksimova, O. Rusinek, O. Timoshkin, A. Fedotov,
V. Fialkov, I. Khanaev, O. Khlystov, T. Khodzher*

ISSN 1605-8070
eISSN 2410-4639

Lake
BAIKAL

Special issue of "RFBR Journal" N 1, 2016

Байкал – крупнейшее в мире пресноводное озеро. Оно находится в Восточной Сибири, на территории двух субъектов Российской Федерации: Иркутской области и Республики Бурятия. Площадь водной поверхности Байкала (31500 км²) сравнима с размерами некоторых государств Европы. Байкал – глубочайшее из всех озер нашей планеты, его максимальная глубина – 1637 м. Это величайшее в мире хранилище пресной воды. В озере содержится 20% мировых запасов поверхностных пресных вод, исключая ледники. Байкальской воды хватило бы всему населению Земли на 4,5 тыс. лет из расчета по два литра питьевой воды в день.

Байкал – самое древнее озеро в мире. Его возраст – 25–30 млн лет. Происхождение озера тектоническое. Котловина Байкала формировалась в результате глубоких разломов земной коры, которые сопровождались землетрясениями, раздвижениями, поднятиями и опусканиями огромных участков земной поверхности.

Байкал обладает уникальными флорой и фауной и находится на первом месте среди древних озер мира по разнообразию и числу их видов. В озере открыто 2 570 видов и подвидов животных и более 1 000 видов и разновидностей растений (водорослей). Более 56% животных и около 10% водорослей озера – эндемики, они обитают только в Байкале и не встречаются больше ни в одном водоеме Земли. 381 вид и подвид наземных позвоночных населяют прибрежные территории озера. Ученые постоянно открывают новые виды животных микромира Байкала.


Наличие такого уникального объекта научных исследований, как озеро Байкал, позволяет не только реализовать научную интеграцию различных организаций Байкальского региона, но и привлечь ученых ведущих научных школ России и всего мира. В настоящем выпуске приведена

краткая история изучения Байкала, начиная от впечатлений первопроходцев в XVII в. до уникальных подводных исследований с использованием современных глубоководных обитаемых аппаратов в XXI столетии; даны сведения о масштабных, многолетних научных проектах, реализуемых совместно с иностранными учеными.

Авторский коллектив с глубокой благодарностью отмечает огромный вклад Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в развитие науки в Байкальском регионе и особенно в изучение озера Байкал и Байкальской природной территории.

С 2001 г. РФФИ совместно с правительством Иркутской области (на условиях паритетного финансирования) проводят региональный конкурс проектов РФФИ «Приоритетные научные исследования по проблемам озера Байкал и Байкальского региона» с первым названием «РФФИ–Байкал», а с 2008 г. – «РФФИ–Сибирь». Основная задача Байкальского конкурса – консолидация усилий ученых для проведения междисциплинарных приоритетных научных исследований по байкальским проблемам, поддержка научных коллективов, научных школ и отдельных ученых, выполняющих такие исследования в регионе. В период 2001–2015 гг. по Иркутской области проведено пять трех- или двухгодичных циклов регионального конкурса; в целом, поддержано более 220 проектов, а количество заявок, поданных на конкурс, превышало число проектов-победителей примерно в 2,8 раза.

Авторы выражают благодарность Научному совету СО РАН по проблемам озера Байкал, Международной коллаборации BAIKAL, Фонду содействия сохранения озера Байкал (ФССОБ) и группе компаний «Метрополь», пилотам и команде глубоководных обитаемых аппаратов «Мир», а также капитанам и экипажам научно-исследовательских и других судов озера Байкал.



ake Baikal is the largest by volume freshwater lake in the world. It is located in the Eastern Siberia, being a transboundary lake between two federal subjects of Russian Federation – the Irkutsk Region and the Republic of Buryatia. The surface area of the lake (31500 km²) is comparable to territories of some European countries. Baikal is the deepest lake in the world; its maximum depth is 1637 m. It is the largest storage of fresh water on the Earth, containing roughly 20% of the world's surface fresh water, excluding frozen waters in glaciers. The water from the lake could support the entire Earth's population for 4500 years at the rate of two litres of drinking water per person per day.

At an estimated age of 25-30 million years, Lake Baikal is considered to be the oldest existing lake in the world. The Baikal's origin is tectonic. The Baikal's basin was formed as the result of a deep crustal faults accompanied by earthquakes, deformations, elevations and descents of huge areas of the land surface.

The Baikal is renowned for its unique flora and fauna and ranks first among the world's ancient lakes in the diversity and number of their species. The Lake is a home to 2570 species and subspecies of animals and more than 1000 species and varieties of plants (algae). Over 56% of the Baikal's animals and approximately 10% of algae are endemic, so they can be found nowhere else in the world. 381 species and subspecies of terrestrial vertebrates inhabit the coastal areas of the lake. Scientists are constantly discovering new species of animals of the Baikal microcosm.

Such a unique research object as Lake Baikal allows not only to realize the scientific integration of the various organizations of the Baikal region, but also to attract scientists from leading scientific schools of

Russia and the world. This album gives a brief history of the Baikal study, from the experience of pioneers in the XVII century up to the unique underwater exploration using modern deep-sea manned submersibles in the XXI century, and provides information about the large-scale long-term scientific projects, which are implemented jointly with foreign scientists.

Authors convey their deep gratitude to the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) for its enormous contribution to the development of science in the Baikal Region, especially to the study of Lake Baikal itself and the Baikal natural territory. Since 2001, the RFBR together with the Government of the Irkutsk region (under the terms of matched funding) holds the regional competition of scientific projects ("Priority scientific researches on problems of Lake Baikal and the Baikal Region"), until 2008 it was called "RFBR–Baikal", and since 2008 – "RFBR–Siberia". The main task of the "RFBR–Siberia" projects competition is to consolidate the scientists efforts in order to carry out the interdisciplinary priority researches on the Baikal problems, to support the research groups, scientific schools and individual scientists performing the studies in the Baikal region. In 2001-2015, five three- and two-annual cycles of regional competition were held in the Irkutsk region. Altogether more than 220 projects have been supported, and the number of applications exceeded 2.8 times the number of the winning projects.

Authors also extend their appreciation and gratitude to the Scientific Council of the SB RAS on the Baikal problems, the International Collaboration BAIKAL, The Fund for Protection of Lake Baikal, METROPOL Group, the pilots and team of the deep manned submersibles "Mir", as well as to the captains and crews of research and other vessels of Lake Baikal.





«Байкал, казалось бы, должен подавлять человека своим величием и размерами — в нём всё крупно, всё широко, привольно и загадочно — он же, напротив, возвышает его. Редкое чувство приподнятости и одухотворенности испытываешь на Байкале, словно в виду вечности и совершенства и тебя коснулась тайная печать этих волшебных понятий, и тебя обдало близким дыханием всесильного присутствия, и в тебя вошла доля магического секрета всего сущего. Ты уже тем, кажется, отмечен и выде-

лен, что стоишь на этом берегу, дышишь этим воздухом и пьешь эту воду. Нигде больше не будет у тебя ощущения столь полной и столь желанной слитности с природой и проникновения в нее: тебя одурманит этим воздухом, закружит и унесет над этой водой так скоро, что ты не успеешь и опомниться; ты побываешь в таких заповедных угодьях, которые и не снились нам; и вернешься ты с удесятеренной надеждой: там, впереди, обетованная жизнь...»

*«Байкал, Байкал...»
Распутин Валентин Григорьевич*

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ
РЕДАКТОР
ВЫПУСКА**



КУЗЬМИН Михаил Иванович,
академик РАН, Институт геохимии имени
А.П. Виноградова Сибирского отделения РАН.

MIKHAIL I. KUZMIN
Academician of RAS, A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry,
the Siberian Branch of RAS.

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ



БУДНЕВ Николай Михайлович
ИГУ

NIKOLAY M. BUDNEV
ISU
e-mail: nbudnev@api.isu.ru



ЗВЕРЕВА Юлия Михайловна
ЛИН СО РАН

YULIYA M. ZVEREVA
LIN, SB RAS
e-mail: zvereva@lin.irk.ru



КОРОТКОРУЧКО
Владимир Афанасьевич
ИНЦ СО РАН

VLADIMIR A. KOROTKORUCHKO
ISC, SB RAS
e-mail: foto@isc.irk.ru



КУЗЕВАНОВА
Елена Николаевна
БМ ИНЦ СО РАН

ELENA N. KUZEVANOVA
BM ISC, SB RAS
e-mail: elena.kuzevanova@gmail.com



КУЗНЕЦОВА Анна Николаевна
ИНЦ СО РАН

ANNA N. KUZNETSOVA
ISC, SB RAS
e-mail: an@isc.irk.ru



МАКСИМОВА Ирина Ильинична
ИНЦ СО РАН

IRINA I. MAKSIMOVA
ISC, SB RAS
e-mail: maksimova.irina.il@gmail.com



РУСИНЕК Ольга Тимофеевна
БМ ИНЦ СО РАН

OLGA T. RUSINEK
BM ISC, SB RAS
e-mail: rusinek@isc.irk.ru



ТИМОШКИН Олег Анатольевич
ЛИН СО РАН

OLEG A. TIMOSHKIN
LIN, SB RAS
e-mail: tim@lin.irk.ru



ФЕДОТОВ Андрей Петрович
директор ЛИН СО РАН

ANDREY P. FEDOTOV
Director, LIN, SB RAS
e-mail: info@lin.irk.ru



ФИАЛКОВ Владимир Абрамович
директор БМ ИНЦ

VLADIMIR A. FIALKOV
Director, BM ISC, SB RAS
e-mail: fva@isc.irk.ru



ХАНАЕВ Игорь Вениаминович
ЛИН СО РАН

IGOR V. KHANAEV
LIN, SB RAS
e-mail: igkhan@lin.irk.ru



ХЛЫСТОВ Олег Михайлович
ЛИН СО РАН

OLEG M. KHLYSTOV
LIN, SB RAS
e-mail: oleg@lin.irk.ru



ХОДЖЕР Тамара Викторовна
ЛИН СО РАН

TAMARA V. KHODZHER
LIN, SB RAS
e-mail: khodzher@lin.irk.ru

Кроме членов редколлегии в состав авторского коллектива входят сотрудники ЛИН СО РАН:

Н.В. Анненкова, Н.А. Букшук, Е.А. Волкова, Е.В. Дзюба, Т.Д. Евстигнеева, О.Ю. Каменская, Н.В. Максимова, О.В. Медвежонкова, Т.В. Наумова, А.В. Непокрытых, Л.А. Оболкина, А.Е. Побережная, Н.А. Рожкова, Т.Я. Ситникова, А.А. Широкая.

БМ ИНЦ – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Байкальский музей Иркутского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
664520, Иркутская область, пос. Листвянка, ул. Академическая, 1.

ИГУ – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет».
664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1.

ИНЦ СО РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Иркутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук.
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134, а/я 313.

ЛИН СО РАН – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Лимнологический институт Сибирского отделения Российской академии наук.
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, а/я 278.

In addition to the editorial board, the authors team includes the following scientists from the LIN, SB RAS:

N.V. Annenkova, N.A. Bukshuk, E.A. Volkova, E.V. Dzyuba, T.D. Evstigneeva, O.Yu. Kamenskaya, N.V. Maksimova, O.V. Medvezhonkova, T.V. Naumova, A.V. Nepokrytkh, L.A. Obolkina, A.E. Poberezhnaya, N.A. Rozhkova, T.Ya. Sitnikova, A.A. Shirokaya.

BM ISC, SB RAS – Baikal Museum of the Irkutsk Scientific Center, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.
1 Akademicheskaya str., Listvyanka, Irkutsk Region, 664520.

ISU – Irkutsk State University.
1 Karl Marx str., Irkutsk, 664003.

ISC, SB RAS – Irkutsk Scientific Center, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.
134 Lermontov str., Irkutsk, 664033, P.O. Box 313.

LIN, SB RAS – Limnological Institute, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.
3 Ulan-Batorskaya str., Irkutsk, 664033, P.O. Box 278.

Общие сведения о Байкале

Географические координаты –
51°029'–55°046' с.ш. и 103°043'–109°056' в.д.

Площадь – 31 500 км².

Площадь водосборного бассейна – 588 000 км².

Длина озера – 636 км (равна расстоянию по прямой между Москвой и Санкт-Петербургом).

Максимальная глубина – 1637 м.

Максимальная ширина – 79.5 км (п. Усть-Баргузин – п. Онгурен).

Минимальная ширина – 25 км (дельта р. Селенги – п. Бугульдейка).

Длина береговой линии – 2100 км.

Количество островов и островков – 28.

Объем водной массы – 23000 км³.

Средний уровень воды после зарегулирования стока – 456.41 м (по Тихоокеанской отметке).

Прозрачность воды – до 40 м.

Водная масса Байкала формируется за счет атмосферных осадков и притоков. Озеро наполняют воды более 300 рек, речек и ручьев. В засушливые годы мелкие водотоки пересыхают, а в годы с обильными дождями вновь наполняются водой. Самым крупным притоком




*Весенний лед весеннего Байкала.
Фото В. Которучко*

Байкал является река Селенга. Она привносит в озеро более половины водной массы, поступающей с притоками. Из Байкала вытекает река Ангара, правый приток реки Енисей.

По классификации солёности байкальские воды относятся к пресным: в 1 л воды содержится около 0.1 г минеральных солей.

«Озеро Байкал» – самый большой объект всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Его площадь составляет 89.1 тыс. км², в том числе особо охраняемые природные территории – 25.2 тыс. км².



*Лето на Байкале.
Один из символов Байкала – сосна
на южной границе бухты Песчаная.
Фото В. Короторучко*



*Осень – время холодных штормов.
Фото В. Короторучко*



*Зима на Байкале.
Бриллиант чистой байкальской воды.
Фото В. Короторучко*



Весенний Байкал из космоса



*Наскальные рисунки бронзового века в бухте Саган-Заба.
Фото О. Костюнина*

Человек на Байкале

Следы пребывания древнего человека на побережье оз. Байкал датируются поздним палеолитом (40–10 тыс. лет до н. э.). Находки эпохи позднего палеолита–раннего мезолита здесь единичны, они представлены стоянками Курла (северное побережье), в районе пос. Бу-

гульдейка и в Сарайской бухте на побережье острова Ольхон. Возраст этих объектов, определенный радиоуглеродным датированием, составляет 24–13 тыс. лет до н. э.

Стоянки среднего и позднего мезолита (примерно 10–7 тыс. лет до н. э.) более много-



Обо (бурятские ритуальные столбы) на возвышенной части острова Ольхон. Фото В. Короторучко



численны: они отмечены практически по всему побережью Байкала. В эпоху неолита человек активно осваивал побережье озера. Практически в каждой бухте, благоприятной для обитания (как в современности, так и в древности), зафиксированы следы пребывания неолитического человека. Наиболее ценные из них – многослойные поселения, содержащие находки разных периодов неолита: Улан-Хада, Итырхей, Саган-Забба, Тышкинэ, Кулара, Бугульдейка, Катунь, Окуневая [1, 2]. По данным антропологов и популяционных генетиков материалы погребений эпох неолита–ранней бронзы дают основания предполагать, что к V в. до н.э. в Прибайкалье и примыкающих к Байкалу районах Западного Забайкалья завершился процесс формирования антропологического типа «сибирских монголоидов». Краниологические и генетические характеристики неолитического населения этих территорий обнаруживают близкое родство с современными эвенками и значительной части современного

Наскальный рисунок неолита на горе Сахюртэ в Приольхонье (Окладников, 1974). Это самый древний рисунок на берегах Байкала



*Наскальные рисунки бронзового века в бухте Саган-Забя.
Фото О. Костюнина*

коренного населения Северной Азии [3]. На берегах Байкала древние люди занимались охотой, собирательством, промыслом нерпы, рыболовством, различными ремеслами (изготавливали каменные орудия труда, изделия из керамики).

Монголыязычные скотоводы, которых русские впоследствии стали называть «бракские люди», «буряты» («бураад» по старомонгольски означает «лесные люди») расселялись и оседали в Прибайкалье и Забайкалье в течение продолжительного времени до X–XII вв. Они были представлены

племенами эхиритов и булгатов (западная этнотерриториальная группа) и мунгалами (восточная группа). Занимались полукочевым скотоводством, зверовой охотой, рыболовством. Скотоводческая группа «восточных» бурят, проживающих в южных районах Забайкальского края и Республики Бурятия, появилась в Восточной Сибири не ранее XIV–XV вв. Их мировоззрение, хозяйственный уклад и бытовая культура сохраняли типичные черты монголов. Формирование современной этнической общности бурят завершилось к началу освоения Восточной Сибири русскими (XVII в.).





Геологическая история Байкала

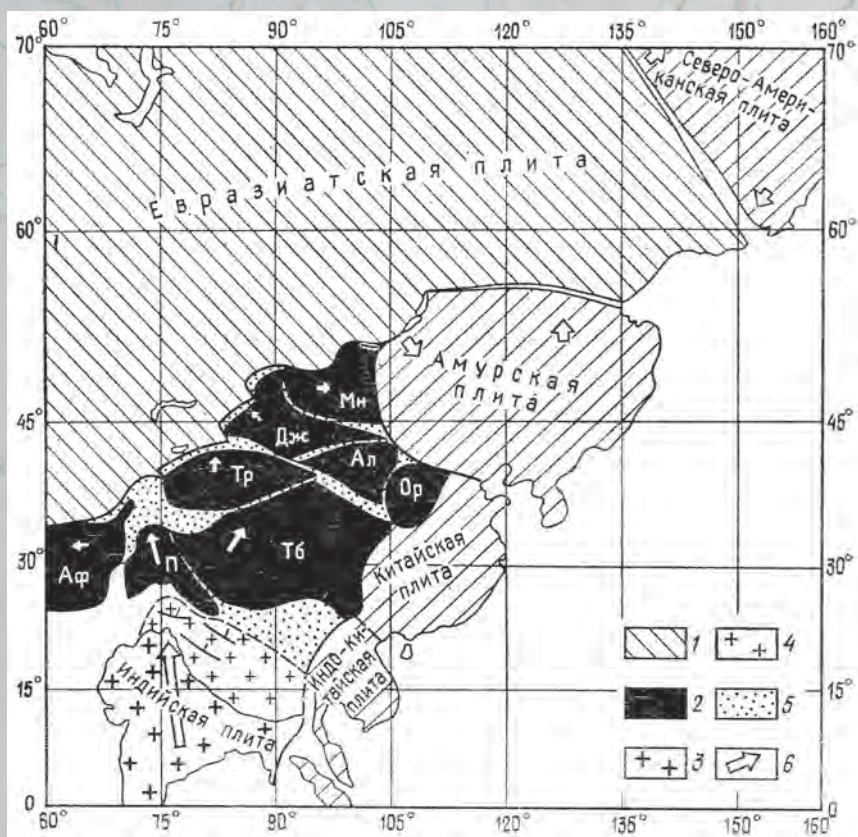
Замечательной особенностью Азиатского континента является наличие Внутриазиатского горного пояса, который характеризуется резко расчлененным рельефом; в его пределах расположен Байкал. Очевидно, проблеме образования и эволюции Байкальской котловины можно понять с учетом формирования этого горного пояса. Внутри него отмечаются как высокие горы, так и разделяющие их глубокие впадины, многие имеют рифтовую природу. Изучением природы и развития этой геологической структуры занимались многие российские и зарубежные геологи, но наиболее обстоятельно природа этого горного пояса, с учетом большинства исследователей, рассмотрена в работах Л.П. Зоненшайна с коллегами [4, 5], причем выводы, сделанные в этих монографических трудах, подтверждаются и новыми, более поздними исследованиями. Очень кратко мы рассмотрим проблему

формирования и эволюции Внутриазиатского горного пояса и Байкала, учитывая главным образом построения этого исследователя.

В Прибайкалье и Забайкалье основные геологические события закончились в позднем мелу и раннем палеогене, т.е. 50–60 млн лет назад. С этого времени до конца эоцена–середины олигоцена, т.е. до 30 млн лет, на месте горной области существовало выположенное, пенепленовое пространство. Это хорошо видно при путешествии на судах по Байкалу по ровной поверхности Приморского хребта, имеющего крутые западные склоны, которые прослеживаются до дна Байкальской впадины.

Начало горообразования Внутриазиатского горного пояса началось около 30 млн лет назад. Оно связано со столкновением Индийского континента с Азиатским. Внутриазиатский пояс в целом дискордантен по отношению к более древним структурам Азиатского материка. Индо-

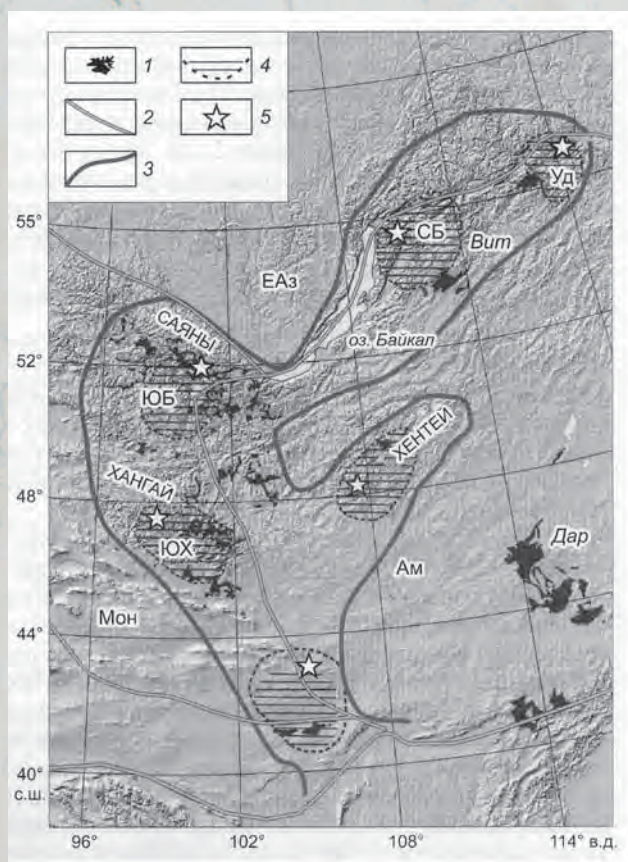
стан как своеобразный клин начал давить и продвигаться вглубь Азии, разбивая ее на серию малых плит, которые четко выделяются как по рельефу, так и по зонам сейсмичности. Неотектоническая структура Внутренней Азии объясняется результатом взаимодействия малых плит, в зонах сжатия которых могут формироваться горные хребты, а в зонах расхождения – впадины. Второй важный результат геологической эволюции юго-восточной Азии состоит в том, что примерно в это же время данная часть Азиатского континента перекрыла Тихоокеанское горячее поле мантии. Его отличительной особенностью является поступление от нижней мантии к поверхности Земли более горячего, содержащего повышенное количество расплавленного материала. Это хорошо фиксируется подъемом поверхности Земли в связи с близким подходом к ней астеносферного слоя мантии, расположенного обычно ниже



Положение плит и микроплит по отношению к Евразии при столкновении с Индийской плитой 30 млн лет назад.

Условные обозначения:

- 1 - крупные плиты;**
- 2 - микроплиты;**
- 3 - Индийская плита;**
- 4 - горно-складчатая область;**
- 5 - межплитовые области;**
- 6 - направления движения плит**



Расположение областей вулканизма (1) в пределах Монгольской и Амурской горячей мантии (2). Подъем астеносферы до глубины 100 км (3), до глубины 50 км (4). Вершины горных систем (5)

твердого литосферного слоя. Подъем глубинного материала вызывает, с одной стороны, рост свода, который вызывает поднятие уровня земной поверхности по отношению к соседним территориям, а с другой – рифтообразование, вызывающее раскол свода и образование глубоких впадин рифтового генезиса. Кроме формирования рифтовых структур, подъем глубинного мантийного вещества вызывает излияния мантийных базальтовых магм, обогащенных

литофильными элементами, такими как калий, рубидий, барий, легкие редкие земли и т.п. Все это четко проявлено в пределах Байкальской рифтовой зоны, протягивающейся от Монголии через Прибайкалье до Становика. Таким образом, образование Байкала связано, с одной стороны, с взаимодействием (расхождением на востоке и сближением на западе) Амурской и Евразийской плит, с другой – подъемом горячей мантии под Байкальской рифтовой зоной, что

определило рифтовый характер Байкальской впадины и ряда других. Байкальская впадина сформировалась в течение 25–30 млн лет. Она имеет, как показали геофизические исследования, мощную осадочную толщу – до 7–8 км; максимальная глубина Байкала – 1637 м, а скорость раскрытия Байкальской рифтовой впадины за все время ее существования – 1.5–1.7 мм/год [4].

В настоящее время представляется следующая последовательность формирования Байкала и его ближайшего горного окружения [6]. В период 30–18 млн лет существовала серия мелких озер на месте Байкальской котловины. В это время отмечались ареальные вулканические излияния, которые формировали маломощные лавовые депрессии. В период 22–16 млн лет отмечается усиление вулканической деятельности, происходили трещинные излияния, формировались лавовые плато; 17–7 млн лет формировались Южная и Центральная Байкальские котловины; 16 млн лет назад продуктивность вулканизма



Корреляция формирования Байкальской рифтовой зоны: типы и активность вулканических образований, масштабы горообразующих движений, вариации литологии осадочных отложений, типы озерных формирований

вплоть до 2.5 млн лет уменьшилась; в 7.5 млн лет заложена северная Байкальская котловина, в то время как Центральная и Южная имели большую глубину. Вместе с заложением Северной котловины начался интенсивный рост окружающих Байкал гор, максимальная высота которых (более 2.5 км) достигнута около 3 млн лет. В это же время произошло усиление вулканической деятельности, происходили долинныя излияния, формировались вулканические реки. Таковы основные стадии формирования как самой Байкальской впадины, так и всей Байкальской рифтовой области.

Образование Байкальской впадины в связи с развитием Байкальского рифта, ограниченного на западе крутыми сбросовыми разломами (ступенями) привело к вскрытию в бортах Байкала древних пород. В Листвянке, вдоль Кругобайкальской железной дороги, обнажаются архейские и протерозойские метаморфические породы с возрастом до

2.5–3.5 млрд лет, в других местах, например в бухте Ая – гранитоидные интрузии с возрастом 740–460 млн лет.

В 70–90-х гг. XX в. на основе структурно-геологических исследований Байкала и прилегающей территории Байкальской рифтовой зоны, включая сейсмоакустическую съемку осадочной толщи Байкала, ряд исследователей (К.Г. Леви, З. Балла, С.И. Шерман, Н.В. Солоненко, Л.А. Савостин и др.) проводил изучение сейсмоактивности разломов Байкала и его горного обрамления. Это позволило установить, что в Монголии и Прибайкалье, т.е. в восточной части Байкальской рифтовой зоны, растяжение литосферы происходило стадийно. Первоначально растяжение происходило по разломам северо-западного простирания, а позднее преобладало растяжение по разломам широтного направления. Такой двухстадийный процесс во многом определил форму большинства байкальских впадин рифтового генезиса.

*Гранитоиды с возрастом
740-760 млн лет на берегу бухты Ая.
Фото В. Короторучко*







Живой мир Байкала

Всемирная известность Байкала как природного объекта обусловлена удивительным разнообразием и уникальностью его флоры и фауны. Видовое разнообразие фауны только одного Байкала сопоставимо с видовым разнообразием обитателей сотен и тысяч озер Евразии. Ярким примером тому служат такие группы байкальских животных, как ракообразные (более 690 видов), малощетинковые черви (более 200 видов), свободноживущие ресничные черви (150 видов), байкальские бычки (34 вида и подвида). Если учесть, что около 60% видов животных, кро-

ме Байкала, больше нигде не встречаются (т.е. эндемичны), то данное озеро, без сомнения, является центром биоразнообразия, значимость которого сложно переоценить.

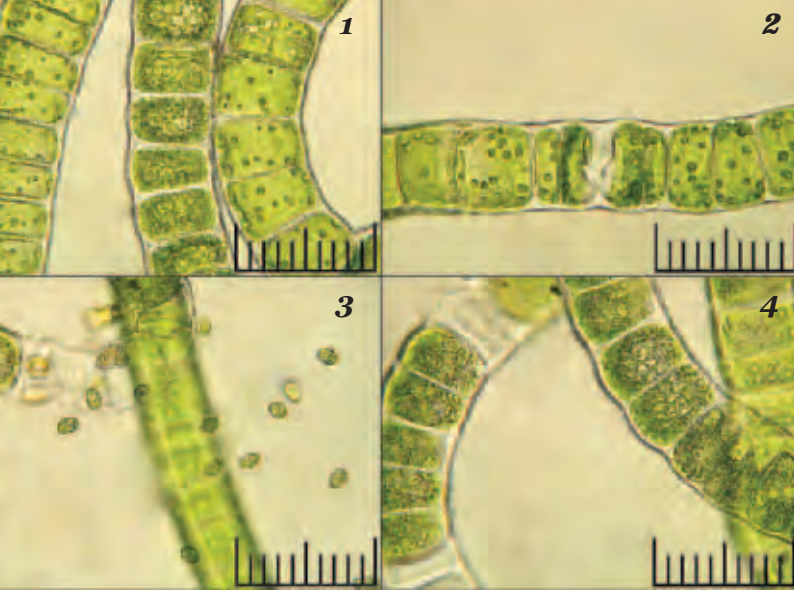
Несмотря на почти 200-летнюю историю изучения байкальской фауны, точное число видов-обитателей пока не установлено, так как на Байкале постоянно открываются не только десятки новых для науки видов свободноживущих нематод, инфузорий, турбеллярий, хирономид, остракод, амфипод и других животных, но также и новых родов и даже подсемейств. Таким образом,

Байкал на долгое время останется настоящей Меккой для биологов всего мира, и таксономические исследования еще долго будут актуальны для биоты озера.

Согласно подсчетам сотрудников Лимнологического института СО РАН Байкал населяют 2570 видов и подвидов водных животных, из них минимум 56% являются эндемиками озера; 381 вид и подвид наземных позвоночных населяют прибрежные участки и районы возле котловины озера. Байкал находится на первом месте среди древних озер мира по разнообразию и числу видов-обитателей [7].

Водоросли и представители водных беспозвоночных

Удивительная прозрачность и чистота байкальской воды обеспечиваются жизнедеятельностью мельчайших представителей флоры и фауны озера. Фауна беспозвоночных животных Байкала наиболее многочисленна и многообразна, но менее известна неспециалистам в области биологии. Сравнительно крупных гидробионтов можно увидеть невооруженным глазом в байкальской воде (на берегу, на дне, на камнях и под камнями, в толще воды); более мелких – микроскопические организмы – только под микроскопом или лупой в пробах воды или грунта. Фауна беспозвоночных животных Байкала представлена двумя большими группами: одноклеточных (или простейших) и многоклеточных.



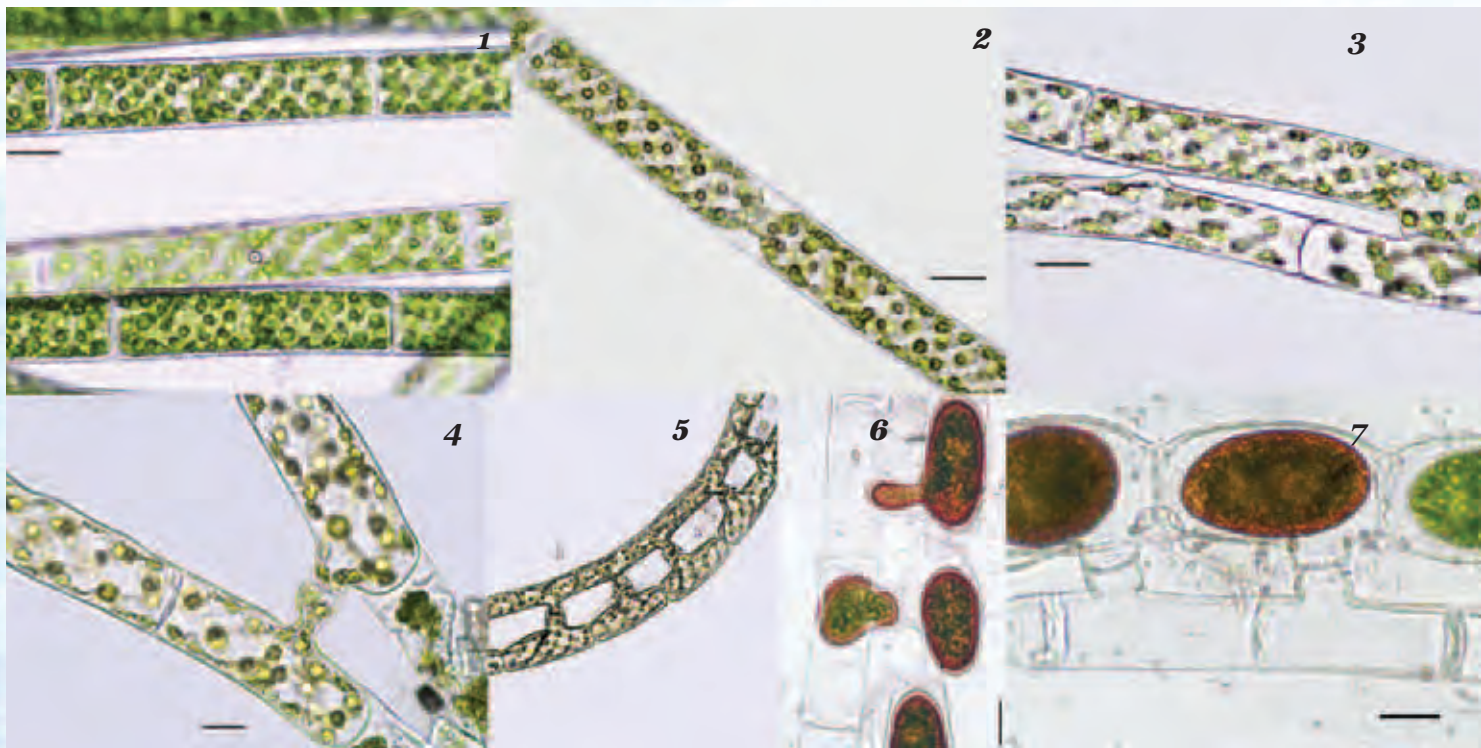
*Разные стадии жизненного цикла **Ulothrix zonata**: 1 – вегетативные нити; 2 – вегетативное деление нити; 3 – выход зрелых зооспор из спорангиев при бесполом размножении; 4 – спорангии с зооспорами. Фото Е. Волковой*



Первый растительный пояс Байкала, сформированный обрастанием улотрикса. Фото О. Тимошкина

Улотрикс – род зеленых нитчатых водорослей, которые обитают в пресных и морских водоемах, обрастая подводные предметы. В Байкале этот вид встречается преимущественно на глубинах от 0 до 1.5 м, формируя

первый растительный пояс. Улотрикс играет существенную роль в продукционных и биогеохимических процессах побережья Байкала, формирует среду для донных гидробионтов.



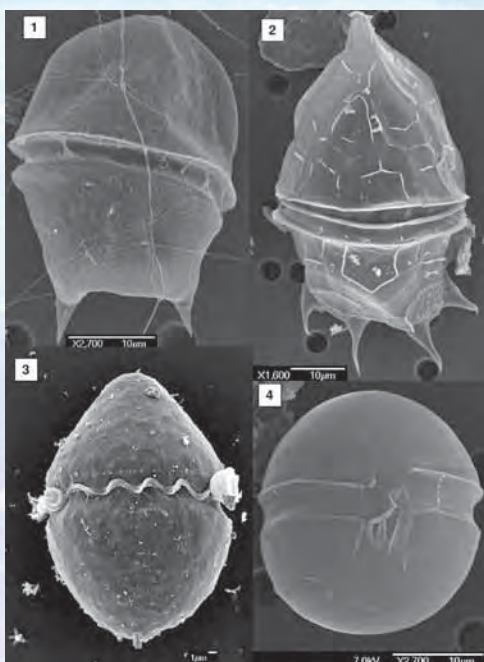
Разные стадии жизненного цикла Spirogyra: 1 – вегетативные нити; 2 – вегетативное деление нити; 3 – начало формирования конъюгационных каналов между клетками двух нитей; 4 – соединение клеток разных нитей конъюгационным каналом; 5 – лестничная конъюгация; 6 – переход содержимого клеток одной нити в клетки другой; 7 – сформировавшиеся зигоспоры. Фото Е. Волковой

Спирогира – род зеленых нитчатых водорослей, широко распространенных в континентальных, преимущественно пресных водоемах. Спирогира является существенным компонентом водной растительности, обильно развиваясь в теплые сезоны и даже

вызывая цветение воды. Начиная с 2011 г. водоросли этого рода стали встречаться во многих участках побережья Байкала, в массе развиваясь на камнях на глубинах от 1 до 20 м, а также формируя обильные береговые скопления.

Динофлагелляты – (устаревшее название – динофитовые водоросли) – это одна из групп простейших, занимающая разнообразные экологические ниши. Некоторые из динофлагеллят автотрофны (как растения), другие гетеротрофны (как животные), а третьи миксотрофны (способны как к фотосинтезу, так и к поеданию других организмов). Благодаря симбиотическим динофлагеллятам, существуют морские кораллы, встречаются и паразитические динофлагелляты. Для Байкала известны девять планктонных видов, хотя косвенные признаки свидетельствуют об их более высоком разнообразии

в озере. Уникальный комплекс фотосинтезирующих динофлагеллят развивается весной, подо льдом Байкала, причем, по крайней мере, часть видов способна обитать и в ледовой интерстициальной (поровой) воде. В остальное время эти байкальские динофлагелляты находятся в толще воды в покоящейся стадии. Весенние динофлагелляты играют важную роль в питании зоопланктона. В особенности это касается *Gymnodinium baicalense*: в отдельные годы численность водоросли может достигать до 3 млн клеток в одном литре, превосходя по биомассе другие водоросли.



Различные виды Динофлагеллят:
1 - *Peridinium eurycaps*, 2 - *Peridinium baicalense*, 3 - *Gymnodinium baicalense*, 4 - *Scrippsiella hangoei*. Фото Г. Хансена



Динофлагелляты в ледовой интерстициальной воде. Фото О. Тимошкина

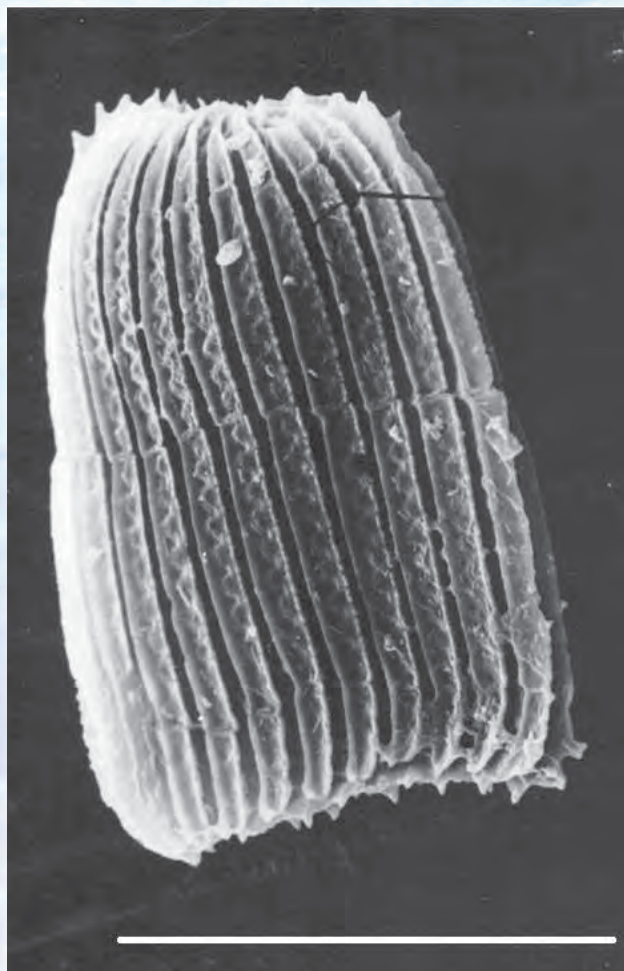
Ресничные простейшие (инфузории)

живут в почве и в воде. В Байкале обитает более 400 видов инфузорий. Встречаются они в толще воды, в различных грунтах на дне, симбионтные инфузории (комменса-

лы и паразиты) – на различных животных (рачках, моллюсках, домиках ручейников, на водной растительности и др.). Почти все байкальские специфичные симбионтные инфузории являются эндемиками [8].



Планктонная инфузория Maritija caudata. Фото Л. Оболкиной



Бентосная инфузория Baikalocoleps quadratus. Сканирующая электронная микроскопия. Фото Л. Оболкиной



Ветвистая губка
Lubomirskia baicalensis.
Фото Н. Anlauf



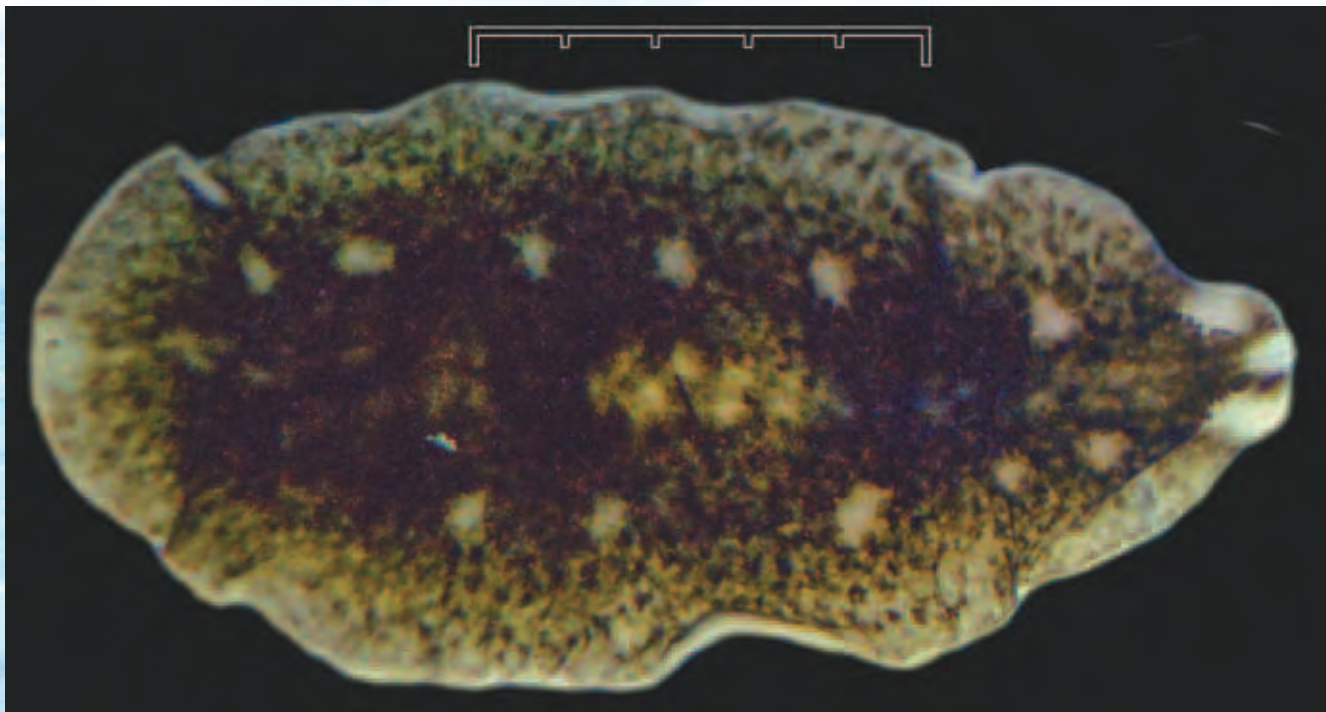
Глобульная губка
Baikalospongia sp.
Фото Ю. Зверевой



Корковая губка *Swartschewskia papyracea.*
Фото Ю. Зверевой

Губки – сидячие водные животные. Питаясь, губки улавливают и поглощают различные мелкие частицы: бактерии, простейшие, частицы детрита, и таким образом вносят вклад в процессы очищения воды в водоеме.

В Байкале обитают представители двух семейств губок. Их 14 видов и подвидов. В небольших, хорошо прогреваемых заливах можно встретить представителей космополитного семейства *Spongillidae*. Большинство же губок, которые можно увидеть на дне Байкала, относятся к эндемичному семейству *Lubomirskiidae* и не встречаются больше нигде в мире. Любомирскииды широко распространены во всех трех котловинах озера и заселяют широкий диапазон глубин – от 1.5 м до 1500 м. Они могут быть различной формы (древовидные, корковые, глобульные, куполообразные). На хорошо освещенных участках дна губки имеют ярко-зеленый цвет, который им придает симбиотическая водоросль зоохлорелла. Губки из расщелин или с нижней поверхности камней – светло-бежевые, иногда почти белые. Особи, поднятые с глубины в несколько сот метров, были белого или голубого цвета.



Пестроокрашенная трехцветная турбеллярия *Baikalobia gutata*. Распространена по всему Байкалу, Ангаре и Енисею. В большом количестве встречается на глубине 0–1.5 м. Фото Е. Зайцевой

Свободноживущие плоские ресничные черви (турбеллярии) – одна из наиболее многочисленных и разнообразных групп беспозвоночных озера Байкал, отличающихся практически 100%-ным эндемизмом [9, 10]. Эта фауна включает молодые и древние, карликовые и гигантские виды, ранг эндемичности весьма варьирует: от подвидов до семейств. По числу видов (более 170) она занимает 4–5 место среди животных – обитателей озера. Трехветвисткишечные турбел-

лярии, или планарии имеют наиболее ярко и пестро окрашенные формы. Среди них: самые крупные пресноводные планарии мира – *Baikaloplanea valida* (специализированные глубоководные черви, длина которых в фиксированном состоянии достигает 17–20 см), гигантские *Rimacephalus pulvinar* (10–13 см в длину). Эндемичные виды единственного неэндемичного рода *Bdellocephala* обитают в мелководье, пестро и необычайно разнообразно окрашены.

Свободноживущие круглые черви (нематоды) – одна из наиболее распространенных, разнообразных и обильных групп беспозвоночных животных.

В озере Байкал нематоды обитают на всех глубинах и во всех типах грунтов. Доля нематод в общем составе мейзообентоса значительна, часто именно они являются доминирующей по численности группой животных. Пищей круглым червям служат бактерии и детрит (разлагающиеся органические остатки),

водоросли и высшие водные растения, мелкие беспозвоночные и даже другие нематоды.

К настоящему времени в озере Байкал обнаружено 94 вида свободноживущих (непаразитических) нематод, из них 60 видов, т.е. около 65% всей фауны нематод – эндемики озера. Но эти данные не окончательны, поскольку фауна активно исследуется, и регулярно публикуются описания новых видов и данные о новых находках байкальских нематод.



Байкальская эндемичная нематода *Paratoponchus tajor* из песчаных пляжей озера Байкал. На фото общий вид и детали строения червя. Фото В. Гагарина

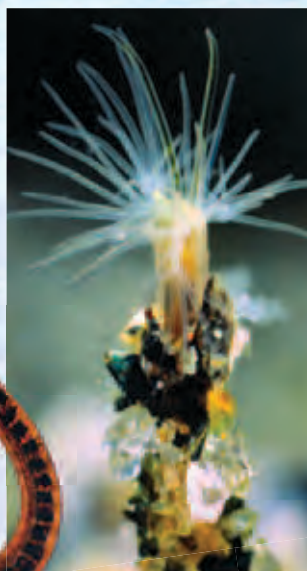
Малощетинковые черви (олигохеты) – небольшие сегментированные мягкотелые животные. На озере Байкал малощетинковые черви обитают от уреза воды и до максимальных глубин, населяют все представленные грунты и могут составлять 70–100% организмов в бентосной пробе. Разнообразие байкальских олигохет поистине поразительно. В настоящее время для озера описано 197 видов и 8 подвидов. Более 80% видов являются эндемичными [11], т.е. больше нигде не встречаются. Это сравнимо с разнообразием всех пресных озер Палеарктики. Систематический список олигохет Байкала во многом еще далек от завершения: фауна активно изучается и публикуются описания новых для науки видов.



Эндемичная энхитреида *Mesenchytraeus bungei* из зоны заплеска озера Байкал. Фото справа – электронная сканирующая микроскопия. Фото Ю. Зверевой



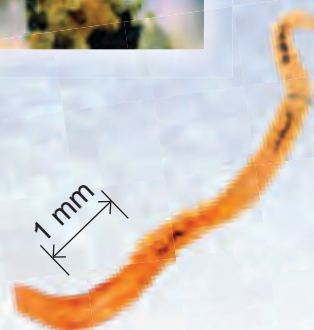
Представитель рода *Chaetogaster* из литорали озера Байкал. Фото Ю. Зверевой



Полихеты – в озере Байкал обитают три вида полихет рода *Manayunkia* (семейства *Sabellidae*); раздельнополые, колониальные животные, строящие домики из мелких частиц грунта (песка, ила, детрита), питаются сестоном.

Полихета *Manayunkia* Фото С. Дидоренко

***Lamprodrilus nigrescens* - эндемичная лямбрикулида. Живет среди обрастаний на камнях в литорали и сублиторали озера. Фото Ю. Зверевой**



Эндемичная лямбрикулида *Lamprodrilus achaetus*. Фото Ю. Зверевой



Эпишура. Фото С. Дидоренко

Эпишура. Согласно многолетним исследованиям наиболее массовыми видами зоопланктона в Байкале являются эндемичный рачок – эпишура (*Epischura baicalensis*) и циклоп (*Cyclops kolensis*). Эпишура – основной потребитель первичной продукции, влияет на прозрачность и химический состав байкальской воды. Именно эпишуре и циклопу принадлежит основная роль в формировании про-

дукции, которую потребляют рыбы и донное сообщество организмов. Эпишура по строению своего ротового аппарата является фильтратором, что позволяет ей поглощать из воды бактерио- и фитопланктон.

Зоопланктонные организмы очень чувствительны к изменениям температуры, прозрачности и химического состава воды, что влияет на их биологию (этапы жизнен-

ного цикла, размножение). Вмешательство в среду обитания может неблагоприятным образом сказаться на составе зоопланктонных организмов, численности и биомассе, а значит – на качестве байкальской воды. Кроме того, сокращение численности зоопланктона может привести к сокращению кормовой базы рыб и, как следствие, нерпы, околководных птиц [12].

Гарпактициды – мелкие рачки, размер которых около 1 мм. В прибрежной зоне Байкала они достигают огромной численности (более 500 тыс. экз./м²), в меньших количествах обнаружены и на максимальных глубинах. В основном это донные животные, но некоторые виды совершают миграции в толщу воды. Развиваясь в больших количествах, гарпактициды играют важную роль в круговороте органического вещества в Байкале и являются важным трофическим звеном экосистемы (питаются диатомовыми водорослями, бактериями, детритом), сами являются объектом питания молоди рыб. Более 80% гарпактицид – эндемики Байкала.

Остракоды – мелкие рачки, тело которых заключено в двустворчатую раковину. Длина рачков – от 0.3 до 5 мм (у некоторых морских видов до 30 мм).

В настоящее время в озере Байкал, включая прибрежно-соровые участки, установлен 171 вид и подвид остракод; 90% видов и один род являются эндемиками. Все байкальские остракоды являются представителями бентоса и обитают на разных глубинах и грунтах. Они наиболее обильны до 50 м. Недавно ракушковые рачки впервые были обнаружены на нижней поверхности льда озера Байкал.

Эндемичная гарпактицида
Harpacticella inopinata (с яйцевым мешком). Сканирующая электронная микроскопия. Фото Т. Евстигнеевой





Macrohectopus branickii.
Фото С. Дидоренко



Acanthogammarus victorii.
Фото С. Дидоренко

Амфиподы – в озере Байкал обитают свыше 350 видов и подвидов амфипод, принадлежащие шести семействам и 41 роду, что составляет 4.3% всей мировой фауны амфипод. Амфиподы населяют все глубины озера: от уреза воды до максимальных глубин, все типы субстрата. Морфологическое разно-

образие и разнообразие образа жизни отражено в большом богатстве их жизненных форм. Среди амфипод есть пелагические, бентопелагические, бентосные и симбиотические жизненные формы. Амфиподы являются основным компонентом питания рыб Байкала.

Ручейники – амфибиотические насекомые с полным превращением, насчитывающие более 15 тыс. видов, широко распространенные на всех континентах, кроме Антарктиды. В открытой литорали озера Байкал обитают только эндемичные ручейники семейства Апатанииды. Эндемичные ручейники озера Байкал – одна из трех доминирующих групп макрозообентоса, его каменистой литорали. Первые взрослые насекомые появляются из трещин льда в апреле, а массовый вылет имаго происходит в июне. Взрослые насекомые рассредоточены по побережью неравномерно. На 1 м² приходится от нескольких десятков до сотен

тысяч особей этих насекомых, которые спариваются, откладывают яйца и погибают. Продолжительность жизни байкальских ручейников составляет около трех лет. Потребляя в основном бактерии, микроводоросли и детрит, ручейники служат, в свою очередь, одним из существенных компонентов питания многих рыб, ряда птиц, живущих на побережье Байкала; период выкармливания птенцов приурочен к массовому лету ручейников. Этими насекомыми питаются бурундуки, белки, ящерицы; весной медведи выходят из тайги на берег озера и здесь вдоволь поедают ручейников (они могут съесть 5–7 кг).



*Личинки массового эндемичного вида ручейников **Baicalina bellicosa**. Фото А. Непокрытых*



Массовый вылет имаго ручейников. Фото В. Короткоручко

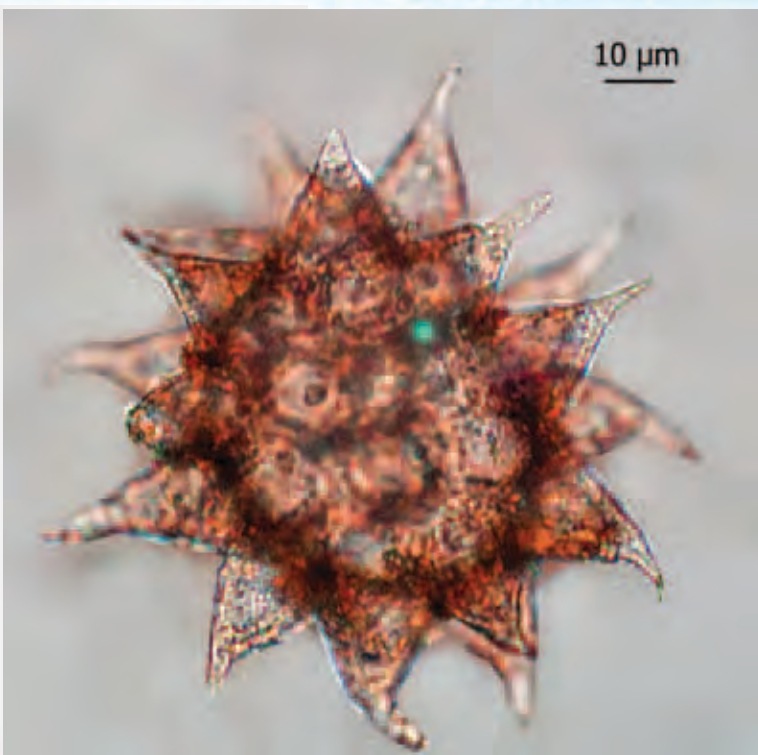
Тихоходки – отдельный тип животных, насчитывающий в настоящее время около 1200 наземных, пресноводных и морских видов. В Байкале обитают тихоходки класса Эутардиграда. Все они – бентосные виды, живущие между частицами грунта и на обрастаниях. В настоящее время в литорали

Байкала до глубины 40 м обнаружены шесть видов, из которых три являются эндемиками, а другие три – широко распространенными видами. Особенно многочисленны тихоходки в песчаных пляжах заплесковой зоны, где их численность может достигать 3 млн экз./м². Для байкальских видов известно

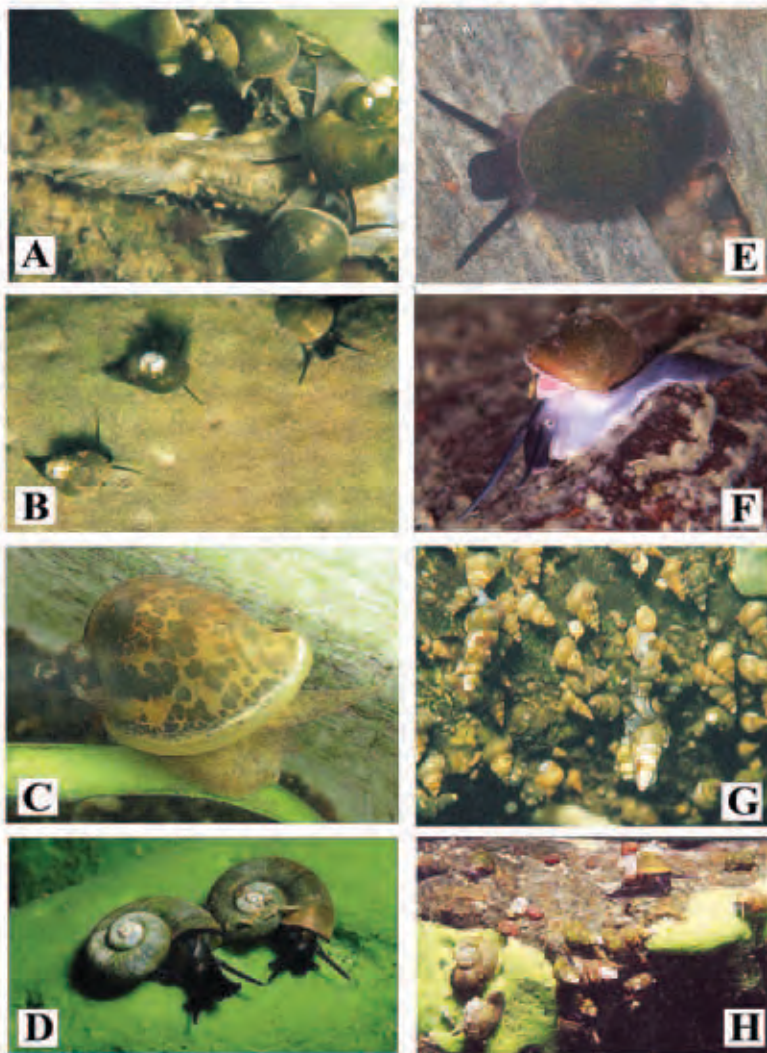
явление инцистирования, распространенное у пресноводных тихоходок и позволяющее им переживать неблагоприятные условия. В заплесковой зоне в скоплениях гниющих водорослей к байкальским видам присоединяются пресноводные виды из притоков и придаточных водоемов.



Общий вид тихоходки.
Isohypsibius baicalensis
Фото О. Медвежонковой



Яйцо тихоходки.
Bertolanius markevichi.
Фото О. Медвежонковой



A - *Benedictia baicalensis*; B - *Kobeltocochlea martensiana*; C - *Limnaea intercisa*; D - *Megalovalvata baicalensis*; E - *Benedictia baicalensis*; F - *Kobeltocochlea martensiana*; G - валун с моллюсками-байкалидами; H - обломок с различными моллюсками. Фото A, D, E. - E. Koolvort, B, G, H - P. Røpstorff, F - F. Graner, C, E - T. Ситниковой

Брюхоногие моллюски, или гастроподы озера Байкал представлены около 150 видами и подвидами, относимыми к 8 семействам трех подклассов (разножаберные, переднежаберные и легочные). Два семейства и более 110 видов являются эндемиками озера. В мелководных и хорошо прогреваемых в летнее время заливах Байкала, как и в водоемах прилегающих территорий, обитают широко распространенные в Сибири и в Палеарктике виды, не проникающие в открытую литораль озера. Исключение составляет прудовик *Limnaea auricularia*, встречающийся в озере совместно с мелководными эндемичными видами. Улитки населяют различные биотопы Байкала, в том числе глубоководные (до ~1400 м). В некоторых биоценозах мелководной зоны озера гастроподы составляют 70–90% численности и биомассы беспозвоночных. Наибольшее количество брюхоногих моллюсков обнаружено на скальных грунтах каньонов и вертикальных стенках валунов и глыб, где их биомасса достигает 1 кг/м². Улитки являются индикаторами водной среды: избегают кислотные и щелочные воды, а также грунты с повышенным гниением растительных и других остатков. Гастроподы являются кормом для некоторых видов рыб и птиц.

Представители водных позвоночных

В озере Байкал аборигенные виды рыб представлены 56 видами [13], относящимися к трем биогеографическим комплексам: сибирскому, сибирско-байкальскому и байкальскому [14, 15]. Первые два комплекса М.М. Кожов [16] подразделяет на две главные экологические группы: сибирский лимнофильный и сибирский лимнореофильный комплексы, в которые включает виды бореального равнинного и бореального предгорного фаунистических комплексов, занимающих зоны глубин до 20–50 м и до 50–70 м (редко до глубин 100–150 м) соответственно. Учитывая распределение видов рыб, выявляется и арктический пресноводный комплекс, обитающий в зоне глубин до 300 м [18]. Рыбы всех комплексов занимают зоны в соответствии с их генезисом и требованиями к условиям жизни. К сибирскому комплексу рыб относятся виды и подвиды семейств осетровые (*Acipenseridae*), карповые (*Cyprinidae*), щуковые (*Esocidae*), окуневые (*Percidae*), балиторовые (*Balitoridae*), вьюновые (*Cobitidae*), лососевые (*Salmonidae*), налимовые (*Lotidae*) и один вид семейства сиговые (*Coregonidae*), широко

распространенные в водоемах Сибири. В Байкале они распространены в мелководных заливах (сорах) и литоральной зоне озера. К сибирско-байкальскому комплексу относятся виды, которые в Байкале образовали эндемичные подвиды и виды, но которые филогенетически близки к формам, широко распространенным в водоемах Сибири. Это четыре вида семейства *Coregonidae* и хариусовые (*Thymallidae*). Виды второго фаунистического комплекса обитают в больших заливах озера и мелководной зоне Байкала от 10 до 300 м. Третий фаунистический комплекс представлен эндемичными байкальскими рыбами, которые обитают в Байкале или распространились из него в другие бассейны. К этому фаунистическому комплексу относятся 33 вида из трех семейств (рогатковые (*Cottidae*), голомянковые (*Comephoridae*) и глубинные широколобки (*Abyssocottidae*), обитающие от литорали озера до максимальных глубин, включая пелагиаль [13]. Максимум видового разнообразия сибирского и сибирско-байкальского комплексов (23 вида или 92% всех видов комплексов) приходится на зону глубин 5–10 м. Остальные (помимо омуля) пузырьные рыбы распространены в основном до 100-метровой изобаты и только ряд из них единично регистрируется в сетях и тралах на больших глубинах.



**Байкальский осетр.
Фото С. Дидоренко**

Беспузырные рогатковидные рыбы

(31 вид и подвид) обитают на дне озера до самых больших глубин. Максимум видового разнообразия видов байкальского комплекса (20 или 70% всех *Cottoidei*) смещен на зону глубин 200–500 м, в то время как в прибрежной зоне (до 25 м) обитает всего 8 видов.

В группе встречаются как наиболее крупные, так и самые маленькие представители байкальских рыб. Например, большая широколобка *Procottus major* при длине более 30 см достигает массы до 350–400 г. Другой представитель этого же рода – карликовая широколобка *Procottus gurwici* – не превышает в длину и 5 см, а по массе всего 2–3 г. Виды семейства *Abyssocottidae*: рыхлая *Neocottus werestschagini*, короткоголовая

Cottinella boulegeri и белая *Abyssocottus gibbosus* широколобки – обитают на максимальных глубинах и являются наиболее глубководными среди пресноводных рыб планеты.

Мир эндемичных рогатковидных рыб чрезвычайно разнообразен. Красная широколобка *Procottus jeittelesii* распространена во всех районах Байкала, но наиболее многочисленна она в средней и южной частях озера; в северном Байкале довольно редка. Населяет преимущественно илистые, илисто-каменистые и каменистые грунты; она распределена от побережья до глубин в 900 м, однако, как в прибрежье, до 10 м, так и на глубинах свыше 200 м, встречается очень редко. Большеголовая широколобка *Batrachocottus baicalensis* распространена практи-



Широколобка большая.
Фото С. Дидоренко



Широколобка горбатая.
Фото С. Дидоренко

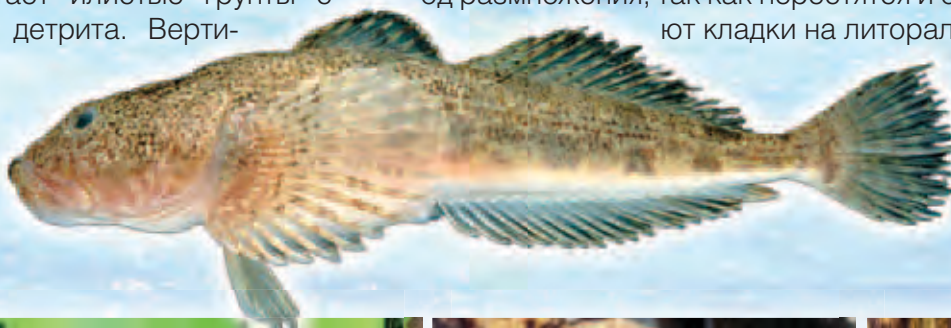
чески вдоль всего побережья, исключение составляют Селенгинское и Северобайкальское мелководья. Обитает на каменистом, каменисто-песчаном, реже каменисто-илистом грунтах, от побережья до глубины 150–180 м, но чаще встречается в диапазоне глубин от 5 до 70 м [20]. Каменная широколобка *Paracottus knerii* в Байкале распространена в прибрежье, особенно в южной и средней его частях; в северной она встречается в меньшем количестве. Основным местом обитания являются каменистые грунты [20]. Карликовая широколобка обитает исключительно в южной части озера. Этот вид предпочитает илистые грунты с большой примесью детрита. Верти-

кальное распределение вида ограничивается изобатами от 30 до 200 м.

В пелагиали озера обитают пять эндемичных видов рогатковидных рыб: желтокрылка (*Cottocomephorus grewingkii*), длиннокрылая широколобка (*Cottocomephorus inermis*), северобайкальская желтокрылка (*Cottocomephorus alexandrae*), малая и большая голомянки (*Comephorus dybowskii* и *C. baicalensis*).

Виды рода *Cottocomephorus* обитают до изобаты 500 м, причем 30–50% времени суток они обнаруживаются на дне, остальное время – в толще воды [13]. Они связаны с дном и в период размножения, так как нерестятся и охраняют кладки на литорали.

**Широколобка
песчаная.
Фото
С. Дидоренко**



**Каменная
широколобка.
Фото О. Каменской**



**Самец карликовой
широколобки.
Фото О. Каменской**



**Большеголовая
широколобка.
Фото О. Каменской**



**Красная
широколобка.
Фото О. Каменской**

Желтокрылка встречается по всему озеру, однако в северной котловине имеет несколько меньшую численность. Вертикальное распределение желтокрылки охватывает как прибрежные, так и открытые районы Байкала, от уреза воды до глубины 300 м, реже 400–450 м. В мелководные заливы с хорошо прогреваемой водой и соры желтокрылка не заходит. Образует три нерестовых стада, различающихся по срокам нереста (мартовское, майское и августовское). Нерест происходит на глубинах от 1.5 до 30 м.

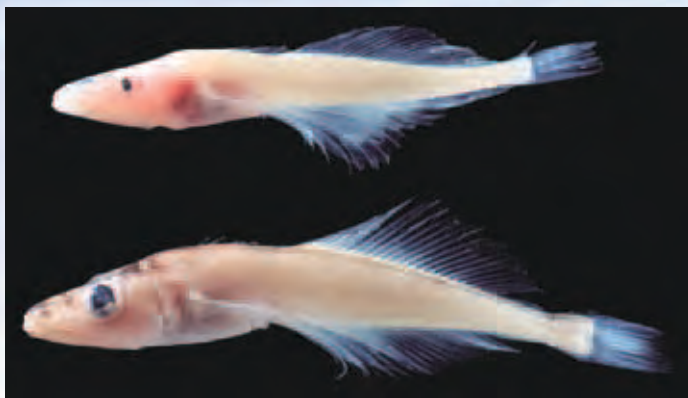


Бычок желтокрылка.
Фото С. Дидоренко

Длиннокрылая широколобка (длиннокрылка) – распространена во всех районах открытой части озера на глубинах от 50 до 500 и более метров. Нерест происходит в марте-апреле на глубинах 50–80 м.

Желтокрылка и длиннокрылка – важные объекты питания нерпы. А молодь этих рыб питается омуль.

Длиннокрылка.
Фото С. Дидоренко



Малая и большая голомянки. Фото С. Дидоренко

Голомянки встречаются в толще воды над глубинами 100–1637 м. Эти виды, не имея плавательного пузыря, приспособились к пелагическому образу жизни, практически полностью утратили связь с дном, освоив всю водную толщу озера и приобретая в условиях холодноводного водоема способность к живорождению.

Голомянки являются самыми многочисленными рыбами в Байкале, которые дают наибольшую биологическую продукцию.

Байкальский омуль относится к группе пелагических многотычинковых сигов с конечным ртом [19]. Потребляя зоопланктон, пелагических и донных амфипод (и другие организмы бентоса), личинок и молодь рогатковидных рыб, он наряду с байкальской нерпой является одним из конечных звеньев трофической цепи экосистемы озера. В озере байкальский омуль образует три эколого-морфологические группы: пелагическую, прибрежную, придонно-глубоководную. Распределение рыб по группам обусловлено морфологическими признаками, местами нагула и размножения, особенностями роста и развития.

Омуль – основная промысловая рыба на Байкале. Регулирование промысла омуля в настоящее время осуществляется на основе ежегодного мониторинга его запасов в соответствии с Федеральным законом «Об охране озера Байкал».

Байкальский омуль.
Фото О. Каменской



Личинки и икра омуля. Фото С. Дидоренко



Хариус, обитающий в озере Байкал, представлен двумя экологическими формами (белый *Thymallus brevipinnis* и черный *T. baicalensis* хариусы). Населяет литораль озера Байкал вдоль

всего побережья от уреза воды до глубин в 20–50 м. Спектр питания взрослых рыб отличается разнообразием и представлен 55 организмами различных систематических групп [21].



Белый хариус.
Фото С. Дидоренко



Черный байкальский хариус.
Фото О. Каменской

Представитель водных млекопитающих

Байкальская нерпа - единственный представитель ластоногих млекопитающих в Байкале, эндемик озера. 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 является конечным звеном трофической цепи Байкала, поскольку использует продукцию верхних звеньев цепи (фито-, зоо-, бактериопланктона и рыб) и тем самым испытывает на себе проявления всех изменений, происходящих в экосистеме Байкала [12].

В процессе эволюции байкальская нерпа приобрела ряд экологических, физиологических адаптаций, отличающих ее от близкородственных видов.

Нерпа – почти пелагическое животное, практически потерявшее связь с сушей. Однако нерпа сохранила потребность в твердом субстрате, а именно во льде, на период размножения. В летнее время животные собираются на береговых лежбищах в удалении от поселений людей. Благополучие популяции байкальской нерпы во многом обусловлено репродуктивной стратегией, которая обеспечивает высокую выживаемость потомства в условиях холодного и глубоководного водоема (устройство логовищ, особенности лактации, быстрое созревание, развитие «нырательных» способностей щенков и др.). Отмечено, что нерпа хорошо приспосабливается к изменениям ледового режима, численности кормовой базы и сравнительно благополучно переносит эпизоотии. В 2002 г. численность всей популяции нерпы с приплодом оценивалась около 100 тыс. особей. В современных условиях для рационального использования человеком ресурсов популяции байкальской нерпы требуется проведение постоянного мониторинга численности и здоровья байкальской нерпы. Это позволит сохранить нерпу и тем самым способствовать экологическому равновесию уникальной экосистемы Байкала.

Коренные жители побережий Байкала добывают нерпу и используют ее мясо в пищу, а из шкур шьют одежду.

*Байкальская нерпа.
Фото О. Каменской*







От «расспросных речей» – к системным научным исследованиям озера

В изучении озера Байкал выделено два этапа: сбор первых сведений об озере русскими землепроходцами (Елеско Юрьев – 1636 г., Курбат Иванов – 1643 г., Василий Колесников – 1646 г., Иван Похабов – 1647 г., Иван Галкин – 1648 г.) и научные исследования (с 1720 г. по настоящее время).

Первое литературное описание Байкала в 1656 г. дал протопоп Аввакум Петров, сосланный царем Алексеем Михайловичем в Забайкалье. Аввакум описал горное окружение и живой мир Байкала: «...Горы высокие, утесы каменные и зело высоки... Птиц зело много, гусей и лебедей по морю, яко снег, плавают.

Рыба в нем – осетры, и таймени, стерляди, и омули, и сига, и прочих родов много. Вода пресная, а нерпы и зайцы («морские зайцы», или «ушканы» – старое народное название тюленей) великия в нем, во окиане-море большом...».

Первая карта Байкала была подготовлена талантливым летописцем, картографом-самоучкой, жителем Тобольска С.У. Ремезовым. Сам он на Байкале не был, но выполнил свою работу, опираясь на сведения других людей (по «расспросным речам»), указал 40 притоков озера, дал в «Чертежной книге Сибири» (1699–1711 гг.) почти правильную форму Байкала, упомянул, что «промеж Похабихой и Безымянной в камнях слюду промышляют».

Научные исследования Сибири и Байкала начались с организации Петербургской академии наук (1724 г.). Еще до ее создания Петр I, понимая значение новых земель для растущего государства, пригласил из Германии учено-



Фрагмент карты Байкала С.У. Ремезова

го Даниила Готлиба Мессершмидта, который сам побывал на Байкале в 1720–1727 гг., представив новые данные об озере, особенно о южной его части, описал реки Ангару и Нижнюю Тунгуску, составил каталог растений Иркутской губернии.

Новый стимул в исследовании геологии Прибайкалья появился с открытием в Иркутске Сибирского отдела Императорского Русского географического общества (17 ноября 1851 г.). С этого времени на территории Прибайкалья регулярно работали различные научные экспедиции, изучавшие, в том числе, вопросы геологии и геоморфологии.

Бенедикт Дыбовский и Виктор Годлевский [22, 24], начиная с 1867 г., почти 10 лет проводили стационарные наблюдения. Был проделан громадный комплекс работ: выполнены промеры глубин Байкала, создана батиметрическая карта юго-западной части озера, осуществлены первые измерения уровня и температуры воды, проведены наблюдения за ледовыми процессами. Основные работы велись в зимнее время со

льда. Обнаружены беспозвоночные животные и доказано, что фауна Байкала весьма богата, а большая часть ее эндемична. До исследований Б. Дыбовского к тому времени было известно о шести видах ракообразных, обитающих в озере, благодаря трудам ученого, их число возросло до 191.

Наиболее известными исследователями геологии Прибайкалья второй половины XIX в. по праву считаются Иван Дементьевич Черский (1845–1892 г.) и Александр Лаврентьевич Чекановский (1833–1876 г.). И.Д. Черский с 1877 г. в течение четырех лет вел систематические исследования геологии берегов Байкала. Итогом его громадного труда явилась новая оригинальная концепция геологической истории Прибайкалья и самого Байкала.

Примерно в это же время к изучению геологии Прибайкалья подключился еще один известный ученый – Петр Алексеевич Кропоткин (1842–1921 г.). Труды П.А. Кропоткина, касающиеся геологии Прибайкалья, наиболее известным из которых является «Общий очерк орографии

Восточной Сибири» («Записки РГО по общей географии», 1875, т. 5), были высоко оценены Императорским Русским географическим обществом и принесли ему широкую известность.

В 1888 г. в Сибирь и на Байкал приезжает Владимир Александрович Обручев, первый и долгое время единственный штатный горный геолог Сибири. В отличие от И.Д. Черского Обручев пришел к убеждению, что такая впадина могла быть создана только в результате движения блоков земной коры по разломам и сравнительно недавно.

Строительство Кругобайкальской железной дороги послужило новым стимулом для дальнейшего изучения озера. Была организована большая гидрографическая экспедиция под руководством военно-морского офицера Федора Кирилловича Дриженко, работавшая в 1896–1902 гг. Экспедицией выполнены: батиметрическая съемка, астрономические и магнитные измерения, установлены десятки маяков, составлены карты южной, средней и северной частей Байкала, Генеральная карта

озера, атлас Байкала, судоходная лодка, а также атлас Верхней Ангары и волока до р. Витим (через 80 лет этот путь будет использован для строительства БАМа).

В 1916 г. при Президиуме Петербургской академии наук была создана Комиссия по изучению Байкала (КИБ). В комиссию наряду с известными учеными (Л.С. Берг, В.А. Обручев, А.Н. Северцов и др.) вошли увлеченные Байкалом их молодые коллеги: А.Ч. Дорогостайский, Г.Ю. Верещагин. В этом же году было построено первое научно-исследовательское судно «Чайка», и на Байкал отправилась первая научная экспедиция Российской академии наук.

В связи с Гражданской войной работы Байкальской комиссии АН возобновились только в декабре 1924 г. Под руководством Г.Ю. Верещагина была организована постоянная экспедиция АН СССР, которая обосновалась на юго-западном берегу Байкала, на исследовательской станции Маритуй [23].

За короткий срок с 1925 по 1928 г. был выполнен огромный объем работ. Только общая протяженность марш-

рутов за два первых года составила 7561 км. Исследования проводили в 5725 пунктах, из которых 457 были глубоководными; собрано 3540 образцов флоры и фауны, выполнено 11 902 химических анализов воды, проведены тысячи измерений температуры. Тогда же (1925–1929 гг.) приступили к изучению климатических особенностей Байкала, порожденных влиянием его водных масс. Г.Ю. Верещагин предложил рассматривать климат Байкала как «пресноводный морской».

Одну из главных задач Байкальской экспедиции АН СССР составляли гидрохимические исследования Байкала и его притоков. Г.Ю. Верещагиным было разработано, а в 1930 г. опубликовано руководство по проведению полевого анализа воды. Исследователи Байкала на IV Международном конгрессе лимнологов в Риме (1927 г.) получили высшую награду.

В конце 1950-х–начале 1960-х гг. были обобщены материалы исследований гидрохимии Южного Байкала. По многолетним данным был представлен анализ гидрохимического режима озера до

глубины 300 м. Исследована глубинная зона Южного Байкала до отметки 1400 м.

В 1962 г. К.К. Вотинцев приступил к обработке и обобщению всех имевшихся на Байкальской лимнологической станции материалов по гидрохимии вод притоков Байкала. На основе этих материалов, а также данных многолетних регулярных наблюдений сети Гидрометслужбы впервые была представлена гидрохимическая характеристика 250 притоков озера и подробно описан гидрохимический режим 18 главнейших рек. По составу вод и гидрохимическому режиму все притоки разделены на пять групп и отнесены к пяти типам. Эти результаты не утратили своего значения до настоящего времени.

С 1950-х гг. альгофлора Малого моря изучалась О.М. Кожовой [25], которая выделила 58 видов водорослей и отметила «урожайные» и «малоурожайные» по фитопланктону годы. Г.И. Поповская первая на Байкале открыла (1968 г.) группу мельчайших ультрамикробиотических водорослей, не учитываемую при обычной световой микроскопии.

Одним из основных элементов экосистемы Байкала является зоопланктон. На основе многолетних наблюдений специалисты по зоопланктону однозначно установили, что основу зоопланктона в пелагиали Байкала составляют ракообразные. Среди них ведущая роль принадлежит эпишуре, на которую приходится до 90–98% годовой биомассы всего зоопланктона. Э.Л. Афанасьевой и М.Н. Шимаревым проведен анализ связи между развитием зоопланктона и температурой воды в пелагиали Байкала, подсчитаны запасы всего зоопланктона.

С давних времен особый интерес вызывает эндемик Байкала – байкальская нерпа (тюлень). С 1961 г., когда широко проводились комплексные исследования по биологической продуктивности Байкала, особенно полноценными были работы В.Д. Пастухова. Он подробно описал образ жизни байкальской нерпы, ее экологические и морфофизиологические особенности, дал оценку численности популяции в монографии «Нерпа Байкала» (1993 г.).

В 1961 г. Лимнологическая станция была реорганизована

в Лимнологический институт (ЛИН СО РАН), который с 1954 по 1987 г. возглавлял Г.И. Галазий, академик РАН, крупный специалист в области геоботаники, лимнологии и экологии (особенно известна его книга «Байкал в вопросах и ответах», 1977 г.).

Одновременно на Байкальской биологической станции Биолого-географического научно-исследовательского института под руководством профессора М.М. Кожова проводились серьезные гидробиологические исследования. Среди байкаловедов XX в. имя Михаила Михайловича Кожова, безусловно, стоит в первом ряду. Он внес большой вклад в познание байкальских моллюсков, губок, распределение планктона, бентоса. По инициативе М.М. Кожова возобновлено и уже 70 лет (с 1946 г.) ведется постоянное мониторинговое исследование байкальского планктона у пос. Большие Коты, где расположена биостанция Иркутского государственного университета. За прошедшие десятилетия на ней собран уникальный (не только для Байкала, но и для мировой лимнологии) материал о сезонных и долговремен-

ных изменениях планктонных сообществ. М.М. Кожов впервые выделил отдельный учебный предмет, дав ему название «Байкаловедение».

Большой вклад в исследования Байкала внесла сибирская академическая наука, начиная с 1949 г., когда в Иркутске был организован Восточно-Сибирский филиал АН СССР, в настоящее время – Иркутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук. Институты Центра ведут многоплановые фундаментальные и прикладные исследования в областях математики, физики, энергетики, экономики, управления, химии, биологии, геологии, геохимии, географии, лимнологии и других [26, 27]. Озеро Байкал и Байкальская природная территория входят в состав объектов исследований институтов Сибирского отделения РАН, особенно его Иркутского и Бурятского научных центров.

ЛИН СО РАН является ведущим институтом Сибирского отделения РАН по проблемам озера Байкал, а также базовой организацией Байкальского международного центра экологических исследований.

В период 1987-2015 гг. Лимнологический институт возглавлял академик РАН М.А. Грачев, выдающийся ученый-биохимик, широко известный специалист по проблемам озера Байкал в стране и за рубежом.

Из года в год Институт своими научными результатами подтверждает высокий статус исследователя и ведущего эксперта по всему спектру байкальских проблем. Институт изучает состояние экосистемы озера Байкал в настоящем и прошлом; с

применением новых подходов геномики и протеомики исследует механизмы видообразования озера Байкал, эволюцию эндемичных видов в контексте геологических событий. Исследует состав байкальских вод, донных осадков, биологических объектов, пути миграции экотоксикантов по трофическим цепям; состав газовых примесей и аэрозолей в атмосфере над Байкалом. Сотрудниками Института проведена ревизия видового состава основных групп организмов Байкала, изданы ан-

нотированные списки озера и его водосборного бассейна, атласы диатомовых водорослей и некоторых представителей фауны. Создана система обнаружения поисковых признаков залегания подводных залежей гидратов метана. Впервые в мире газовые гидраты были обнаружены в пресноводном водоеме – озере Байкал.

Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН исследует научные проблемы природопользования и геоэкологии, ландшафтного и ре-



Научно-исследовательское судно Лимнологического института СО РАН «Г.Ю. Верещагин». Фото В. Короторучко

гионального планирования территориального развития, территориальной организации производства и жизни общества, физической географии и биогеографии, экономической, социальной, политической и рекреационной географии. Институт занимается многоцелевым зонированием Байкальской природной территории и, прежде всего, Центральной экологической зоны, которая включает в себя само озеро Байкал с островами, прилегающую к нему водоохранную зону и особо охраняемые природные территории.

Основные научные направления Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН связаны с изучением молекулярно-генетических и физиологических основ функционирования растений в связи с их ростом, устойчивостью и продуктивностью, с разработкой эколого-физиологических проблем Сибири, включая сохранение растительного генофонда.

Институт геохимии имени А.П. Виноградова ведет мониторинговые исследования истока реки Ангары, начатые в 1950 г. с целью оценки возмож-



***Научно-исследовательское судно
Лимнологического института СО РАН
«Академик В.А. Коптюг». Фото В. Короторучко***



***Научно-исследовательское судно Лимнологического
института СО РАН «Г.С. Титов». Фото В. Короторучко***

ных изменений состава воды за последние годы. С 2006 г. в воде истока ежемесячно определяют 56 элементов (в том числе редкоземельных элементов) методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Исследования показали, что динамика содержания большинства микроэлементов носит плавный характер, без резких изменений их концентраций. Сотрудники Института также изучали содержание ртути в различных горизонтах озера, отмечая незначительное глубинное поступление ртути со дна Байкала.

Институт земной коры СО РАН исследует геолого-геофизические характеристики развития Байкальской рифтовой зоны, объясняющие глубинное строение БПТ и сопредельных территорий. Основные направления фундаментальных научных исследований: современная эндо- и экзогеодинамика; геологиче-

ская среда и сейсмический процесс; ресурсы, динамика подземных вод и геоэкология; внутреннее строение, палеогеодинамика, эндогенные процессы и флюидодинамика континентальной литосферы.

Регионы Прибайкалья и Забайкалья относятся к одним из самых сейсмоопасных районов России. Ключевые направления прикладных работ Института земной коры СО РАН сосредоточены на программе «Сейсмобезопасность Восточной Сибири», инженерно-геологических исследованиях сейсмических свойств грунтов и сейсмоустойчивости зданий и сооружений. Институт создал региональную шкалу сейсмической интенсивности для Байкальского региона.

Для организации совместных научных исследований и экспертной работы отдельных институтов по байкальской тематике в Сибирском отделении РАН действует спе-

циализированный Научный совет СО РАН по проблемам озера Байкал (далее – Совет), в настоящее время возглавляемый академиком И.В. Бычковым. Задачами Совета является координация исследований и разработок в рамках программ Сибирского отделения, российских региональных и международных программ по изучению и обеспечению экологически устойчивого развития территорий, разработка интеграционных программ и проектов СО РАН по Байкалу с участием институтов СО РАН, вузов и других заинтересованных организаций. Совет осуществляет научную экспертизу крупных проектов, связанных с использованием природных ресурсов в бассейне озера, а также других экономических мероприятий, законодательных и нормативных инициатив, касающихся Байкальской природной территории.

Подводные исследования с использованием глубоководных обитаемых аппаратов: «Пайсисы» и «Миры» на Байкале

К 70-м гг. XX в. подводные исследования с применением водолазной техники уже широко вошли в практику научных исследований и фактически применялись почти во всех областях лимнологии.

Например, подводные погружения позволили наблюдать ледовое жилище нерпы вместе с детенышем прямо под водой.

Были исследованы заливы Мухор, Загли-Нур, Провал и др., составлены их подробные грунтовые гидродинамические и литодинамические карты. Много внимания уделялось исследованиям подводных каньонов Байкала.

К тому времени в распоряжении исследователей появилась подводная телевизионная камера – довольно громоздкая установка, ко-



Водолазы-исследователи В.А. Фиалков и Н.С. Резинков в легководолазном снаряжении перед погружением в подводный каньон. Март 1965 г.



Н.С. Резинков с нерпенком на руках, потерявшим мать



В.А. Фиалков изучает морфологию и донные отложения в каньоне «Черный» на глубине 17 м

торую обслуживали несколько человек. Тем не менее такая техника давала возможность проводить стационарные наблюдения за поведением различных организмов.

Однажды камеру установили в верховье каньона Жилище и выяснили, что большинство организмов прячутся под камни и их трудно обнаружить на дне днем, а ночью – наобо-

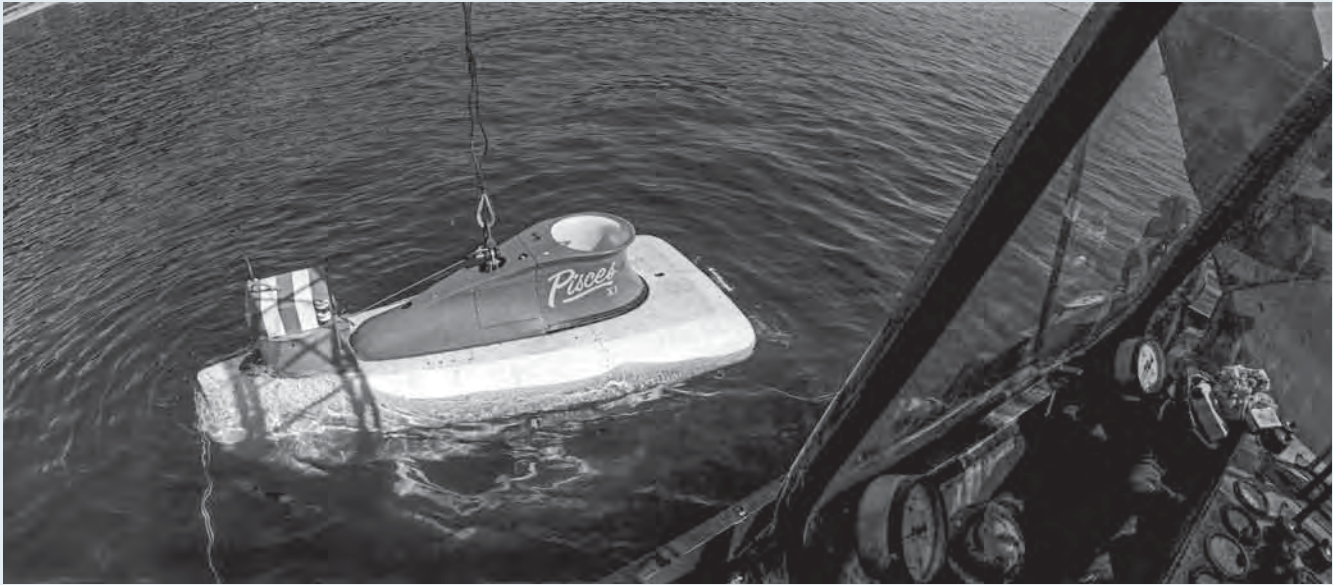
рот, в особенности при использовании фонаря, свет которого дополнительно привлекал рыб, планктон, ракообразных и турбеллярий – планарий, и их можно было хорошо наблюдать. Поэтому в этом каньоне решили такой эксперимент поставить и пытаться проникнуть достаточно глубоко. Но на глубине 94 м физиологическое воздействие сжатого воздуха или повышенная концентрация углекислого газа стали сказываться на состоянии водолазов. На этом эксперименты с погружениями глубже 76 м были прекращены.

Новый этап в изучении уникальных природных особенностей Байкала в 1977 г. открыли

исследования с применением глубоководных обитаемых аппаратов (ГООА) «Пайсис», которые работали на озере в 1977, 1990 и 1991 гг. Это была качественно новая страница в изучении Байкала. По результатам глубоководных погружений были получены новые данные по неотектоническим и сейсмическим структурам на дне Байкала, которые оказались более впечатляющими, чем известные аналогичные формы рельефа на его берегах. Оказалось, что на дне Байкала происходят мощные тектонические процессы, обуславливающие разрушение материкового склона и расширение впадины Байкала в



Глубоководные аппараты Пайсис на барже-носителе. Лето 1977 г. Фото В. Короторучко



***В августе 1977 г. через акриловые иллюминаторы глубоководных аппаратов "Пайсис" человек впервые увидел дно Байкала на недоступных глубинах.
Фото В. Короторучко***

западном направлении. Наблюдения из глубоководных аппаратов, фотографии и видеозаписи впервые позволили воочию увидеть и описать сообщества животных, обитающих на глубинах вплоть до максимальных.

«Пайсисы» были построены в Канаде в 1976 г., их предельная глубина погружений составляла 2000 м. Для Байкала с его максимальной глубиной 1637 м они подходили идеально.

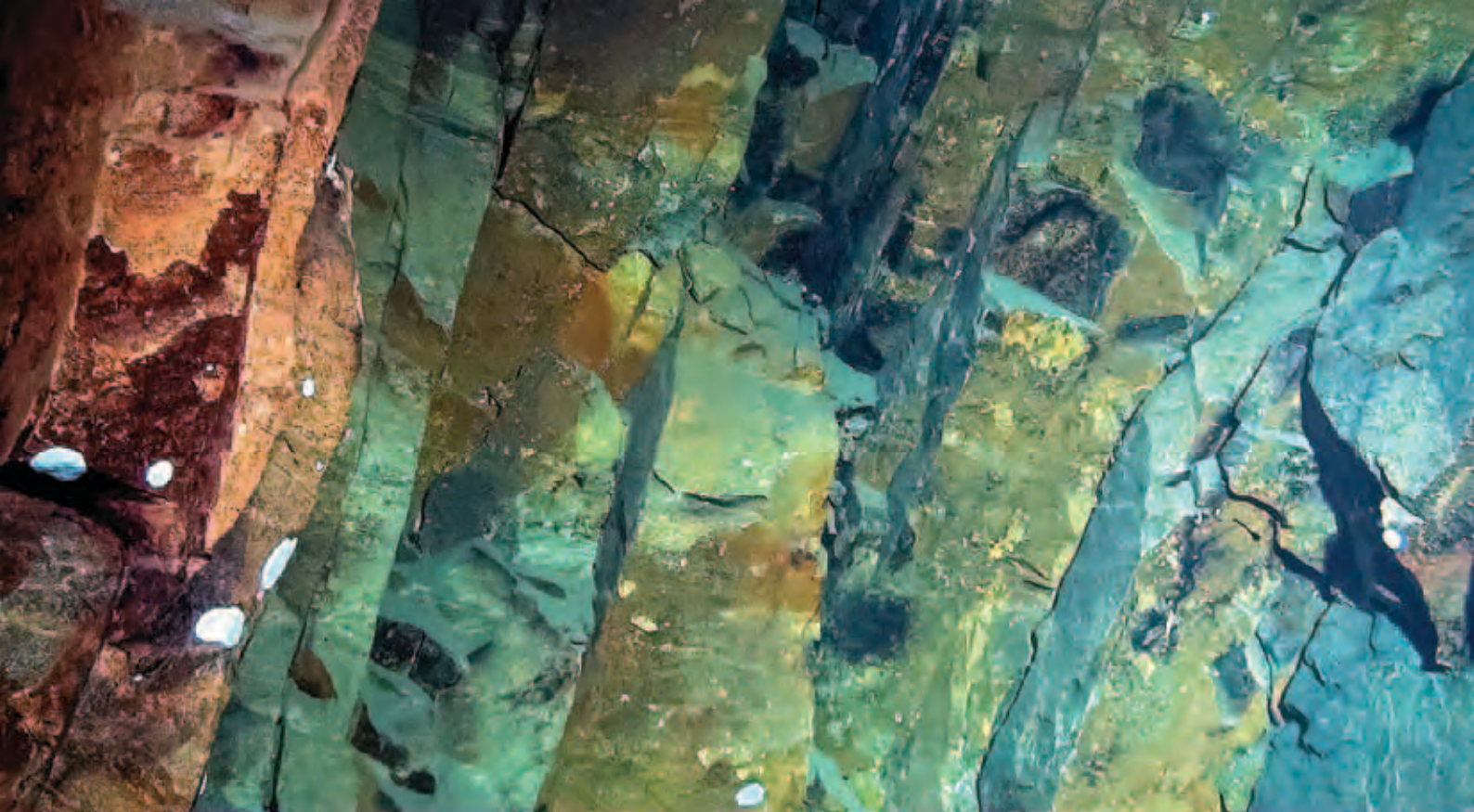
Каждое погружение помимо научной цели решало еще

и чисто технические задачи, потому что в каждом новом спуске аппарат достигал глубины, большей предыдущей, то есть одновременно проходило испытание и тестирование всех систем ГОА. Самая большая глубина – 1420 м – была обследована 10 августа 1977 г. в открытом Байкале, напротив м. Березового экипажем в следующем составе: А.М. Подражанский, А.М. Сагалевиц, Н.С. Резинков.

Всего в 1977 г. было осуществлено 25 научных и 17 технических погружений.

Одновременно с изучением подводных склонов и распределением по нему донной и придонной фауны были выполнены геоморфологическая и магнитная съемки, непрерывное сейсмическое профилирование, измерение теплового потока, подводное фотографирование, гидрохимическое опробование и другие измерения.

ГОА дали возможность исследовать подводный каньон Черный, который находится в районе Больших Котов. И там, в частности, было обнаруже-



Подводное скальное обнажение контакта Сибирской платформы с Амурской плитой. Глубина 400 м

но между глубинами 400–600 м огромное поле губок, которое покрывает всю поверхность днища этого каньона шириной более 50 м. Впервые удалось наблюдать расселение живых организмов и увидеть, что Южный Байкал заселен на всех глубинах от поверхности до дна. Повсюду достаточно много и рыб, и ракообразных, и червей, а везде, где были твердые субстраты, наблюда-

лись корковые губки. Эти исследования также позволили проследить за суточной миграцией уникального байкальского эндемика голомянки.

Исследования тепловых потоков на дне Байкала показали, что в Байкале есть такие места, где из дна сочатся более теплые воды, и это привлекло внимание, потому что к тому времени уже были открыты на глубинах около 4 км гидро-

термальные источники с колониями бактерий и различных животных – так называемые «черные курильщики» [28].

Когда стало известно, что на Байкале можно найти нечто подобное, этим заинтересовался всемирно известный американский журнал «National Geographic». Благодаря совместным усилиям «Пайсисы» вторично попали на Байкал, где проработали

два сезона 1990–1991 гг. Для работ с «Пайсисами» был подготовлен большой, водоизмещением 700 т, буксир «Балхаш», на котором было установлено спускоподъемное устройство, позволяющее поднимать «Пайсис» и опускать его в воду в любую погоду. Корабль был достаточно большой, и ни разу погружения не были отменены из-за погодных условий. Они работали очень эффективно и совершили более 96 погружений по всему Байкалу.

Погружения на «Пайсис» на глубину 450 м обнаружили

бактериальные колонии. Оказалось, что животные, которые там живут, начиная с бактерий, питающихся метаном, растворенным в вытекающей здесь из дна воде, и создающих эти колонии, и заканчивая всеми остальными участниками этой пищевой цепи, вплоть до рыб, уже не нуждаются в питании продуктами фотосинтеза. И там, на дне, образовалась хемосинтетическая жизнь; они могут жить только в этом районе, а в других районах жить не могут.

В результате исследований в районе Академического

хребта на глубине 900 м были найдены базальные горизонты, рассказывающие о происхождении Северного Байкала; была нарисована карта, как это происходило, и когда это происходило [29].

28 июля 1991 г. экипажем ГОА «Пайсис» в составе В. Кузина, Д. Оводкова и В. Фиалкова впервые было обследовано самое глубокое место Байкала, с глубиной 1637 м, что впоследствии было подтверждено погружениями на ГОА «Мир». Было установлено, что самое глубокое место на Байкале – это блюдцеобраз-



Глубоководный комплекс «Мир» в районе исследовательских работ, 2009 г.



Экипаж глубоководного обитаемого аппарата «Мир-2»: д.т.н. Ю. Башкуев, мастер подводного пилотажа Герой России Е. Черняев и академик М. Кузьмин, занял рабочие места. Фото В. Короторучко



*Через пару минут глубоководный аппарат исчезнет в байкальской пучине.
Фото В. Короторучко*



*Скальное обнажение
изверженных пород.
Академический хребет*



*Обломки изверженных пород
в осадках у основания
Академического хребта*

ное понижение с относительно выровненным дном, населенным огромным количеством крупных и мелких ракообразных, червей, в том числе больших турбеллярий-планарий, малоподвижных бычков, почти утонувших в иле и спящих во все стороны, зарывающихся в ил больших голомянок. На илистом дне проступают черные бляшки железо-марганцевых конкреций, являющихся важным свидетельством очень низкой или даже отрицательной скорости осадконакопления, что, по-видимому, позволяет этому району оставаться самым глубоким в Байкале.

Значительных успехов достигли подводные исследования Байкала с приходом на Байкал ГОА «Мир». Перед исследователями стоял ряд задач. Прежде всего, это визуальное обследование мест разгрузки нефти и газа, никак не охваченных работой «Пайсис», поиск выходов газовых гидратов на поверхность дна озера, поиск и изучение кавернозных глин и следов гидротермальной активности по всему озеру, изучение и открытие новых видов животного и микробиологического мира.

Так, о выходах газа и нефти в мелководной зоне и на берегу озера Байкал известно с XVIII в. О газовых гидратах на озере Байкал стало известно только к концу XX в. Первые вещественные находки связаны с бурением скважин в рамках проекта «Байкал-бурение», когда были вскрыты глубинные гидраты на поддонной глубине 121 и 161 м [30]. В 2000 г. были обнаружены первые приповерхностные гидраты под полуметровым слоем осадков на грязевых вулканах. В настоящее время приповерхностные гидраты найдены более чем в 20 районах озера [31].

С использованием ГОА «Мир» впервые на дне, в местах разгрузки нефти, обнаружены старые

(высотой до 10 м) и зарождающиеся (высотой до 1.5 м) битумные вулканы, а в местах одновременной разгрузки нефти и газа – постройки в виде столбиков высотой до 0.5 м и диаметром 10–15 см, состоящие из битума и газовых гидратов. Это были первые находки гидратов на поверхности дна озера! Подводным «месторождением байкерита» является исследованное с помощью

ГОО «Мир» небольшое поле битумных вулканов и битумно-гидратных построек, которые при землетрясениях и оползнях разрушались, и их обломки всплывали и достигали берега.

Впоследствии с помощью ГОО «Мир» были обнаружены и исследованы два выхода «чистых» газовых гидратов, приуроченных к разгрузке газа на различных глубинах и в раз-

личных районах озера («мелководный» выход на глубине 400 м в районе дельты реки Голоустная (южный Байкал) и «глубоководное» обнажение – напротив острова Ольхон (средний Байкал) на глубине 1400 м) [31, 32]. Во всех трех районах с обнажениями гидратов на поверхности озера выполнены эксперименты по изучению их формирования и разложения.



Газовые пузыри метана на поверхности, зима 2016 г.







*Битумный
вулкан на глу-
бине 900 м в
районе мыса
Горевой Утес*

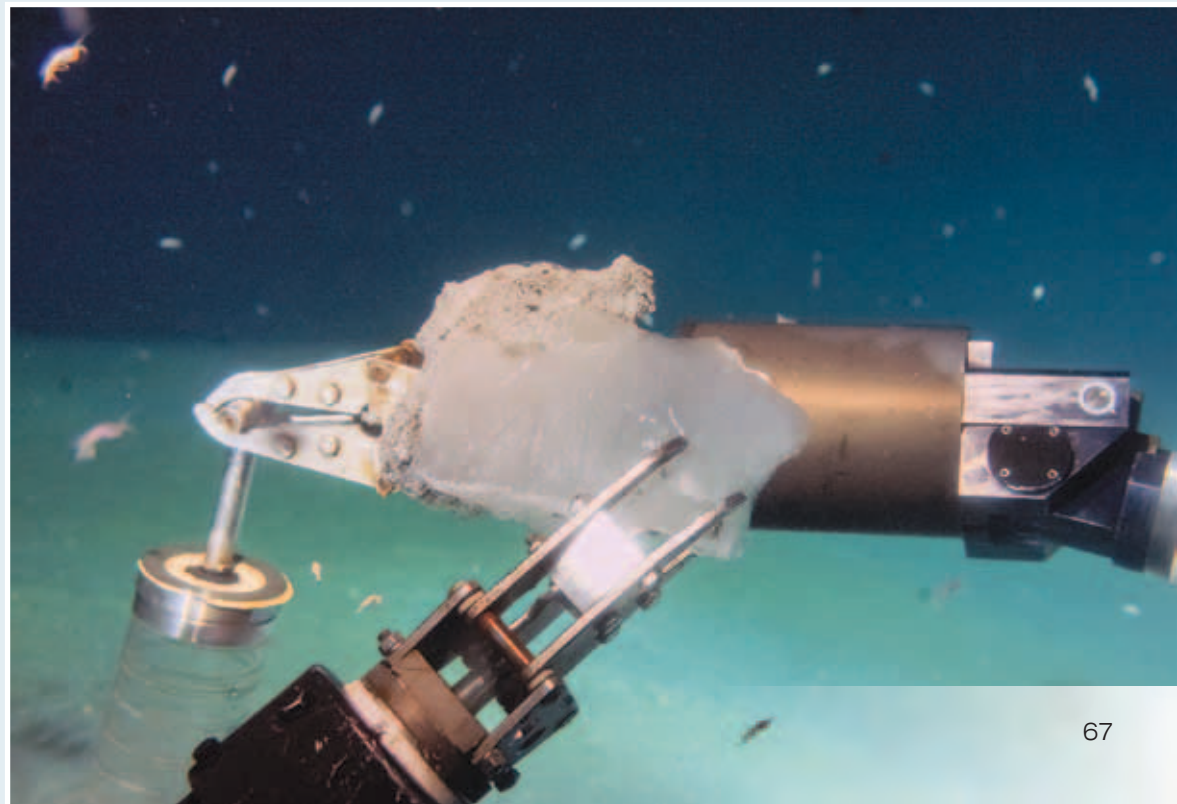


*Выходы
«замерзшего»
метана (газоги-
драта) на глу-
бине 1400 м*

*Подводное
скальное
обнажение
на склоне Ака-
демического
хребта*



*Отбор осадков
с газогидрата-
ми ГОА «Мир»*

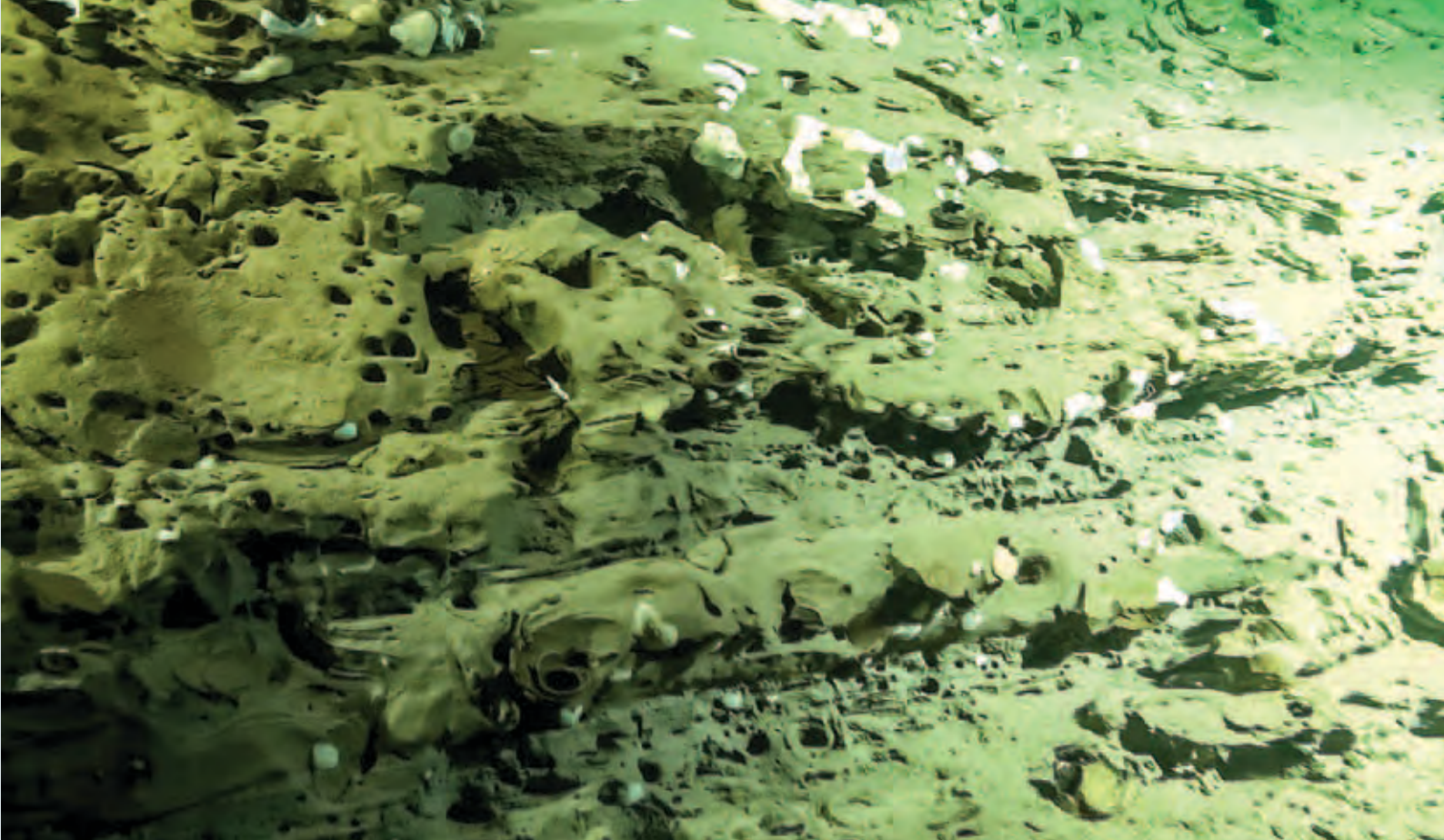




*Газогидраты
в грузовой сетке
ГОА «Мир»*



*Газогидраты –
ископаемый
огонь Байкала.
Фото
В. Короткоручко*



Обнажения глин с кавернами, встречающиеся повсеместно на подводных склонах Байкала

Благодаря работе ГОА «Мир» и «Пайсис» удалось изучить глубоководную фауну озера и установить, что ее численность в несколько раз больше, чем предполагалось ранее.

С помощью ГОА «Мир» было установлено, что каверны в глинах присущи не только подводным возвышенностям, но бортам и долинам впадин, а сами глинистые отложения имели возраст моложе миоценового (несколько миллионов лет), достигая плейстоцена (сотни-десятки тысяч лет). Каверны были обна-

ружены везде, где были крутые глинистые стенки высотой от первых сантиметров до десятков метров. Каверны средних и крупных размеров развиты практически на любом склоне, где обнажаются глины, не подвергшиеся разрушению, но они отсутствуют в глубине (10-15 см), за кромкой обнажения. Иногда они заселены ракообразными и рыбами, в том числе там, где идет разгрузка флюида и газа. Природа образования крупных каверн до конца не изучена и требует дальнейшего изучения.

Также были обследованы склоны и дно в районах о. Большой Ушканий, пролива Малые Ольхонские ворота, о. Ольхон, м. Бирхин, Муринской и Посолькой банок и других возвышенностей, а также крупных каньонов, включая Кукуйский. Уточнены максимальные глубины Байкала. Проведены многочасовые наблюдения за поведением животного мира в разных районах и время суток.

Кроме решения непосредственно научных задач международная научно-исследовательская экспедиция «Миры» на Байкале» реализовала задачи экологического просвещения, популяризации науки, поддержки международного научного сотрудничества, привлечения внимания общественности, руководства страны и регионов к проблемам сохранения уникальной экосистемы озера Байкал.



К погружению на дно Байкала готовится В.В. Путин, 1 августа 2009 г.

Уникальные байкальские научные проекты

Байкальский международный центр экологических исследований (БМЦЭИ)

Председатель Сибирского отделения РАН академик Валентин Афанасьевич Коптюг считал, что все научные коллективы Отделения должны активно участвовать в междисциплинарных научных исследованиях, которые целесообразно проводить вместе с зарубежными коллегами. Являясь членом Высшего консультативного совета по Устойчивому развитию при Генеральном секретаре ООН, он был убежден, что именно Байкальский регион должен быть примером территории, на которой можно реализовать принципы концепции устойчивого развития. Такую задачу он ставил перед институтами Иркутского научного центра. 3 декабря 1990 г. было принято решение СО РАН о соз-

дании Байкальского международного центра экологических исследований (БМЦЭИ, VICER) на базе Лимнологического института СО РАН [33]. Учредителями БМЦЭИ стали Сибирское отделение Российской академии наук (Россия), Университет Южной Каролины (США), Лондонское королевское общество (Великобритания), Швейцарский федеральный институт окружающей среды и технологий (Швейцария), Королевский Бельгийский институт естественных наук (Бельгия), Японская ассоциация международных программ исследования Байкала (Япония). В Японскую ассоциацию международных программ исследования Байкала вошли ученые из более 30 университетов



Учредители Байкальского международного центра экологических исследований (БМЦЭИ) подписывают документы о создании Центра (3 декабря 1990 г.)

и институтов Японии, создавших Байкальскую ассоциацию "Japanese Association for Baikal International Program" (JAPIBR). Зарубежными партнерами БМЦЭИ стали также научно-исследовательские организации Финляндии, Франции, Китая, Германии, Голландии, Италии, Польши, Израиля, Македонии, Кореи, Монголии.

Основной целью БМЦЭИ стало привлечение к изучению Байкала лучших зарубежных ученых для проведения совместных работ, обмен опытом лимнологических исследований. Деятельность БМЦЭИ включала несколько аспектов: исследование экосистемы Байкала, изучение механизмов и хронологии образования эндемичных видов байкальских

организмов, изучение глобального круговорота элементов и переноса опасных экотоксикантов, комплексное изучение геологических, палеогеографических, палеонтологических, геохимических исследований Байкала.

БМЦЭИ сыграл большую роль в развитии международного научного сотрудничества на Байкале. С момента его открытия по 1998 г. реализовано около 200 проектов, осуществлено более 300 международных экспедиций, в которых работали свыше 1500 иностранных ученых, оснащенных современными научными приборами.

За период своей деятельности БМЦЭИ доказал свою высокую эффективность.

В рамках совместных международных геологических, геофизических, гидрохимических, экологических исследований были получены значимые научные результаты.

Основным партнером геологических исследований в рамках программы «Геологическая история и глобальные изменения природной среды и климата на примере озера Байкал и других рифтовых озер мира» стали ученые из ведущих геологических организаций и служб США. Изучены осадки Байкала для получения палеолимнологических и палеоклиматических реконструкций. Было получено около 2 520 км профилей выскоразрешающего сейсмопрофилирования, с глубиной проникновения в

***Председатель
Сибирского отделения АН
СССР академик Валентин
Афанасьевич Коптюг
поздравляет учредителей с
официальным открытием
БМЦЭИ***



осадок 30–50 м, с разрешением 0.5 м, уточнена мощность отложений озера, составляющая в Северной котловине 4.5 км, в Центральной 7.5 км. Определены современные скорости осадконакопления байкальских осадков в глубоководных отложениях, которые варьируют от менее 0.016 см в год в Северной котловине до 0.12 см в год в дельте реки Селенги, при средней скорости осадконакопления 0.043 см в год.

В проекте «Исследования кернов глубоководного бурения на озере Байкал с целью реконструкции палеоклиматов в Восточной Сибири» приняли участие ученые из России, США и Японии. В работах участвовали три Института Иркутского научного центра СО РАН: Институт геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН, Институт земной коры СО РАН, Лимнологический институт СО РАН, а также НПО «Недра» из Ярославля.

В проекте «Исследование механизмов перемешивания глубинных байкальских вод» принимали участие ученые Скриппсовского океанографического института США, Отделения океанографии Гавайского университета США, сотрудники Лимнологического

института, Института биофизики (г. Красноярск) и Инженерный центр геофизического и экологического приборостроения (г. Новосибирск). Результаты стали основой для создания количественных моделей круговорота байкальских вод, доставляющих кислород на дно, а биогенные элементы – в верхний трофогенный слой озера, обеспечивающий биологическую продукцию экосистемы. Получен материал на 198 глубоководных и прибрежных станциях, позволивший проанализировать поступление поверхностных, обогащенных кислородом, биогенными элементами, бактерио- и фитопланктоном вод в присклоновой зоне Байкала на глубину свыше 1100 м.

Биологические исследования проводились совместно с учеными Университета Нью Хемпшира (США) и Института микробиологии РАН (г. Москва) с помощью подводного обитаемого аппарата «Пайсис». Идентифицированы разнообразные штаммы микроорганизмов, в том числе бесцветные серные и магнитные бактерии, исследована экология байкальских губок, проанализированы отдельные виды из различных

трофических уровней разных сообществ пелагиали, изучено состояние среды обитания байкальских тюленей, процессов накопления тяжелых металлов и хлорорганических соединений в их организмах и рыбах, являющихся объектом их питания.

В рамках экологических исследований, совместно с учеными Университета Южной Каролины, Лаборатории химии окружающей среды (США), учеными из Японии, сотрудниками Инженерного центра геофизического и экологического приборостроения СО РАН (г. Новосибирск), определены концентрации стойких органических загрязнителей, в том числе пестицидов в атмосфере, в воде и биоте на Байкале.

В проекте «Изучение химического состава аэрозоля и атмосферных выпадений в регионе озера Байкал» совместно с Антверпенским университетом (Бельгия), Университетом Род-Айленда, (США), Институтом химической кинетики и горения СО РАН, (г. Новосибирск) проведены комплексные исследования химического состава аэрозольных частиц в приводной атмосфере Байкала, оценено их происхождение.



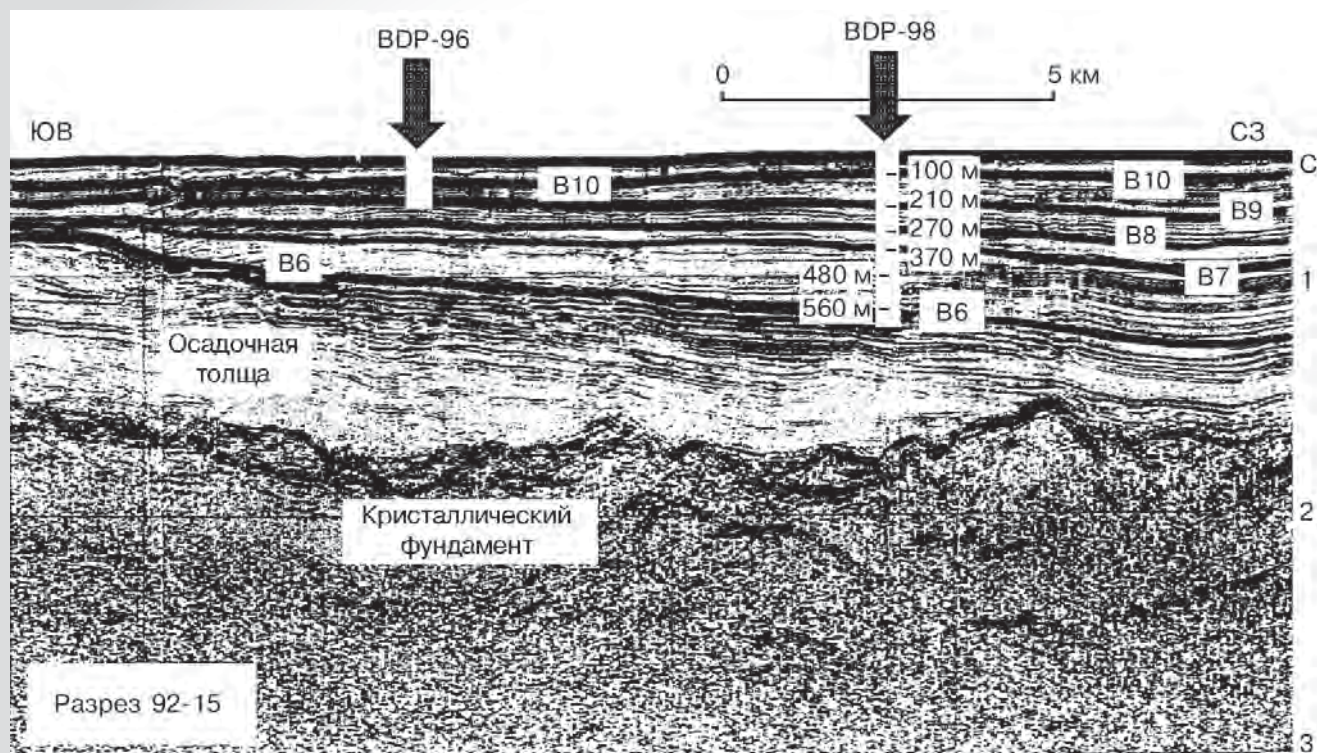


Проект «Байкал-бурение»

Во время Международного геологического конгресса в Вашингтоне (1989 г.) американские ученые по инициативе профессора университета Южной Каролины Дагласа Вильямса предложили рос-

сийским коллегам начать совместные исследования изменений природной среды и климата Центральной Азии на основе глубоководного бурения на Байкале. Получить непрерывные палеоклимати-

ческие континентальные записи, охватывающие временные промежутки в несколько миллионов лет, можно только на Байкале, поэтому эти исследования привлекли внимание мирового научного сообщества.

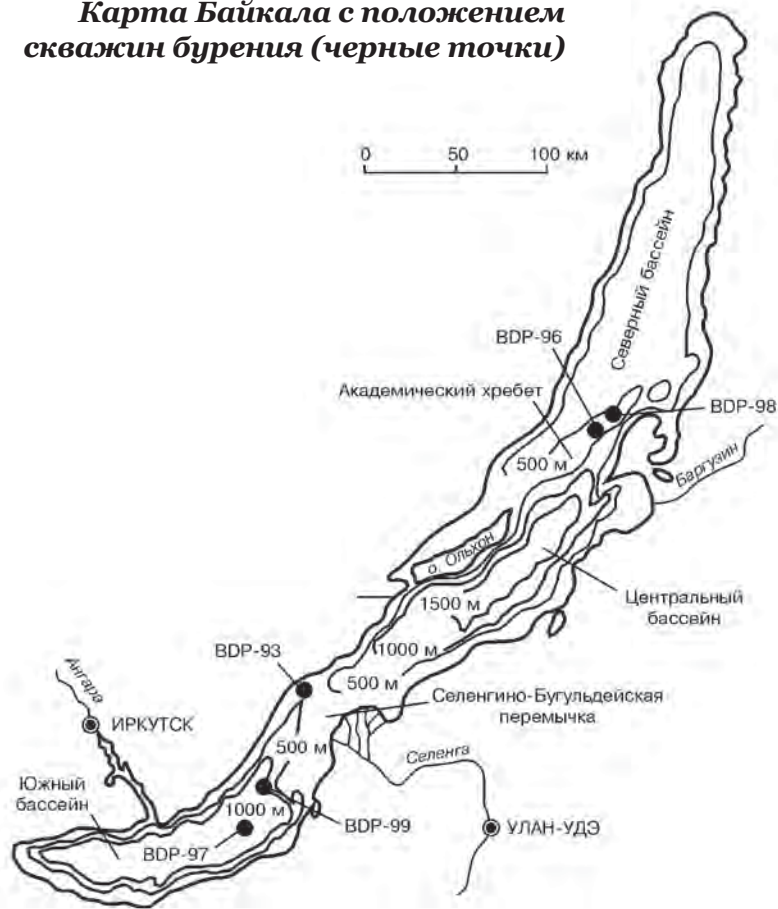


Сейсмический разрез Академического хребта и положение скважин BDP-96 и BDP-98. Показаны отражающие акустические границы рефлекторов Баргузинской толщи (В-6, В-10). Цифры для колонки BDP-98 глубины (от дна) акустических границ. Цифры справа – глубина поверхности озера

Будущий проект обсуждался в Северной Каролине, где с российской стороны приняли участие Л.П. Зоненшайн (Институт океанологии АН СССР), М.И. Кузьмин (Институт геохимии имени А.П. Виноградова СО РАН), Б.Н. Хахаев (ГНПП «Недра» Министерства геологии СССР, которое взяло на себя подготовку и проведение работ по бурению байкальских осадков). На совещании было решено, что многоканальные сейсмические работы, выполняемые на Байкале геофизиками Южного отделения Института океанологии АН СССР, будут продолжены в сотрудничестве с геологической службой США. В итоге эти исследования позволили оценить строение и мощность осадочной толщи Байкала и помогли выбрать наиболее перспективные точки для бурения.

Выполнение совместных российско-американских геофизических исследований позволило достаточно хорошо изучить сеймостратиграфию осадочной толщи Байкала. В глубоких котловинах озера выделяются три основные сеймостратиграфические толщи. Проторифтовые сеймопрозрачные отложения,

Карта Байкала с положением скважин бурения (черные точки)



слагающие самые глубокие части осадочного разреза, располагаются выше пород фундамента в осевой части рифта. Среднерифтовые отложения слагают осадочный комплекс, содержащий умеренные и весьма протяжен-

ные отражающие горизонты. Толща сильно дислоцирована (рассечена разломами и смята в пологие складки). Наконец, выделяется современная рифтовая толща мощностью нескольких сотен метров, занимающая центральные части

байкальских глубоководных впадин и отличающаяся от среднерифтовой толщи практически полным отсутствием разрывов, перемещения отдельных слоев.

Зимой 1992 г. был окончательно сформирован координационный комитет международной программы «Байкал-бурение» в составе М.И. Кузьмина (РФ), Д. Вильямса (США), Т. Каваи (Япония).

В 1991-1993 гг. был разработан буровой комплекс «Байкал», который мог бурить скважины глубиной 100–300 м. Он устанавливался на барже, которая вместе с судном-буксиром «вмораживалась» в озеро в начале ледостава, и буровые работы проводились

в зимний период со льда, когда буровой комплекс был неподвижен.

В 1997 г. был создан буровой комплекс «Байкал-2000», позволявший проводить бурение скважин глубиной до 1 км при глубине воды до 900 м и был использован при бурении в 1997–1999 гг.

Первое бурение осуществлено в 1993 г. на Бугульдейской перемычке на глубине 354 м. Были пробурены две скважины: глубиной 98 и 102 м.

В 1996 г. бурение проводили на поднятии Академический хребет при глубине воды 321 м. Пробурены две скважины: первая, BDP-96-1, достигла глубины 300 м (но отбор керна проводили только до

глубины 200 м); вторая, BDP-96-2, – глубины 100 м

В 1997 г. были подняты уникальные образцы осадков, содержащих газогидраты. Бурение проводили в южной котловине озера при глубине воды более 1000 м.

В 1998 г. на Академическом хребте было проведено бурение скважины BDP-98, расположенной в 5 км севернее точки бурения BDP-96. Глубина скважины составила 670 м при глубине воды 333 м. Сплошной отбор керна осуществлялся до глубины 600 м. Выход керна составил более 90%.

В 1999 г. бурение проводили в точке, где глубина воды составляла 206 м, глубина скважины – 350 м. Эта точка соответствует так называемой Посольской банке, осадки на которой во многом формируются взвешенным материалом, поступающим от реки Селенги. Здесь получена высокоразрешающая палеоклиматическая запись, раскрывающая палео-экологию Селенгинского бассейна, а также дающая ценнейшую информацию об истории Байкальской впадины в целом.

В 2001 г. была опубликована книга академика М.И. Кузь-



**Председатель
координационного комитета
М. Кузьмин
(Россия)**



**Сопредседатель
координационного комитета
Т. Каваи
(Япония)**



**Сопредседатель
координационного комитета
Д. Вильямс
(США)**



Буровой комплекс в точке бурения (зима 1998 г.)

мина «Во льдах Байкала», в которой рассказано о трудных и опасных моментах при проведении зимнего бурения, которые переживали участники экспедиции. Примером могут служить воспоминания академика М.И. Кузьмина, когда в первый год бурения на Академическом хребте экспедиция попала в центр формирующегося поля торосов: «Весь этот разгул стихии продолжался около 45 минут. Все, кто был на судне, – члены команды и

экспедиции – стояли у бортов, на носу или на мостике и молча созерцали то, что творила природа. Картина незабываемая! Мы находимся на маленьком пароходе среди живущих и движущихся льдов, которые, ломая и наползая друг на друга, образуют огромные поля торосов. Этому льду, наконец, не страшна никакая преграда – он может сломать все, «перескочить» через все, что встанет у него на пути. Чувствуешь себя маленьким

и незащищенным человеком в этом ледяном плену, чувствуешь свою беспомощность перед природой и понимаешь, что с ней шутить нельзя» [34].

Несмотря на трудности в рамках проекта «Байкал-бурение» за 10 лет было проведено пять буровых экспедиций, вскрывших толщу осадков длиной от 40 до 630 м, и получено более 1500 м кернов донных отложений озера с максимальным возрастом более 8 млн лет. Разрешение полу-

Бурение первой скважины ВДР-96 на Академическом хребте. Январь 1996 г.



Первый лед на зимнем Байкале. Округлые, гексагональные образования, окруженные ледяной «шугой» (мелкие игольчатые льдинки). Январь 1996 г.



ченных палеоклиматических записей очень высокое и составляет от 50 до 500 лет. Результаты исследований по проекту «Байкал-бурение» увидели свет более чем в 100 публикациях в российских и международных журналах.

Наиболее информативными в отношении палеоклимата явились скважины на подводном Академическом хребте. Байкальская осадочная толща фиксирует все изменения климата, которые пережила Байкальская территория Сибирского континента. Скважина, вскрывшая 600-метровую толщу осадков, позволила заглянуть в историю вариаций климата Сибири в период за 10 млн лет. Как известно, положение Земли на солнечной орбите обуславливает эпохи теплые (межледниковые) и холодные (ледниковые) – так на-



Поле торосов в районе скважины ВДР-96 (зима 1996 г.)

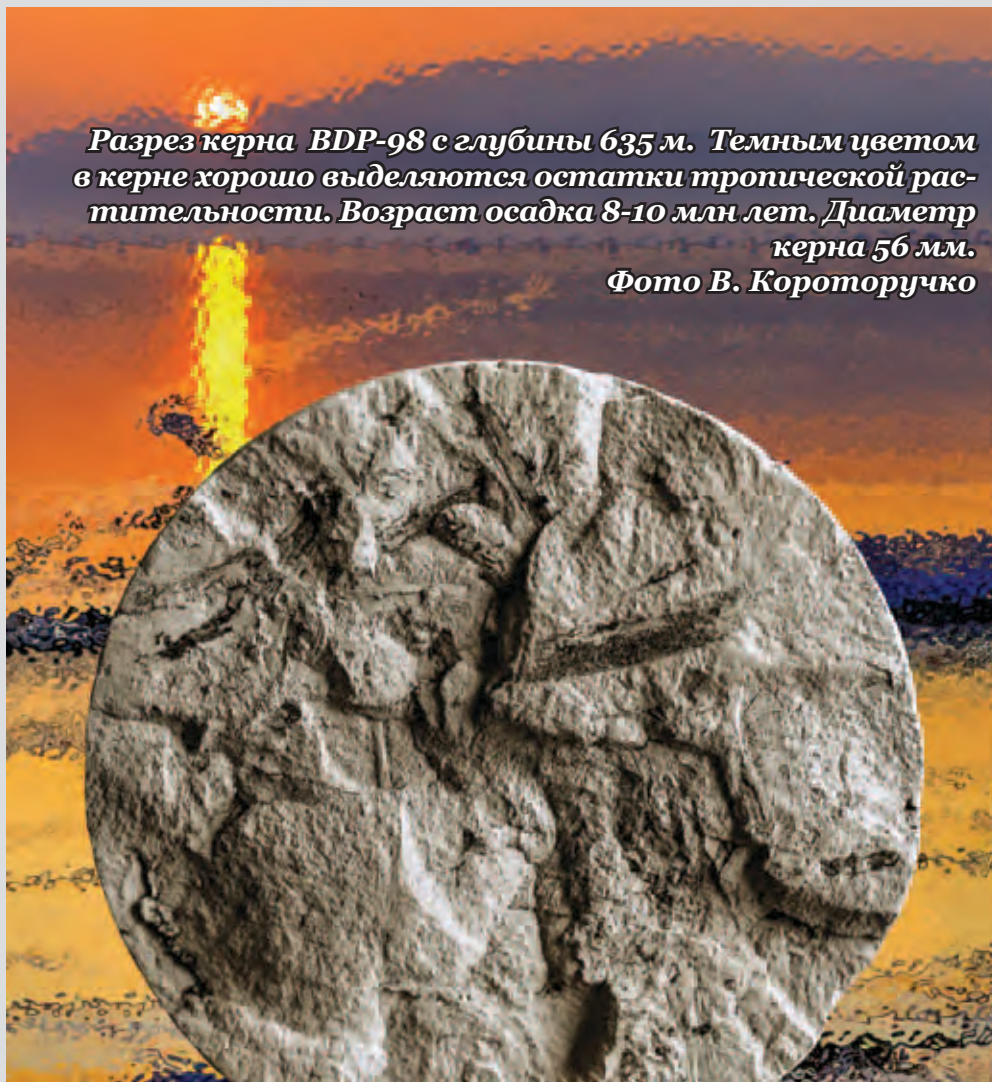
зываемые циклы Миланковича. Осадки на Академическом хребте представлены биогенными и терригенными илами. В строении осадочной толщи выделяется чередование двух слоев: первый – диатомовые илы, в которых содержание остатков диатомовых водорослей составляет в среднем 30–40%; и второй – терриген-

ные илы, сложенные частицами глинистой размерности. Первые отлагаются в теплой обстановке, вторые – в холодные, ледниковые эпохи. Было установлено, что климатическая цикличность на Байкале составляет 100, 43, 21 и 19 тыс. лет, то есть такая же, как ранее, была установлена для океанов. Соответственно, кли-

матическая цикличность имеет глобальное, свойственное всей нашей планете значение.

Для центра Сибирского континента при исследовании остатков растительности, сохранившейся в осадках, установлено, что низы разреза, которые формировались 6–10 млн лет тому назад, фиксируют теплый, близкий к субтро-

Разрез керна VDP-98 с глубины 635 м. Темным цветом в керне хорошо выделяются остатки тропической растительности. Возраст осадка 8-10 млн лет. Диаметр керна 56 мм.
Фото В. Короторучко



пическому климат, который постепенно становился более холодным. Резкое похолодание наступило 2.8–2.5 млн лет тому назад. Оно было связано с ростом окружающих Байкал гор, высота которых достигала 2.5–3.0 и более километров.

Именно с этого времени в центре Сибири наступила эпоха смены ледниковых и межледниковых периодов. В Байкальском

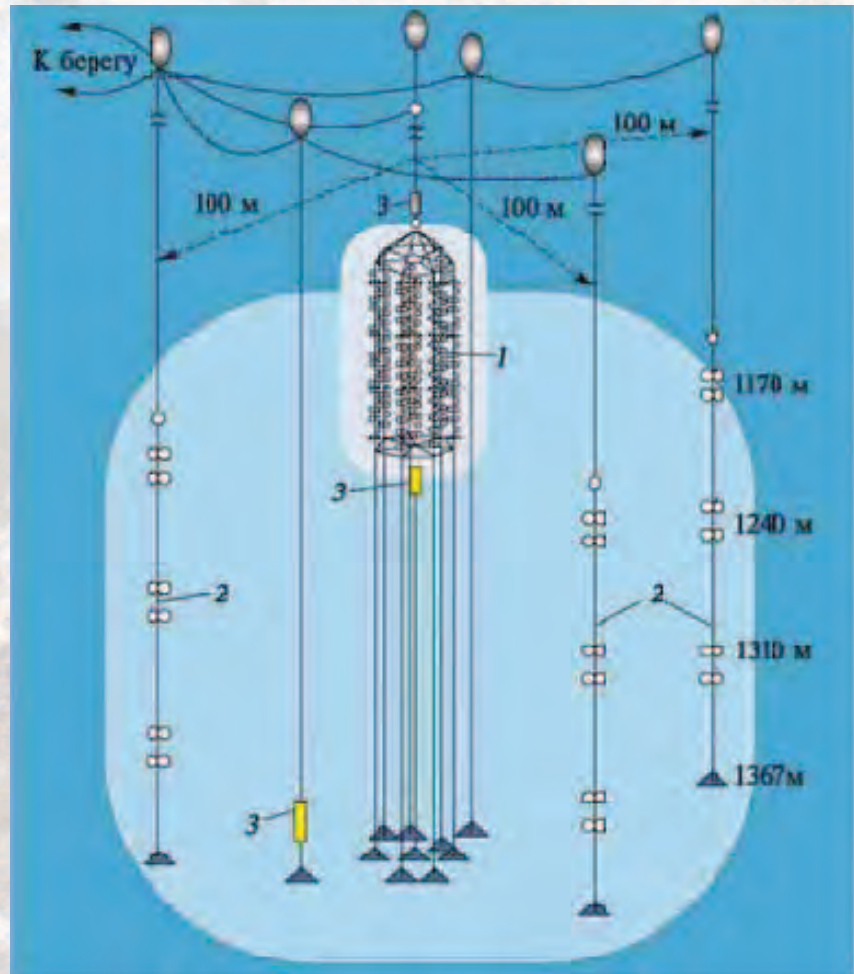
регионе ледниковые периоды характеризовались формированием горных ледников, которые достигли практически уреза воды, но сам Байкал никогда полностью не замерзал. Наконец, 11 тыс. лет тому назад наступил межледниковый период, межледниковье, при котором мы сейчас и живем. Вот такая палеоклиматическая картина на территории Байкальского региона была установлена благодаря программе «Байкал-бурение».

Установленные рубежи изменений климата в центре Сибирского континента хорошо коррелируются с аналогичными изменениями климата в других регионах Азии и Европы. Полученные данные показывают глобальные изменения климатических условий на Земле.

Озеро Байкал как инструмент исследования Вселенной

В последние годы новым «окном» во Вселенную, с помощью которого, возможно, удастся получить ответы на вопросы: о термоядерных реакциях внутри Солнца, сверхновых звездах, квазарах, активных галактических ядрах, пульсарах, «темной материи» и «темной энергии» (проявляется как антигравитация), а также другие фундаментальные вопросы естествознания, становится нейтринная астрономия. Нейтрино – это стабильная, очень легкая и очень слабо взаимодействующая элементарная частица с нулевым электрическим зарядом.

Принципиальное значение для развития нейтринной астрофизики высоких энергий имело предложение выдающегося советского физика, академика М.А. Маркова о создании больших оптических детекторов для регистрации нейтрино высоких и сверхвысоких энергий в естественных водоемах. В таких установках природная вода океана, моря или глубокого озера должна



Байкальский глубоководный нейтринный телескоп.
1 – нейтринный телескоп HT200; 2 – внешние гирлянды нейтринного телескопа HT200+;
3 – калибровочные лазеры

одновременно служить мишенью для нейтрино, средой, в которой распространяется так называемое черенковское излучение, создаваемое рождающимися при взаимодействии нейтрино с водой заряженными частицами, а также защищать от фона других частиц. Черенковское излучение – это свет, который генерируется при движении заряженных частиц в среде со скоростью, превышающей скорость распространения света в данной среде. По предложению М.А. Маркова для регистрации черенковского света необходимо создать глубоко под водой пространственную решетку высокочувствительных приемников света – оптических модулей. Чтобы черенковский свет мог распространяться на значительные расстояния, вода должна быть очень прозрачной.

Развитие Байкальского нейтринного проекта связано с предложением А.Е. Чудакова использовать ледовый покров озера для проведения монтажных операций при отработке методики глубоководной регистрации нейтрино. При этом в начале 1980-х гг. казалось, что Байкал недостаточно глубок для создания крупномасштабного нейтринного телескопа. Однако успехи в развертывании и эксплуатации первых черенковских установок на Байкале, разработка методов выделения нейтринных событий из фона, а также благоприятные природные условия стали основой для создания именно на Байкале первого в мире глубоководного нейтринного телескопа НТ200 (по числу оптических модулей в установке). НТ200 создавался с 1993 по 1998 г. Международной коллаборацией BAIKAL под руководством доктора физико-математических наук, члена-

корреспондента РАН, председателя Научного совета РАН по нейтринной физике Г.В. Домогацкого. В состав коллаборации вошли: Институт ядерных исследований РАН, Иркутский государственный университет, Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Объединенный институт ядерных исследований, Исследовательский центр DESY-Цойтен (Германия), Нижегородский государственный технический университет, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, НИЦ «Курчатовский институт».

В 2005 г. была запущена установка НТ200+, позволяющая значительно увеличить эффективный объем Байкальского нейтринного телескопа. В 2016 году коллаборация BAIKAL завершила создание первого кластера «Дубна» будущего глубоководного нейтринного телескопа BAIKAL-GVD кубокилометрового масштаба. Значительную поддержку Байкальскому нейтринному проекту оказывает РФФИ.

Активно ведутся работы по развитию нового подхода к акустической регистрации нейтрино сверхвысоких энергий. В рамках Байкальского нейтринного проекта совершенствуются методики непрерывных измерений на стационарных буйковых станциях, создаются уникальные высокоточные приборы, что позволяет получать данные о развитии гидрофизических, биогеохимических и геофизических процессов в озере Байкал в том числе наблюдать в электрическом поле Земли объективные предвестники крупных землетрясений (таких, как произошедшее 27 августа 2008 г.).

Байкальский музей – визитная карточка Байкала

Байкальский музей находится на берегу озера Байкал в пос. Листвянка в 70 км от столицы Иркутской области города Иркутска. Для подавляющего большинства гостей Байкала музей – это первый пункт знакомства с величайшим озером Земли и его многочисленными обитателями.

Главные направления работы Байкальского музея – научное и научно-образовательное. Музей участвует в выполнении программ фундаментальных исследований Российской академии наук по теме «Изучение некоторых элементов экосистем территории Восточной

Сибири по результатам натурных и экспериментальных исследований как отражение изменений абиотических факторов среды». Научно-образовательная миссия музея заключается в разработке и внедрении в школьное и вузовское образование программ и учебников по байкаловедению, повышении квалификации учителей и специалистов туристической отрасли, организации конференций, посвященных фундаментальным исследованиям, экологическим проблемам, актуальным вопросам деятельности естественнонаучных музеев.



***Здание Байкальского музея
Иркутского научного центра СО РАН в поселке Листвянка***



*Аквариумная экспозиция.
Фото В. Короторучко*



Задачи научно-образовательной работы с населением решаются также с помощью музейных экспозиций и аквариумов.

Аквариумный комплекс музея состоит из 11 большеобъемных уникальных аквариумов, являющихся частью природного водоема. Вода непрерывно поступает из Байкала с глубины 400 м при общей глубине в этом месте 500 м, проходит через аквариумы и возвращается в озеро.

Основой экспозиции «Виртуальное погружение на дно Байкала» являются видеозаписи, сделанные во время исследований Байкала с применением глубоководных обитаемых аппаратов «Пайсис» в 1990–1991 гг. и «Мир» в 2008–2010 гг.

Крупнейшим достижением музея стала открытая в 2011 г. экспозиция «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле», демонстрирующая образование нашей планеты, основные геологические эпохи и эволюцию жизни, включая формирование озера Байкал. Особенностью экспозиции



*Лицом к лицу.
Нерпа в аквариуме Байкальского музея.
Фото В. Короторучко*



*Экспозиция «История развития жизни в процессе
абиотических изменений на Земле». Фото В. Короторучко*

являются разработанные сотрудниками музея анимационные фильмы, представляющие все эпохи развития Земли – от Большого взрыва до наших дней.



*Виртуальное погружение на дно Байкала.
Фото В. Короторучко*



*На площади 4-га вблизи музея создана живая экспозиция «Дендропарк».
Фото В. Короторучко*



Проект «Байкал в режиме реального времени» позволяет наблюдать животный мир Байкала на особо охраняемых территориях.
Фото В. Короторучко



Монтаж оборудования для мониторинга природных территорий.
Фото В. Короторучко



Лежбище нерпы на о. Долгий (архипелаг Ушканьи острова)

На прилегающем к музею участке площадью 4 га создана живая экспозиция «Дендропарк», построена приподнятая над землей тропиноподобная сеть протяженностью около 1 км. Такая конструкция позволяет пропускать большое количество людей без ущерба для природы. В дендропарке созданы коллекции живых растений высокогорных, таежных и степных ландшафтов Прибайкалья. Флора дендропарка представлена 236 видами и 51 семейством, произведена интродукция редких и уязвимых видов растений, в том числе эндемиков и реликтов.

Проект музея «Байкал в режиме реального времени» предоставляет уникальную возможность дистанционного доступа к дикой природе Байкала в режиме «онлайн», что используется как для научных исследований, так и для решения задач образования и просвещения. В качестве первой площадки для реализации проекта в 2009 г. были выбраны лежбища байкальской нерпы на Ушканьих островах.

В 2014 г. музеем установлены видеокamеры, позволяющие наблюдать за истоком р. Ангары, подводными ландшафтами и жизнью байкальских обитателей в прибрежной мелководной зоне озера и на глубине 200 м. Видеотрансляция идет не только в Байкальском музее, но и на сайте www.bm.isc.irk.ru, что дает возможность наблюдать за Байкалом практически из любой точки земного шара.

Экспозиция «Животный и растительный мир Байкала» посвящена биологическому разнообразию озера. Здесь расположены планшеты «Систематический состав фауны озера Байкал», «Эволюция сиговых рыб Байкала», «Пищевые связи обитателей Байкала» и ряд других.

Экспозиция «Особо охраняемые территории Байкала» оформлена в виде охотничьего зимовья, в котором через стилизованное окно можно «заглянуть» в заповедные места Байкала.

С 2009 г. в музее успешно работает экспозиция «Подводные исследования Байкала. История и современность». Она посвящена исследователям байкальских глубин.

В 2008 г. в музее создан, при поддержке фонда В.И. Вернадского, Экологический образовательный центр. За время работы центра в нем прошли обучение и повышение квалификации по программе «Байкаловедение» около 1000 школьников Иркутской области и Республики Бурятия, более 300 учителей и 125 гидов-переводчиков.

В 2009 г. в Экологическом образовательном центре музея была открыта экспозиция «Живой мир Байкала под микроскопом». Здесь посетители знакомятся с микромиром Байкала. С помощью современных микроскопов они наблюдают за жизнью в капле байкальской воды, делают фото- и видеосъемки. Объектами наблюдения являются водоросли, рачок эпишура и многие другие обитатели озера, которые, несмотря на свои крошечные размеры, являются «главными действующими лицами» в уникальной экосистеме озера Байкал.



**«Охотничье зимовье».
За окном бродят медведи.
Фото В. Короторучко**



**Экологический образовательный центр.
Фото В. Короторучко**





Сохраним мировое наследие – озеро Байкал для будущих поколений!

Основу территориальной охраны природы в России составляет система особо охраняемых природных территорий (ООПТ). На сегодняшний день на Байкальской природной территории расположено 160 ООПТ общей площадью более 46 тыс. га [35]. Старейший из существующих государственных заповедников России – Баргузинский – был создан у берегов Байкала еще в 1916 г.

Официальной датой придания специального статуса Прибайкалью можно считать дату принятия Постановления Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР от 13 апреля 1987 г. № 434 «О мерах по обеспечению охраны и рационального использования природных ресурсов бассейна озера Байкал в 1987–1995 гг.». Это постановление носило комплексный

характер, устанавливало специальные экономические, институциональные и правовые режимы для данной территории. На основе постановления были разработаны специальные Нормы допустимых воздействий на экологическую систему озера Байкал.

На своей сессии, состоявшейся в Мериде (Мексика) 2–7 декабря 1996 г., Комитет по всемирному наследию ЮНЕСКО признал озеро Байкал «выдающейся универсальной ценностью» [36], которая заслуживает выделения в отдельный класс как чудо лимнологии:

– рифтовая геологическая система, давшая начало озеру Байкал, стала формироваться еще в мезозое. Озеро Байкал – самое древнее и самое глубокое озеро в мире. Тектонические силы продолжают действовать на него и в насто-

ящее время, что доказывается существованием подводных термальных источников;

– эволюция гидробионтов происходила в течение длительного геологического времени, что привело к образованию исключительно уникальной и эндемичной фауны и флоры. Озеро Байкал обладает исключительной ценностью для эволюционной науки;

– красивые ландшафты, окружающие впадину озера Байкал: горы, бореальные леса, тундра, озера, острова и степи – исключительно живописная местность;

– озеро Байкал – самое большое в мире хранилище пресных вод;

– озеро Байкал характеризуется исключительным биологическим разнообразием.

С декабря 1996 г. Российская Федерация несет юридическую, экономическую и



***Байкал дороже нефти. Митинг иркутян против прокладки нефтяной трубы по побережью Байкала.
Фото В. Короторучко***

нравственную ответственность перед мировым сообществом за сохранение установленных охраняемых ценностей объекта всемирного наследия «Озеро Байкал».

После почти 10-летнего периода подготовки в 1999 г. был принят закон РФ «Об охране озера Байкал» [37] – комплексный нормативный акт, призванный регулировать практически все стороны социальной, экономической и природоохранной деятельности в регионе, учитывая инте-

ресы России в целом и трех субъектов Российской Федерации: Республики Бурятия, Иркутской области и Забайкальского края.

Действие Федерального закона «Об охране озера Байкал» позволило за прошедшие более 15 лет предотвратить очень серьезные экологические угрозы озеру, связанные с планами крупномасштабных хозяйственных проектов [38]. Самыми крупными победами общества во имя Байкала явились: перенос трассы

нефтепровода «Восточная Сибирь–Тихий океан» от берега Байкала на расстояние более 400 км – за пределы Байкальской рифтовой зоны и прекращение производства целлюлозы на Байкальском целлюлозно-бумажном комбинате (ЦБК).

Наибольшую угрозу для экосистемы озера Байкал в настоящее время представляет массовое развитие в прибрежной зоне водорослей типа спиригира и цианобактерий. Зафиксированы заболевания и гибель эндемичных губок, которые во многом определяют чистоту байкальской воды.

Высок уровень санитарно-микробиологического загрязнения прибрежной воды, особенно в районах поселений и активного туризма. Первые признаки изменений в мелководной зоне были обнаружены сотрудниками Лимнологического института СО РАН в 2011 г. на Северном Байкале.

С целью сохранения чистого Байкала для будущих поколений необходима, прежде всего, постоянная диагностика его параметров [39]. Это предполагает расширение междисциплинарных научных

исследований состояния озера Байкал и создание специальной системы мониторинга уникальной экосистемы озера Байкал совместными усилиями ученых и природоохранных органов. Такая система мониторинга должна учитывать уникальные свойства Байкала и превосходить действующую государственную систему мониторинга по числу параметров и качеству их измерения. Важно также встраивание в систему инструментов ландшафтного, картографического

и космического мониторинга [40, 41].

Необходима реализация важнейших инфраструктурных проектов на территориях субъектов РФ, расположенных на Байкальской природной территории:

- строительство, модернизация и реконструкция комплексов очистных сооружений и систем водоотведения и, в первую очередь, для населенных пунктов и хозяйственных объектов, расположенных в Центральной экологической зоне, и особенно – на побережье;

- прекращение применения мощных средств, содержащих фосфаты;

- строительство мусоросортировочных и мусороперегрузочных станций, полигонов твердых бытовых отходов, а также пунктов сбора отходов с судов на Байкале;

- модернизация систем теплоснабжения

с переводом на экологически чистые технологии;

- селе- и сейсмозащитные меры в регионе, характеризующимся высочайшей степенью опасности геологических процессов и, в первую очередь, на территории промышленной площадки закрытого Байкальского ЦБК;

- меры по прекращению сброса фекальных и подсланневых вод с многочисленных судов на акватории озера.

Чрезвычайно важным является формирование в сознании человека экологических ценностей и моделей рационального использования природных ресурсов. В 2012 г. ученые Иркутского научного центра СО РАН и Иркутского государственного университета опубликовали учебно-научное пособие «Байкаловедение» в двух книгах [42]. Оно представляет собой свод современных знаний о великом озере, полученных учеными-байкаловедами различных специальностей. С помощью этого издания ведется пропаганда природного наследия Байкала и Байкальского региона среди самых разных слоев населения.





Заключение

На сегодняшний день к числу важнейших байкальских проблем относятся: необходимость ликвидации отходов многолетней деятельности Байкальского целлюлозно-бумажного комбината, недостатки системы экологического мониторинга Центральной экологической зоны Байкальской природной территории, растущее загрязнение прибрежной и мелководной зон озера, планы строительства ГЭС на реке Селенге.

Для решения накопившихся и вновь выявленных проблем Байкала действует федеральная целевая программа «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» (ФЦП

«Байкал»). Средства, которые заложены в программе, должны расходоваться эффективно и с максимальной отдачей на те мероприятия и объекты, которые непосредственно обеспечивают чистоту воды озера и воздуха над

ним, сохранность его уникальных биоты и ландшафтов, а также других «выдающихся универсальных ценностей» Байкала, отмеченных ЮНЕСКО.

Большая роль в деле сохранения Байкала отводится ученым Байкальского

региона, которые исследуют экосистему озера, находят причины тех или иных природных явлений и, следовательно, могут рекомендовать пути и способы борьбы с негативными проявлениями и процессами, установить



Президент РФ В.В. Путин и губернатор Иркутской области С.Г. Левченко пришли к общему мнению, что руководству и региональному сообществу необходимо активно включиться в реализацию ФЦП «Байкал»

разумные границы хозяйственной и рекреационной деятельности на Байкале. Только комплексные научные исследования экосистемы озера Байкал смогут ответить на актуальный вопрос о причинах возникновения водоросли спиригиры в мелководной зоне озера. Каков вклад техногенного фактора в этот процесс, т.е. неразумной деятельности человека, за-

грязняющего озеро? И каково влияние таких глобальных циклических процессов, как изменение климата на планете, и региональных процессов на Байкале, связанных, например, с активизацией грязевого вулканизма на дне Байкала и потеплением воды озера.

Несмотря на все проблемы, которые есть и могут появиться в будущем, Байкал остается символом духовно-

го, культурного, этического объединения людей, объектом национальной гордости, и задача россиян – сохранить чистоту вод, красоту ландшафтов, уникальность биологического разнообразия крупнейшего пресноводного озера на планете Земля. Как величайшую святыню и чудо своей Родины посетить Байкал следует каждому россиянину.








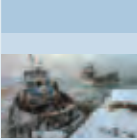




Литература

1. *О.И. Горюнова, В.В. Свинин*
Ольхонский район: Материалы к своду памятников истории и культуры Иркутской области. Иркутск: «Арком», 2000. Ч. 3: Материковый участок от мыса Улан до реки Большая Бугульдейка. 182 с.; 1 карта. (Историко-культурное наследие Иркутской области: Археология).
2. *Л.В. Лобова, Е.А. Хамзина*
Древности Бурятии: Карта археологических памятников. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1999. 241 с.
3. *М.Г. Туров*
Эвенки. Основные проблемы этногенеза и этнической истории. Иркутск: «Амтера», 2008. 228 с.
4. *Л.П. Зоненшайн, Л.А. Савостин*
Введение в геодинамику. М., Недра, 1973, 311 с.
5. *Л.П. Зоненшайн, М.И. Кузьмин, Л.М. Натапов*
Тектоника литосферных плит территории СССР. Т.2, 1990, 332 с.
6. *М.И. Кузьмин, В.В. Ярмолук*
Горообразующие процессы и вариации климата в истории Земли. Геология и геофизика, 2006, № 1, с. 7–24.
7. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Байкал / О.А. Тимошкин [и др.]. Новосибирск: Наука, 2001. Т. 1, кн. 1. 831 с.
8. *А.В. Янковский*
Новые роды симбионтных простейших фауны Байкала // Новое о фауне Байкала. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1982. С. 2532.
9. *Н.А. Порфирьева, М.Ю. Бекман*
Планарии озера Байкал. Наука, 1977.
10. *О.А. Timoshkin*
Origin and evolution of the fauna of free-living Turbellaria of Lake Baikal // Zool. Zhurn. 1994. Т. 73. №. 1. С. 35–50.
11. *В.П. Семерной*
Олигохеты озера Байкал. Новосибирск: Наука, 2004.
12. *О.Т. Русинек, Г.Ф. Уфимцев, В.А. Фиалков*
Байкальский ход. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. 187 с.
13. *В.Г. Сиделева*
Рыбы (Pisces) // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Новосибирск: Наука, 2004. Т. 1. Книга 2. С. 1023–1050.
14. *Г.Ю. Верещагин*
Два типа биологических комплексов Байкала // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР, 1935. Т.6. С. 199–212.
15. *Г.Ю. Верещагин*
Происхождение и история Байкала, его фауны и флоры // Тр. Байкал. лимнол. ст. АН СССР, 1940. Т. 10. С. 73–239.
16. *М.М. Кожов*
О генезисе основных экологических комплексов в современной байкальской фауне // Изв. БГНИИ при ИГУ, 1958. Т.17, вып. 1–4. С. 68–83.
17. *Г.В. Никольский*
О биологической специфике фаунистических комплексов и значении ее анализа для зоогеографии // Зоол. журн. 1947. Т. 26, вып. 3. С. 221–232.
18. *А.М. Мамонтов*
Ихтиоценозы Байкала, их структура и динамика продуцирования // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. Новосибирск: Наука, 1977. С. 263–288.
19. *К.И. Мишарин*
Байкальский омуль // Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне озера Байкал. Иркутск, 1958. С. 130–287.
20. *И.Б. Книжин, Б.Э. Богданов, А.Н. Матвеев, В.П. Самусенок*
Рыбы озера Байкал и водоемов его бассейна: учебное пособие. Иркутск: Иркутский ун-т, 2004. 100 с.
21. *П.Я. Тугарина*
Хариусы Байкала. Новосибирск: Наука, 1981. 281 с.
22. *Бенедикт Дыбовский / под ред. О.М. Кожовой, Б.С. Шостаковича.*
Новосибирск: Наука, 2000. – 296 с.
23. *Г.Ю. Верещагин*
Происхождение и история Байкала, его фауны и флоры // Тр. БЛС.1940. Т. 10. С. 73–239.

24. *Б.И. Дыбовский*
Автобиография // Юбилейный сборник к 50-летию Восточно-Сибирского отдела Императорского Русского географического общества. Киев, 1901. Вып. 1. С. 4–76.
25. Экологические исследования Байкала и Байкальского региона / под ред. О.М. Кожовой. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. Ч. 1. 224 с.
26. Фундаментальные исследования в Восточной Сибири (к 50-летию Сибирского отделения Российской академии наук) / редкол.: Н.И. Воропай (отв. ред.) и др.]. Новосибирск: Изд.-во СО РАН, 2007. 547 с.
27. *И.В. Бычков, М.И. Кузьмин, М.А. Грачев, В.А. Фиалков и др.*
Исследования институтов СО РАН на Байкальской природной территории // Сибирское отделение РАН в XXI в. Новосибирск: Изд.-во СО РАН, 2012, С. 181–200.
28. *А.М. Сагалевиц*
Глубина. М.: Научный мир, 2002. 320 с.
29. *Л.П. Зоненшайн, В.Г. Казьмин, М.И. Кузьмин*
Новые данные по истории Байкала: результаты наблюдений с подводных обитаемых аппаратов // Геотектоника. 1995. №3. С. 46–58.
30. *М.И. Кузьмин, Г.В. Калмычков, В.А. Гелетий и др.*
Первая находка газовых гидратов в осадочной толще озера Байкал // Докл. РАН, 1998, т. 362, № 4, С. 541–543.
31. *О.М. Khlystov, M. de Batist, H. Shoji, A. Hachikubo, S. Nishio, L. Naudts, J. Poort, A.V. Khabuev, O.V. Belousov, A.Yu. Manakov, G.V. Kalmychkov*
Gas Hydrate of Lake Baikal: Discovery and varieties // Journal of Asian Earth Sciences. 2013. V. 62. P. 162–166.
32. *О.М. Хлыстов, А.Г. Горшков, А.В. Егоров и др.*
Нефть в озере Мирового наследия // ДАН. 2007. Т. 414. № 5. С. 656–659.
33. Сайт Лимнологического института СО РАН <http://www.lin.irk.ru>
34. *М.И. Кузьмин*
Во льдах Байкала. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2001, 140 с.
35. Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2014 году». Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015.
36. Documentation on World Heritage Properties (Natural). World Heritage Committee. Twentieth Ordinary Session 2-7 December 1996 Merida. Mexico.
37. Федеральный закон от 01.05.1999 № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал» // Собрание законодательства РФ, 03.05.1999. № 18, ст. 2220.
38. *Н.И. Коронкевич, Е.А. Барбанова, Т.С. Бибилова, И.С. Зайцева*
Водообеспеченность и антропогенная нагрузка на водные ресурсы России в сравнении с другими странами // Вестник РФФИ. 2013. № 2. С. 64-73.
39. *М.А. Грачев*
«О современном состоянии экологической системы озера Байкал». – Новосибирск, 2002.
40. *М.И. Кузьмин, А.Н. Кузнецова.*
Гранты РФФИ как инструмент решения проблем Байкальского региона // Вестник РФФИ. 2007. № 4. С.17-22.
41. *И.В. Бычков, А.Н. Кузнецова*
Байкальский конкурс РФФИ – всегда в развитии // Вестник РФФИ. 2012. № 2-3. С. 36-43.
42. *О.Т. Русинек, В.В. Тахтеев, Д.П. Гладкочуб и др.*
Байкаловедение. Новосибирск: Наука, 2012. Т. 1. 468 с.; Т. 2. 646 с.

Перечень избранных проектов РФФИ, результаты которых представлены в данной публикации

	Геологическая история Байкала	13-05-12026, 14-05-00887, 15-05-04525, 15-05-20655
	Живой мир Байкала	12-05-98011, 13-04-01270, 13-05-00668, 13-04-06842, 13-04-00270, 14-05-00532, 14-44-04126, 15-29-02460, 16-34-00066, 16-34-00074, 16-04-01083, 16-04-01072, 16-54-150007, 16-04-00065, 16-04-20550
	Подводные исследования с использованием глубоководных обитаемых аппаратов: «Пайсисы» и «Миры» на Байкале	09-05-10059, 14-35-10038, 14-05-92100, 15-05-06504, 16-55-15005, 16-05-00979
	Байкальский международный центр экологических исследований (БМЦЭИ)	10-05-93109, 13-00-14347, 14-05-00625, 15-05-10169, 15-55-16001, 16-05-00342
	Проект «Байкал-бурение»	12-05-98088, 13-04-00374, 13-05-00022, 13-05-41164, 14-45-04147
	Озеро Байкал как инструмент исследования Вселенной	09-02-12295, 11-02-12097, 12-05-98009, 13-02-10002, 13-02-12221, 13-05-41327, 13-05-12001, 14-45-04053, 14-02-10003, 14-02-00175, 15-05-03276, 15-02-10006, 16-29-13032, 16-55-76025
	Байкальский Музей – визитная карточка Байкала	13-03-06823, 14-44-07004, 14-05-20083, 15-29-02458, 16-05-20752, 16-05-20690









Адрес редакции:

119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 32а
Тел.: (499) 995-16-05
e-mail: pressa@rfbr.ru

© Российский Фонд фундаментальных исследований, 2016.

Главный редактор В.Я. Панченко
Заместитель главного редактора В.В. Квардаков
Ответственный редактор выпуска М.И. Кузьмин

Редакционная коллегия:

В.А. Геловани, Ю.Н. Кульчин, В.П. Матвеевко, Е.И. Моисеев,
А.С. Сигов, Р.В. Петров, И.Б. Федоров, В.В. Ярмолюк,
П.П. Пашинин, В.П. Кандидов, В.А. Шахнов

Редакция:

А.П. Симакова, Е. Б. Дубкова, Н.В. Круковская

Оригинал-макет ЗАО «ИТЦ МОЛНЕТ»

123104, г. Москва, Малый Палашевский пер., д. 6
Тел./факс: (495) 927 01 98,
e-mail: info@molnet.ru

Тираж 300 экз.

Editorial address:

32a, Leninskiy Ave., Moscow, 119334, Russia
Tel.: (499) 995-16-05
e-mail: pressa@rfbr.ru

© Russian Foundation for Basic Research, 2016.

Editor-in-Chief V. Panchenko
Deputy Chief Editor V. Kvardakov
Publishing Editor of the Issue M. Kuzmin

Editorial Board:

V. Gelovani, J. Kulchin, V. Matveenko, E. Moiseev,
A. Sigov, R. Petrov, I. Fedorov, V. Yarmolyuk,
P. Pashinin, V. Kandidov, V. Shakhnov

Editorial Staff:

A. Simakova, E. Dubkova, N. Krukovskaya

Designed by "ITC MOLNET" CJSC

6, Malyy Palashevskiy lane, Moscow, 123104, Russia
Tel./fax: (495) 927 01 98
e-mail: info@molnet.ru

Print run 300 copies