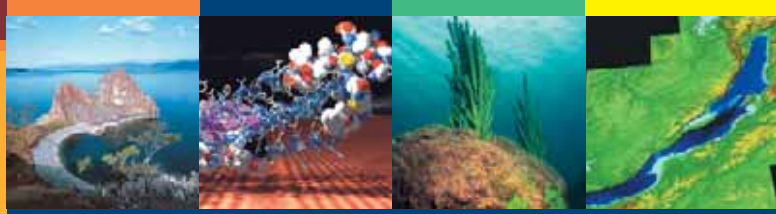


Познавательный журнал для хороших людей

# НАУКА

из первых рук

1 ● август 2004



МИКРОБЫ  
ДЕРЖАТ  
НЕБО

НУКЛЕОТИДНЫЕ  
ХРОНИКИ  
«СМУТНОГО  
ВРЕМЕНИ»

ХОЧУ БЫТЬ  
НЕРПОЙ

БАЙКАЛ  
В МОЕЙ  
ЖИЗНИ

СЛАВНОЕ МОРЕ,  
*священный*  
БАЙКАЛ





**1.** август 2004  
научно-популярный журнал



# НАУКА

из первых рук

В ФОКУСЕ:

## «Славное море, священный Байкал»

Байкал хранит множество тайн, он сам — величайшая загадка. О том, как разгадывают тайны этой гигантской природной лаборатории, читайте в материалах новой рубрики «Природные феномены Сибири»

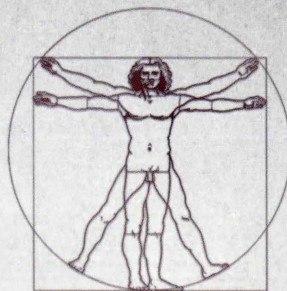


М. Файерабенд

На обложке использованы  
фото В. Урбазаева и М. Файерабенда



Познавательный журнал  
для хороших людей



#### Редакционная коллегия

главный редактор  
ак. Н. Л. Добрецов

заместитель главного редактора  
ак. Э. П. Кругляков

заместитель главного редактора  
к. г.-м. н. В. Д. Ермиков

ответственный секретарь  
Л. М. Панфилова

#### Редакционный совет

проф. А. Белл (США)  
проф. А. Вагнер (Германия)  
проф. Е. Вада (Япония)  
д. м. н. А. Н. Глушков  
чл.-к. И. В. Гордиенко  
ак. А. П. Деревянко  
проф. М. Дюклуа (Франция)  
ак. Ю. Л. Ершов  
ак. А. С. Исаев  
проф. Ж. Клеркс (Бельгия)  
проф. Э. Краузе (Германия)  
ак. А. Э. Конторович  
ак. С. Д. Коровин  
ак. М. И. Кузьмин  
ак. В. В. Кулешов  
чл.-к. В. А. Ламин  
ак. В. П. Ларионов  
проф. Я. Липковски (Польша)  
чл.-к. В. А. Лихолобов  
ак. В. П. Мельников  
ак. В. Н. Пармон  
проф. Г. Парцингер (Германия)  
ак. А. Н. Скринский  
проф. В. Сойфер (США)  
ак. В. М. Титов  
проф. М. Хирата (Япония)  
проф. Л. В. Хотылева (Белоруссия)  
ак. В. Ф. Шабанов  
проф. Ф. Швейнгрубер (Швейцария)  
ак. В. К. Шумный

*«Естественное желание  
хороших людей —  
добывать знание»*

Леонардо да Винчи

#### Периодический научно-популярный журнал

Издается с января 2004 года

Периодичность: 6 номеров в год

Учредитель: Сибирское отделение  
Российской академии наук

Издатель: Издательство «ИНФОЛИО»

Адрес редакции:  
630090, Новосибирск,  
проспект Академика Коптюга, 4  
Тел. +7 (3832) 332698, 356361  
Факс: +7 (3832) 332698  
e-mail: zakaz@info-press.ru  
sofia@info-press.ru

[www.ScienceFirstHand.ru](http://www.ScienceFirstHand.ru)

Журнал зарегистрирован в Комитете РФ  
по печати

Свидетельство ПИ № 77-15734  
от 23 июня 2003 г.

ISSN 1810-3960

Тираж 2000 экз.

Отпечатано в типографии Harmens  
(Новосибирск)

Перепечатка материалов только  
с письменного разрешения редакции

© Сибирское отделение РАН, 2004  
© Издательство «ИНФОЛИО», 2004

#### Над номером работали

к. г.-м. н. В. Ермиков  
Р. Камший  
А. Киселева  
к. б. н. Л. Овчинникова  
к. ф. н. А. Панфилов  
О. Подойницына  
С. Туаева  
С. Уфимцева  
К. Шабалин

#### Фото

Р. Ахмерова  
С. Глущенко  
Е. Демонтеровой  
А. Каньгина  
В. Короткоручко  
М. Митичкина  
П. Репсторфа  
Т. Ситниковой  
О. Тимошкина  
В. Урбазаева  
М. Файерабенда  
Д. Щербакова



Дорогие читатели!

Мы рады представить очередной выпуск нашего журнала. В фокусе номера — озеро Байкал в новой рубрике «Природные феномены Сибири». Планета Земля отличается крайним богатством и изменчивостью жизненных проявлений. Каждый материк, страна или регион может гордиться уникальными и неповторимыми природными объектами, достойными пристального внимания исследователей и просто любознательных натур. Новая рубрика поможет Вам совершить увлекательные научные путешествия по известным и малоизвестным местам удивительно богатого сибирского края, которые можно заслуженно считать не только нашим национальным, но и общечеловеческим достоянием.

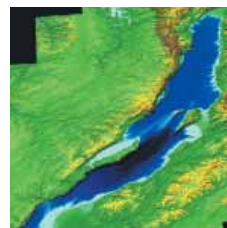
Как известно, Байкал — это не только самое древнее, самое большое по объему чистой воды и самое глубокое озеро планеты. Он — еще и настоящая природная лаборатория, которая привлекает ученых самых разных специальностей из многих стран. В этом номере наши авторы расскажут, как и когда образовалось удивительное озеро, почему оно до сих пор остается самым чистым озером планеты, как появились «эволюционные букеты» байкальских организмов. Вы сможете полюбоваться на кружево кремниевых панцирей диатомовых водорослей и изящные завитки раковин гастропод, «побродить» по дну озера и даже опуститься ниже — в самую толщу осадочных отложений.

академик **Н. Л. ДОБРЕЦОВ**  
главный редактор

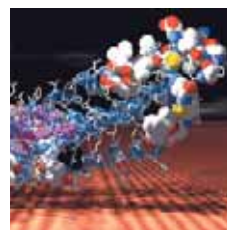




Байкал — глубочайшее озеро на планете, максимальная глубина его составляет 1637 м



Байкал — древнейшее озеро мира, возраст которого оценивается в 25—30 млн лет



Озеро представляет собой одну из величайших впадин на поверхности Земли

## .01

6 **В. Молодин, В. Ламин**  
Наука и Сибирь: от Петра I до века 21-го

## .02

### ГИПОТЕЗЫ И ФАКТЫ

20 **Г. Заварзин**  
Микробы держат небо

28 **А. Каныгин**  
Похвальное слово катастрофам

## .03

### ПРИРОДНЫЕ ФЕНОМЕНЫ СИБИРИ

40 Создавая живую картину

44 **П. Шерстянкин, М. Де Батист**  
Географические открытия: путешествие по Байкальскому дну

50 **А. Иванов**  
Один рифт — две модели

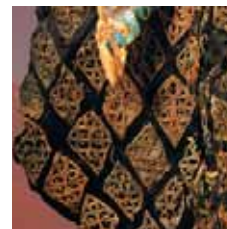
62 **О. Тимошкин**  
«Пресноводная Австралия» Сибири

76 **Н. Бондаренко, Л. Оболкина, О. Тимошкин**  
Лед — хранитель жизни

84 **Т. Ситникова, П. Репсторф**  
Эти моллюски живут только в Байкале

100 **Д. Щербаков, С. Семовский**  
Нуклеотидные хроники «смутного времени»

110 **Е. Лихошвай, Р. М. Крауфорд**  
Невидимая сеть



Более 60 % байкальских видов животных являются эндемиками, т. е. нигде в мире больше не встречаются

Байкал содержит крупнейший в мире объем поверхностной пресной воды — до 1/5 общемировых запасов; больше, чем во всех пяти Великих американских озерах, вместе взятых

## .04

### ДЕТСКАЯ СТРАНИЦА

120 «Хочу быть нерпой»

## .05

### МОНОЛОГ

124 **М. Грачев**  
Байкал в моей жизни

## .06

### МУЗЕИ И КОЛЛЕКЦИИ

144 **С. Сыртыпова**  
Дом для Ганджура

## .07

### БИБЛИОТЕКА

156 Книжные новинки

В озерных осадочных отложениях, толщина которых местами достигает почти 10 км, «зашифрована» не только история самого Байкала, но и «хроника» всего азиатского континента





*Фундаментальная наука является отнюдь не дорогим украшением, а чрезвычайно важной составляющей национальной безопасности, государственной независимости страны*



*280 лет Российской Академии Наук*

*60 лет Западно-Сибирскому филиалу Академии Наук*

Вячеслав **МОЛОДИН**  
Владимир **ЛАМИН**



**МОЛОДИН** Вячеслав Иванович — действительный член РАН, первый заместитель председателя СО РАН, заместитель директора Института археологии и этнографии СО РАН, лауреат Международной премии А. П. Карпинского, член-корреспондент Германского археологического института



**ЛАМИН** Владимир Александрович — доктор исторических наук, директор Института истории в составе Объединенного института истории, филологии, философии СО РАН, специалист в области истории социально-экономического развития России и Сибири, автор и соавтор более 100 научных работ, в том числе 6 монографий

# НАУКА *и* СИБИРЬ

от Петра I до века 21-го

*Лучший способ увидеть, что будет, — припомнить, что было.*

*Маркиз Галифакс Джордж Сэвил (1633–1695)  
известный английский политик, писатель*

**Ю**билеи — это не только и не столько повод для официальных празднеств. Юбилеи — скорее, повод обратиться к итогам прошлого, задуматься о будущем. В этом году исполнилось 280 лет Российской Академии наук и 60 — ее Западно-Сибирскому филиалу. Несомненно, что на протяжении последних почти трех сотен лет наука играла значительнейшую роль в российской жизни, во многом определяла и направляла ее. Бесспорно и то, что сибирская наука в начале двадцать первого века представляет собой явление не рядовое, чему есть прямое подтверждение — и сеть мощных научных центров в Сибири, и международное признание, которое неизменно получают разработки сибирских ученых. Пройден огромный путь. Но, обращаясь взглядом в прошлое, мы вдруг обнаруживаем основания, отличающие российскую науку в пору ее рождения и в настоящее время от организации науки в других европейских странах. Российская Академия наук вовсе не превратилась за время своего существования в нечто музейное, в некий исторический экспонат. Нет, ее деятельность по-прежнему актуальна. Скажем больше — нынешние споры, характерные для исторических периодов модернизации, удивительно напоминают споры, звучавшие в начале XVIII-го века. Снова речь идет о роли, которую должно играть государство в организации научной деятельности, о соотношении науки и образования, фундаментальной и прикладной науки, о положении ученого в обществе.





Л. Л. Блюментрост — первый президент Российской Академии Наук

Поэтому есть смысл обратиться к истокам отечественной науки, вспомнить, «как все начиналось», и попытаться пройти по наиболее значительным ступеням ее развития. Без этих ступеней она никогда бы не поднялась на ту высоту, на которой — при всех оговорках — она пребывает сейчас, что прямо подтверждает реальный статус российского ученого в современном международном научном сообществе.

Датой основания Академии наук в России считается 28 января (8 февраля по новому стилю) 1724 г., когда Петр I издал Указ «Об учреждении Академии и о назначении для содержания оной доходов таможенных и лицензных, собираемых с городов Нарвы, Дерпта, Пернова и Аренсбурга», — спустя шесть дней после того, как правительствующий Сенат Российской империи одобрил его проект о создании Академии наук и художеств в Санкт-Петербурге. Проект, вобравший в себя любимые мысли императора и доработанный им, был составлен лейб-медиком Л. Л. Блюментростом, который и стал первым президентом Академии.

Идея Петра о создании Академии нередко представляется как некое озарение, внезапно пришедшее на ум императору под занавес жизни. На самом деле это не так. Процесс осознания Петром необходимости учреждения Академии наук был длительным и весьма мучительным, но в то же время глубоко продуманным. Его можно назвать (не забывая, что это было последнее практическое государственное дело Петра I) венцом проводимого им тотального реформирования Российского государства.

Петр, на которого желали и желают быть похожими многие отечественные государственные деятели, отлично понимал, что подобострастно заискивать перед Западом — значит обрекать страну на вечную зависимость. «Не все же брать готовые плоды чужого знания, опыта, теории и техники, — заметил он в 1718 г., — жить чужим умом, подобно молодой птице в рот смотреть...».

Переписка с Г. В. Лейбницем помогла Петру увидеть, насколько зависит прогресс страны от качества национальной научной мысли. Другое дело, что не все советы Лейбница, касающиеся организации науки на пустом, в сущности, месте, его удовлетворяли. Еще во время своего знаменитого путешествия в Европу Петр наносит визит французскому академику. В Сорбонне царь посещает астронома Ж. Кассини, математика П. Вариньона, географа Ж. Делиля. С учеными он советовался о принципах построения невиданного в России учреждения — «Социетета художеств и наук». Речь шла о том, какой должна быть Академия, какую из реальных моделей, существовавших в то время, следует выбрать.



Здание Петербургской Академии наук в Санкт-Петербурге

В результате было принято единственно правильное решение. По замыслу Петра I, Академии следовало сочетать научно-исследовательскую работу с подготовкой кадров.

Да, Петр был реформатором, но и прагматиком, великим «строителем». С момента своего создания главной задачей Академии являются все виды научно-технического обслуживания государства, направленные на его усиление и централизацию. Именно Академия стала основателем и проводником университетского образования в России. И очень неплохим проводником — ведь благодаря кропотливой и грамотной деятельности ее «отцов» она с первых лет своего существования ничем не уступала научным организациям других стран, а по ряду направлений научного поиска даже превосходила их.

Не забудем — термин «Академия» в XVII—XVIII веках обозначал вполне определенное идеологическое пространство. Здесь происходил энергичный разрыв с теологией, вырабатывались точные экспериментальные методы исследования, намечалась связь с практическими нуждами общества, формировалось профессиональное сообщество ученых. Петербургская Академия была детищем своего времени. Ее преимущества — мультидисциплинарность, т. е. включение в сферу деятельности ученых естественных и гуманитарных наук, твердый государственный бюджет, а также открывшаяся возможность работы на обширной территории, бывшей тогда для науки (да, пожалуй, и всего просвещенного мира) самым настоящим «белым пятном», — привлекли в Россию XVIII-го столетия лучшие умы Европы.

*«Изучая природу прошедших времен, можно видеть пути, по которым пройдут судьбы мира, еще не открытые нам, но живущие в прошлом, как семя на земле».*

*У. Шекспир*



Эти ученые и их преемники (несмотря на трудности, которых хватало, — как объективного, так и субъективного характера) сыграли выдающуюся роль в становлении могущества Российского государства. «Нигде более, нежели у нас, одною из важнейших задач Академии должно быть исследование отдельных стран обширного нашего Отечества и изыскание сокрытых в них, без всякого сомнения, новых производственных сил и источников государственного богатства», — писал в середине XIX-го века всенепременный секретарь Академии А. Миддендорф.

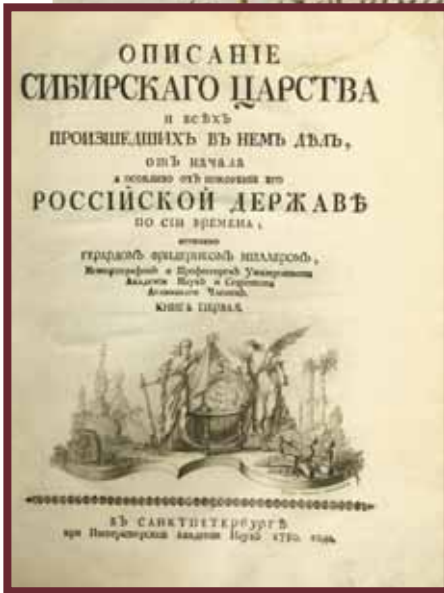
Понятно, что без научного «броска на Восток» в этой ситуации было не обойтись. И здесь мы снова должны вспомнить имя великого преобразователя России. По Указу Петра I от 1696 г. (то есть задолго до организации Академии) Семен Ремезов составил «Чертежную книгу Сибири 1701 г.». Атлас Ремезова включал не только чертежи городов, направления главных путей сообщения, но и сведения о природных богатствах Сибири, местах обитания многих сибирских народов, исторические справки. По сути, это первая сибирская энциклопедия, знаменующая собой попытку (и безуспешную) комплексного подхода к изучению Сибири. Эта работа была продолжена в 1720–1727 гг. — опять же по прямому заданию Петра — Д. Г. Мессершмидтом.

С созданием Академии изучение Сибири приняло по-настоящему масштабный и планомерный характер. Особенно впечатляет в этом отношении грандиознейшая Вторая Камчатская экспедиция (1733–1743 гг.), возглавленная В. Берингом. Один из ее отрядов был «академическим» — им руководили академики Г. Ф. Миллер и И. Г. Гмелин. Свою статью о Сибири, опубликованную в академических ежемесячных сочинениях, Г. Ф. Миллер недвусмысленно назвал «Золотое дно». Огромные затраты на экспедицию, на которые не поспешило правительство, с лихвой себя оправдали. По словам того же Миллера, «Сибирь, сия отдаленная земля, в рассуждение всех ее обстоятельств, учинилась известнее, нежели самая середина Немецкой земли тамошним жителям быть может...». Наверное, он слегка преувеличивал, но это было творческое преувеличение — в нем отразилось значение выполненных работ.

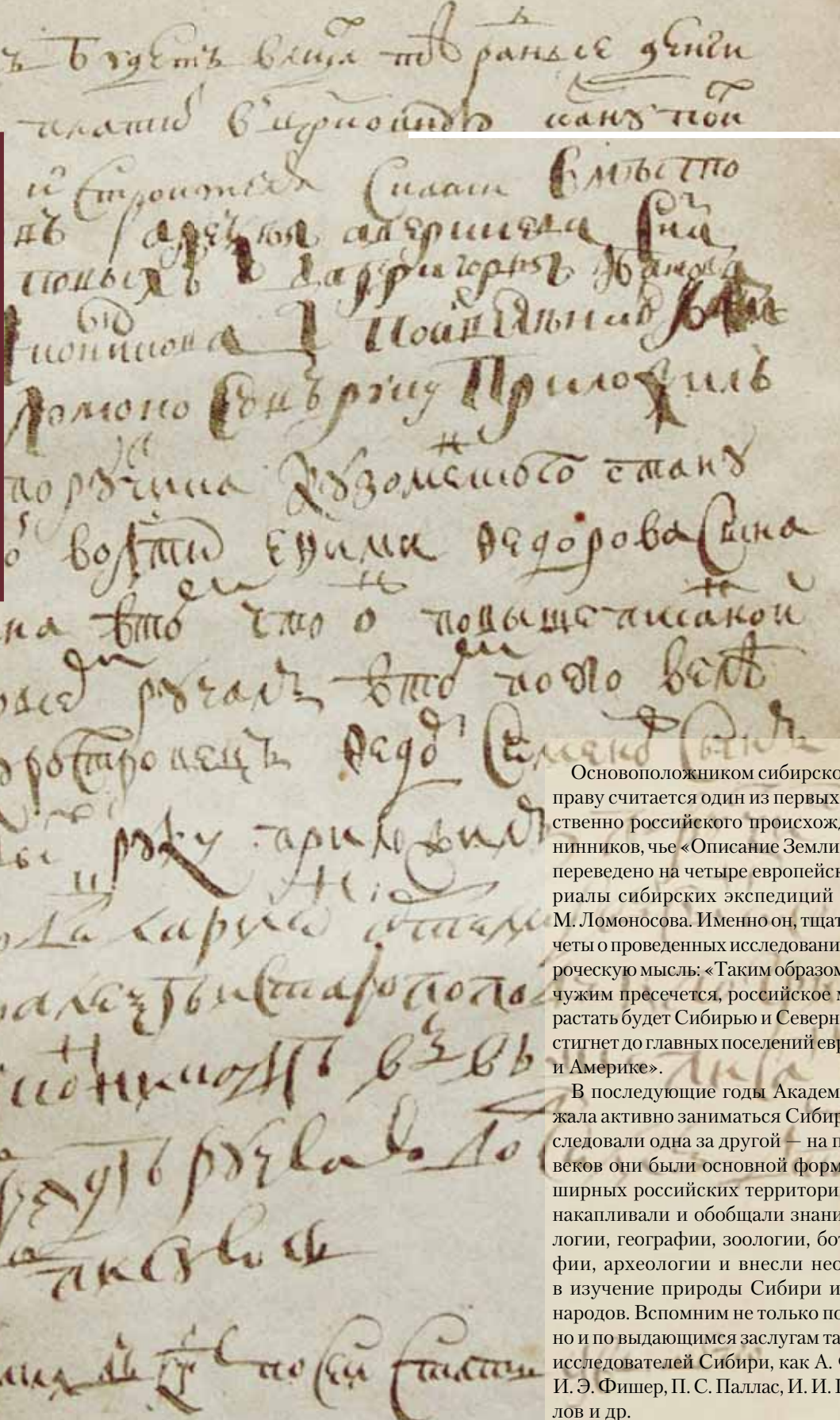




Для своих посланников в «земли незнаемые» Академия наук разрабатывала подробнейшие инструкции и документы («напоминания», «записки», «наказы»), которые сейчас можно рассматривать как первые отечественные программы научного исследования регионов. Например, в инструкции «Об истории народов», написанной накануне Второй Камчатской экспедиции, внимание ученых-путешественников привлекалось, говоря современным языком, к вопросам генезиса, расселения народов Сибири, к их обычаям, нравам, обрядам, занятиям, религии, культуре. А фундаментальный труд Миллера «Описание Сибирского царства...» остается востребованным до настоящего времени — при этом собранные им материалы по истории, этнографии, археологии и т. д. (знаменитые «портфели» Миллера) настолько обширны, что до сих пор еще полностью не введены в научный оборот.



Титульный лист сочинения Г. Ф. Миллера «Описание Сибирского царства...»



*«Таким образом, путь и надежды чужим пресечется, российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном и достигнет до главных поселений европейских в Азии и Америке».*

*М. В. Ломоносов.*

Из записки, представленной цесаревичу Павлу Петровичу, президенту Адмиралтейской коллегии, «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию» (1763 г.)

Основоположником сибирской этнографии по праву считается один из первых академиков собственно российского происхождения С. Крашенинников, чье «Описание Земли Камчатки» было переведено на четыре европейских языка. Материалы сибирских экспедиций очень занимали М. Ломоносова. Именно он, тщательно изучив отчеты о проведенных исследованиях, высказал пророческую мысль: «Таким образом, путь и надежды чужим пресечется, российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном и достигнет до главных поселений европейских в Азии и Америке».

В последующие годы Академия наук продолжала активно заниматься Сибирью. Экспедиции следовали одна за другой — на протяжении двух веков они были основной формой изучения обширных российских территорий. Их участники накапливали и обобщали знания в области геологии, географии, зоологии, ботаники, этнографии, археологии и внесли неоценимый вклад в изучение природы Сибири и населяющих ее народов. Вспомним не только по случаю юбилея, но и по выдающимся заслугам таких крупнейших исследователей Сибири, как А. Ф. Миддендорф, И. Э. Фишер, П. С. Паллас, И. И. Георги, В. В. Радлов и др.



Здание Томского университета

Существенно, что их работа во многом не устарела и вполне перекликается с дерзаниями современной науки. Так, академик Фишер в своей «Сибирской Истории», проанализировав языки коренных народов Сибири, выдвинул идею о южной прародине самодийцев. И эта идея приобретает сегодня новое звучание в результате мультидисциплинарных исследований сибирских археологов, генетиков и антропологов.

Во второй половине XIX-го века — в связи с ростом населения Сибири и масштабов ее освоения (как и предсказывал Ломоносов) — возникла настоятельная потребность в формировании исследовательских учреждений в самом регионе. Первыми «точками рождения» научного потенциала Сибири и Дальнего Востока стали университеты — Томский (основан в 1880 г.), Иркутский (1918), Дальневосточный (1920). Открытие Томского университета состоялось благодаря переезду в Сибирь известных ученых — профессоров из Санкт-Петербурга и других городов Европейской России. Именно они стали своеобразными фундаторами роста научных кадров на периферии. Ярким примером тому является деятельность в Томске выпускника Санкт-Петербургского университета профессора В. Д. Кузнецова. Он приехал в Томск в 1911 г. и сыграл исключительную роль в становлении и развитии физической науки, создав в 1920-х гг. Сибирский физико-технический институт.





В. В. Ревердатто со студентами в гербарии

Октябрьская революция и установление в России нового политического режима повлекли за собой реформирование академической науки (как, впрочем, и всей российской жизни). Это был весьма противоречивый, драматический процесс. Идеологическая ломка сама по себе очень болезненна, но ситуация усугублялась еще и материальными трудностями, порожденными двумя разрушительными войнами и иностранной интервенцией.

Идеологические гонения на Академию наук и ученых, как представителей враждебного прошлого, начались сразу же после установления в стране Советской власти. Насколько эти гонения были обоснованы в каждом конкретном случае — вопрос непростой. Немалую роль играла эйфория победивших революционных масс. Определенная агрессия, имевшая место с их стороны, провоцировалась и усугублялась тем, что значительная часть ученых не приняла новую власть. Противостояние было обоюдным, а неприятие — взаимным. До 1923 г. перевес был на стороне новой власти. Это и немудрено — все рычаги управления и принуждения находились в ее руках. Но за российскую науку, за ее Академию вступилась практически вся мировая научная общественность.

*Заслуженный деятель науки, профессор Виктор Владимирович Ревердатто один из инициаторов создания Западно-Сибирского филиала АН СССР, организатор и первый директор Медико-биологического института (1944—1952 гг.), был крупным ученым-исследователем, работавшим в области флористики, геоботаники, изучения лекарственных растений. В. В. Ревердатто внес большой вклад в изучение флоры, растительности и растительных ресурсов Сибири, положил начало дробному геоботаническому районированию и картографированию растительного покрова.*

Трудно определить, насколько действенным оказалось западное заступничество, однако как бы то ни было, мы имеем дело с фактом — уже к 200-летию Академии наук, в 1924 г., отношение Советской власти к науке изменилось коренным образом. Советское руководство осознало, что без науки прогресс страны невозможен. К рубежу 1920–1930-х гг. это убеждение превратилось в непоколебимую позицию. Этой эволюции, несомненно, способствовало внешнеполитическое положение государства, при котором рассчитывать на заимствование «чужих» технических новшеств не приходилось. Советские лидеры усвоили непреложную истину, что фундаментальная наука является тем, без чего армия останется без современных вооружений, то есть превратится, попросту, в «пушечное мясо». Наука оказалась чрезвычайно важной составляющей национальной безопасности. Наука вернула прежний престиж, а научный работник — прежнее достойное положение в социальной структуре общества.



Академик А. А. Скочинский



Доцент Г. В. Малкин



Профессор К. Н. Шмаргунов

Президиум Западно-Сибирского филиала АН СССР 1944 года

Великая Отечественная война 1941–1945 гг. драматично, но реально подтвердила указанные выводы. Послевоенный период, несмотря на руины, в которых находилась половина страны, примечателен постоянно высоким вниманием к насущным проблемам и перспективным направлениям роста научного потенциала. На науку денег не жалели, и наука отвечала на такое внимание впечатляющими результатами.

Все это самым прямым образом отражалось на деятельности Академии наук и в Сибири.

Сдвиги в размещении производительных сил, начавшиеся в 20-е годы, крупные народнохозяйственные проекты (типа Урало-Кузбасского) потребовали резкого увеличения масштабов изучения Сибири. Местные власти все сильнее ощущали потребность в помощи ученых, а ученые — в координации своей деятельности.

В 1930 г. Академия наук организовала постоянную комиссию по изучению Сибири во главе с академиком

А. Е. Ферсманом. Комиссия обосновала необходимость создания в регионах научно-исследовательских станций АН с перспективой перерастания их в более крупные учреждения. В 1932 г. в Свердловске и Новосибирске состоялась выездная сессия Академии наук, на которой рассматривались проблемы развития Урало-Кузбасса. Именно тогда впервые прозвучало предложение организовать филиал Академии наук в Новосибирске. Однако намеченные планы «повисли в воздухе», поскольку для их осуществления не удалось найти необходимые средства и, главное, привлечь квалифицированные кадры из ведущих научных центров страны.

Ситуация повторилась в 1936 г., когда на заседании Президиума Академии наук академик И. П. Бардин вновь поставил этот вопрос. Свои предложения ученый обосновывал тем, что ведомственные институты не выходят за рамки узкоотраслевых задач, между тем как на востоке страны назрела острая необходи-

мость в комплексных исследованиях, охватывающих проблемы развития производительных сил региона. Академику ответили, что в данное время разговор, в лучшем случае, может идти лишь об организации научно-исследовательской базы.

Начавшаяся война сильно изменила довоенные планы. В первые ее дни Президиум Академии наук обязал все академические учреждения перестроить тематику НИР с учетом оборонных нужд и ускорить завершение исследований, результаты которых можно было немедленно применить в военных целях. Резко возросла социальная роль ученых и специалистов — их разработки отчасти компенсировали политические и военные просчеты. Это касалось, впрочем, не только ученых — война заставила положиться на знания и умения профессионалов во всех сферах жизни.





Академик И. П. Бардин

В тяжелейших условиях военного времени родилось новое отношение к восточным регионам СССР — именно они, после потери западных территорий и размещения здесь огромного количества эвакуированных промышленных предприятий, определяли экономическую мощь страны и ее способность эффективно противостоять могучему противнику.

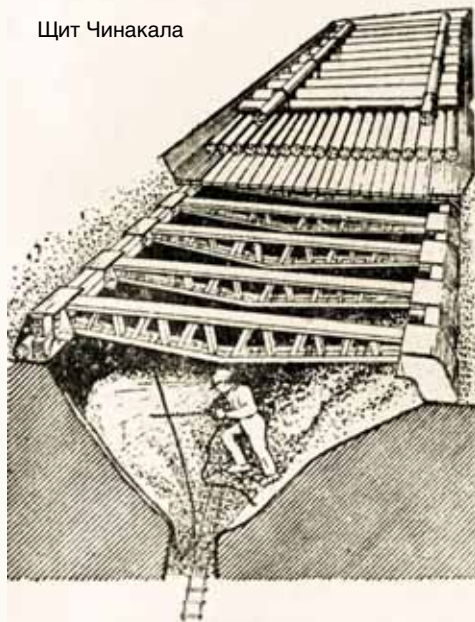
Работы по изучению и рациональному использованию сырьевых ресурсов восточных районов выполняли комплексные региональные комиссии АН СССР. Среди них особое место занимала Комиссия по мобилизации ресурсов Урала, Западной Сибири и Казахстана на нужды обороны страны во главе с академиком В. Л. Комаровым, в то время президентом АН СССР.

Деятельность комиссии дополняли Комитеты, созданные по инициативе самих ученых. Один из первых Комитетов возник в Томске в июне 1941 г. В Новосибирске с инициативой создания Комитета в начале 1942 г. выступила группа эвакуированных ученых ЦАГИ во главе с академиком С. А. Чаплыгиным. Новосибирский Комитет ученых объединял до 900 научных работников

НИУ и вузов города. Сибирский научно-исследовательский институт авиации (СибНИА) — выдающийся практический результат деятельности академика С. А. Чаплыгина в Новосибирске.

Чем только не приходилось заниматься представителям Комиссии! Приведем лишь один яркий пример. Летом 1942 г. выяснилось, что темпы добычи угля в Кузбассе слишком малы для возросших потребностей оборонной промышленности. В Прокопьевск прибыл временный научный коллектив (тогда он назывался бригадой). Обследование шахт показало, что добычу угля можно увеличить на 50 %. Для этого был широко использован новый способ щитовой добычи угля, созданный и опробованный еще до войны профессором Н. А. Чинакалом. В результате удалось без закладки новых шахт добывать угля в 4–5 раз больше, чем при старых технологиях.

Щит Чинакала



Профессор Н. А. Чинакал

Война — при всей централизации государственного управления — раскрепостила инициативу на местах. Этому во многом обязан своим появлением Западно-Сибирский филиал АН СССР. Время его рождения вряд ли можно назвать благоприятным для этого. В 1943 году война против фашистской Германии уже вошла в самый тяжелый и кровопролитный период. Трудно было надеяться, что предложение, прозвучавшее из далекой от фронта Сибири, будет услышано и тем более поддержано центром. До того ли?! И тем не менее, чудо произошло — Западно-Сибирский филиал АН был создан!



Здание Западно-Сибирского филиала АН СССР после реконструкции 1944—1947 гг.

**21 октября 1943 г. Совет Народных Комиссаров СССР постановил:**  
**«1. Разрешить Президиуму АН СССР организовать в 1943 г. в Новосибирске Западно-Сибирский филиал АН СССР в составе:**  
**а) Горно-геологического института;**  
**б) Химико-металлургического института;**  
**в) Транспортно-энергетического института;**  
**г) Медико-биологического института.**  
**2. Обязать Новосибирский облисполком предоставить Западно-Сибирскому филиалу АН СССР производственные и жилые помещения.»**

Но в действительности это было не чудо, а ответственная и профессиональная работа тех, кто тогда руководил страной и понимал, что сложившаяся ситуация требует быстрых и решительных действий. Во-первых, резко возросший экономический потенциал Западной Сибири нуждался в соответствующем научном обеспечении, и этот фактор больше нельзя было игнорировать. Во-вторых, в годы войны произошло перемещение на восток страны не только промышленности, но и науки. В Сибирь переехали крупные научные учреждения и ученые, лидеры научных школ и направлений. Они продолжали здесь свою деятельность, что потребовало соответствующего материально-технического, финансового и кадрового обеспечения исследований. Впоследствии процесс реэвакуации затронул науку гораздо больше, чем индустрию. Но, с одной стороны, уехали далеко не все ученые, а с другой — в регионе остались кадры, подготовленные из местных специалистов, сохранился опыт, материальные и организационные контуры «большой» науки. Как говорил академик В. Л. Комаров в сентябре 1943 г.: «Временная эвакуация учреждений Академии наук СССР на Восток подняла новые пласты культурных сил нашей Родины на уровень задач Академии наук». Образно, но весьма точно.

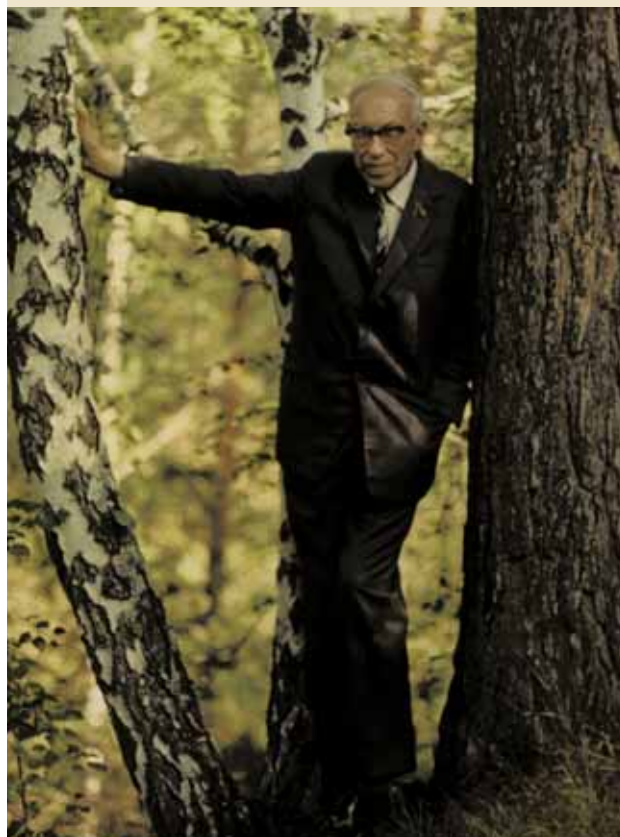
Для решения организационных проблем нового филиала Президиум Академии наук назначил комиссию во главе с академиком А. А. Скочинским. Руководителем филиала не случайно стал Александр Александрович Скочинский. Сам сибиряк, крупнейший специалист в области горного дела, он прекрасно осознавал громадные возможности и перспективы Сибири. В течение



первых пяти лет он руководил филиалом, отдавая ему все свои знания и организаторский опыт.

Новый филиал представлял собой комплексное учреждение с региональной ориентацией исследований. Сфера его влияния охватила Алтайский и Красноярский края, а также Кемеровскую, Новосибирскую, Омскую, Томскую, Тюменскую области и Туву. Коллектив ЗСФАН формировался, главным образом, за счет кадров сибирских (в массе своей, томских) научно-исследовательских учреждений и вузов. Исключение составил Химико-металлургический институт, которому была передана Новосибирская комплексная химическая лаборатория. Одной из самых характерных особенностей первых лет деятельности филиала был высокий процент совместителей. В октябре 1944 г. в филиале работали 130 человек, из них 89 штатных и 41 совместитель. Памятуя, что «кадры решают все», этой проблемой занимались неустанно. Уже в январе 1945 г. филиал инициировал проведение первой в Новосибирске конференции молодых ученых. В работе конференции приняли участие более 300 человек из вузов, отраслевых и академических НИИ, в том числе немало студентов, которые впоследствии связали свою жизнь с наукой.

За 15 лет своей деятельности ЗСФАН вырос в одно из крупнейших академических учреждений страны. В 1957 г. в его составе работало шесть институтов (горного дела, геологии, химико-металлургический, биологический, транспортно-энергетический, радиофизики и



Академик М. А. Лаврентьев, председатель СО АН СССР в 1957—1975 гг.

электроники), два отдела (экономических исследований и механизации сельского хозяйства) и Ботанический сад. По ряду научных направлений филиал стал координирующим центром не только Западной Сибири, но и всей страны.

И в этом огромная заслуга тех, кто руководил филиалом. Как и в том, что в 1957 г. М. А. Лаврентьев решил остановить свой выбор на Новосибирске как центре будущего Сибирского отделения Академии наук. Академик А. А. Трофимук в своих мемуарах вспоминает, что, когда решался вопрос, куда «посадить» новый научный центр, академики М. Лаврентьев и С. Христианович посетили несколько сибирских городов. В Томске и Иркутске их встретили неприветливо, и в Новосибирск они приехали, уже готовясь



Председатель Президиума Западно-Сибирского филиала АН СССР (апрель 1954 г. — декабрь 1958 г.) Герой труда, кандидат технических наук Т. Ф. Горбачев

к очередному нелегкому разговору. Но здесь, вопреки ожиданиям, их встретил радушный прием руководителя ЗСФАН Т. Ф. Горбачева. Он поддержал их начинание и пообещал всю необходимую помощь. В Новосибирске москвичей даже поторапливали с реализацией их идеи. Западно-Сибирский филиал вскоре был упразднен как организационная структура, поскольку все институты филиала вошли в состав Сибирского отделения АН СССР.

Говоря об основателе и первом Председателе Сибирского отделения АН СССР Михаиле Алексеевиче Лаврентьеве, невозможно не вспомнить знаменитый «треугольник Лаврентьева», и сегодня остающийся основополагающим для Сибирского отделения. Еще раз напомним его главные принципы: а) комплексность (мультидисциплинарность) научных исследований; б) интеграция науки и образования, многоуровневая (начиная со школы) система отбора, подготовки и воспроизводства кадров высшей квалификации; в) активное содействие реализации научных достижений, разнообразие форм связи с производством.

Вот что на сей счет на закате своей жизни говорил сам легендарный академик: «Когда меня спрашивают, от чего, на мой взгляд, зависит будущее Сибирского отделения, я отвечаю: от того, насколько удастся удержать гармоническое триединство „наука — кадры — производство“. Преобладание любого из этих начал приведет к застою и регрессу. Эта гармония не есть рецепт изготовления вкусного блюда, когда известно точно количество каждого компонента. Она должна быть плодом коллективных усилий ученых с участием руководящих работников промышленности и органов власти. Время будет вносить определенные коррективы, но принципы, доказавшие свою плодотворность, должны еще поработать и после нас».

Авторы благодарят к. и. н. Н. А. Куперштох за помощь в подготовке материалов статьи

Редакция журнала благодарит Отдел редких книг ГПНТБ СО РАН за предоставленные материалы



Академик В. А. Коптюг, председатель СО АН СССР, затем СО РАН в 1980—1997 гг.

И эти слова снова возвращают нас к самому истоку Академии наук, к тем принципам, на которых она некогда создавалась. Сохраняя верность этим принципам, российская наука достигала в своей истории невиданных высот. В катастрофические же времена ломок, когда некоторым ретивым революционерам хотелось начать все с чистого листа или бездумно подражать чужому и совершенно неорганичному опыту, наука впадала в депрессию, и все это, в конечном счете, оборачивалось невосполнимыми потерями для страны. О прошлом забывать нельзя, оно мстит за это. В последние пятнадцать лет все мы были свидетелями попыток разрушить сложившуюся в России организацию академической науки. Но события последнего времени внушают осторожный оптимизм. Кажется, государство обращается к науке лицом, понимая, что без нее оно само не выживет. Приметы этого процесса можно долго перечислять. Для нас же в Сибирском отделении важно то, что лаврентьевский «треугольник» продолжает активно работать!

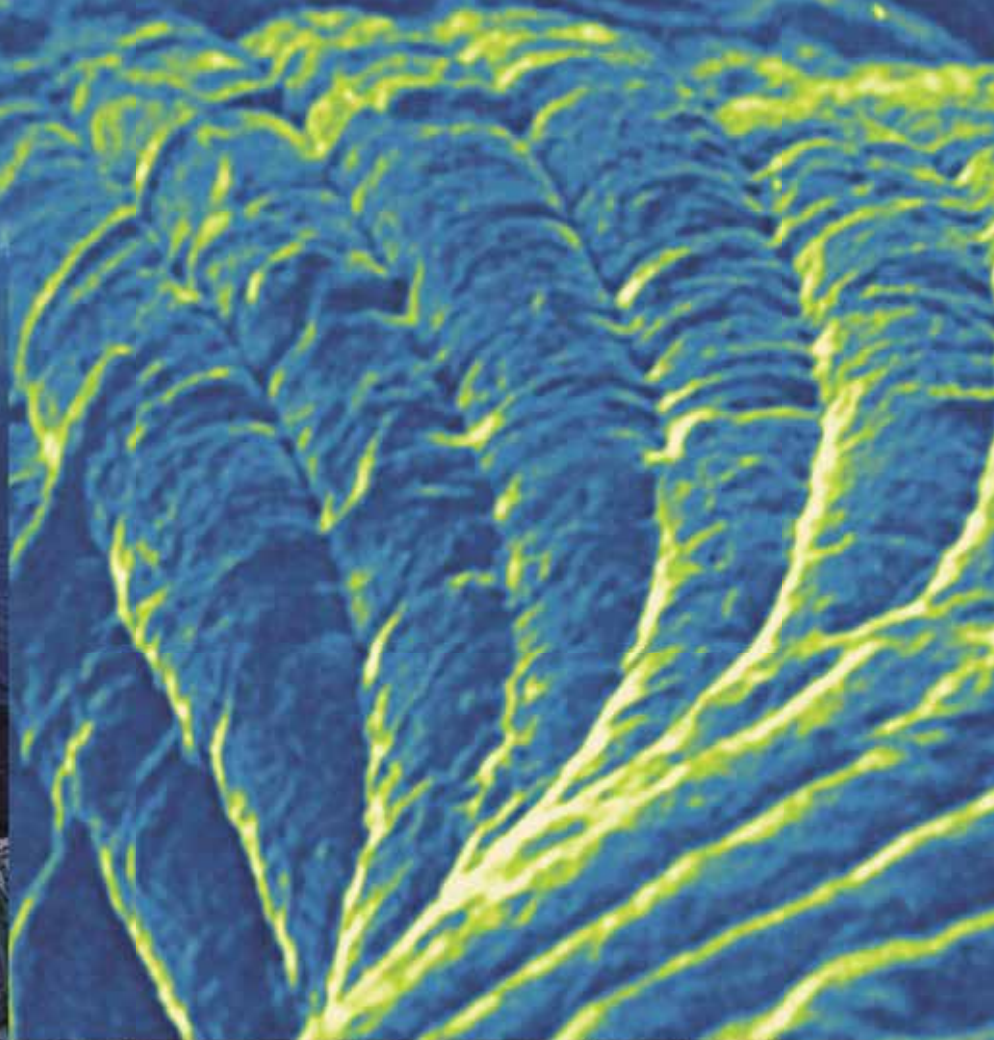
И, наверное, сегодня уместно вспомнить слова другого, не чужого Сибирскому отделению Академии наук человека, много сделавшего для его сохранения и перспективного развития. Мы имеем в виду академика В. А. Коптюга. А он, не страшась пафоса, утверждал: «Наука спасет человечество!»





## ПРОИСХОЖДЕНИЕ и ЭВОЛЮЦИЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

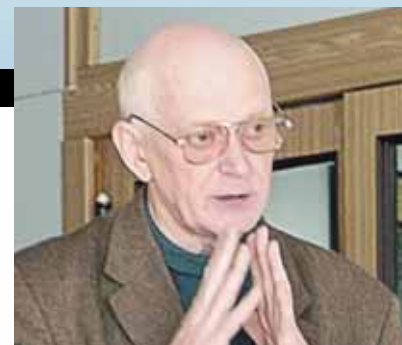
Тема «Происхождение и эволюция жизни на Земле» поистине необъятна. В этом номере мы продолжаем разговор о главной тайне жизни. Читатели узнают об эволюции сообществ микробов — невидимых истинных «хозяев» планеты, и о созидательной роли геологических катастроф в становлении и развитии биосферы. Но тема остается открытой...



Рифейские бактериальные строматолиты, Австралия

*В истории изучения природы попытки объяснить целое через часть на пути редукционизма неоднократно сменялись попытками объяснить части через целое в системном подходе. В современном естествознании эти тенденции вылились, соответственно, в господствующую идеологию дарвинизма с молекулярной генетикой как ее остром, и в геосферно-биосферную систему взглядов, призванную выяснить возможности устойчивого развития.*

Георгий ЗАВАРЗИН



ЗАВАРЗИН Георгий Александрович — действительный член РАН, доктор биологических наук, заведующий отделом микробных сообществ Института микробиологии РАН

## Микробы держат небо

Эволюцию привыкли представлять в виде дерева. Его так и называют — эволюционным. Но она, скорее, напоминает пирамиду

### СУММА БОЛЬШЕ СЛАГАЕМЫХ

Чтобы корректно оперировать понятием «жизнь», нужно сначала разобраться с понятием системы. Каковы же ее характеристики? Во-первых, любая система состоит из отдельных компонентов, взаимодействующих между собой определенным образом. Например, простейший одноклеточный организм состоит из 4-х компонентов: мембраны, изолирующей клетку от окружающей среды, наследственного материала в виде ДНК, рибосомы (аппарата для синтеза белка) и цитоплазмы, т. е. внутренней клеточной среды, где протекают все процессы метаболизма.

Теперь плавно переходим к главному тезису: свойства системы не являются простой суммой свойств составляющих ее компонентов. На этом уровне возникает новое качество. Вспомним, например, изначальную дискретность жизни: хотя все клеточные компоненты и исполняют конкретные биологические функции, жизнь является свойством системы компонентов, объединенных в организм, и только в виде организмов нам известна.

Следующее, на что нужно обратить внимание, — это неизбежная иерархичность систем. Чтобы правильно исследовать систему, требуется трехуровневый анализ. То есть необходимо не только учитывать все входящие в систему элементы, но и понять, в какую большую систему она вписывается. Любой организм существует не сам по себе, а лишь как составная часть какой-либо экосистемы, включающей среду обитания. А разные экосистемы являются частями биосферы, включающей в себя биоту (живое) и географическую оболочку Земли. И именно эта большая система имеет определяющее значение для существования жизни вообще.

Кратко упомянем еще два очень важных свойства систем, к которым мы еще вернемся: первое — в систему можно поместить только совместимые с ней элементы, при этом для соответствия имеют значение только функциональные свойства. И второе — функциональные системные компоненты могут быть с успехом заменены другими со сходными функциями.



Верхний цианобактериальный слой современного галофильного мата. Жгут *Microcoleus chthonoplastes*, состоящий из более, чем 20 трихомов, одетых одной тонкой слизистой, местами складчатой оболочкой

«На заре жизни на Земле существовало лишь прокариотное сообщество, и становление биосферы происходило под действием только бактерий. Все остальные события — лишь модификация биосферной системы, созданной в период исключительного господства «невидимых»» (Г. З.)

### ЖИЗНЬ НА СТАРТЕ

Начнем с того, что первичную биосферу Земли сформировали бактерии или, более строго, *прокариоты* (безъядерные одноклеточные организмы). Представить себе прокариотную биосферу ранее, чем 3,5 млрд лет назад, крайне затруднительно из-за отсутствия соответствующих геологических данных — за исключением одиночных местонахождений метаморфизированных архейских пород. Поэтому современные реконструкции носят несколько зыбкий характер и строятся по аналогии.

Все свободноживущие организмы в качестве источника энергии используют окислительно-восстановительные реакции. Простейшим микробным сообществом можно считать сообщество *гидрогенотрофных микроорганизмов*. В качестве восстановителя они используют водород, образующийся при реакции воды с перегретыми горными породами, т. е. в условиях достаточно высоких температур. Такие организмы сейчас широко встречаются среди представителей глубинной микрофлоры, населяющей поры горных пород примерно до глубины 3 км. Очевидно, что на такой глубине и в таких условиях эти реликтовые формы в незапамятные времена могли жить, игнорируя ультрафиолетовое излучение, губительное на поверхности при отсутствии озонового слоя.

К сожалению, из этой группировки не удастся вывести *фотоавтотрофов*, которые стали основными производителями органического вещества на Земле. Именно эти организмы открыли на необратимо остывающей планете новый внешний источник энергии — солнечный свет. Фотоавтотрофы начали «работать» при температуре от нуля до примерно 60°C.

### СИНЕ-ЗЕЛЕННЫЕ ЧЕМПИОНЫ

Важнейшими фотоавтотрофами стали *цианобактерии*, известные как сине-зеленые водоросли. Эти удивительные самодостаточные организмы, ошибочно называемые водорослями, сейчас обитают на нашей планете везде — в тропиках, горах, морях, даже на атомных полигонах. С водорослями и растениями вообще этих бактерий объединяет наличие пигмента хлорофилла, благодаря которому они осуществляют реакцию фотосинтеза.

С появлением цианобактерий наша биотическая система становится автономной, с замкнутыми циклами всех биогенных элементов. Цианобактерии служат первичными производителями органического вещества и свободного кислорода в атмосфере, а хемотрофные бактерии — деструкторами, разрушающими органику и возвращающими ее в биотический цикл. При этом неполное разрушение приводит к накоплению углерода осадочных горных пород — керогена.

Первые цианобактерии, сходные по строению с современными, жили, согласно палеонтологическим данным, 2,7 млрд лет назад. Интересно, что эти невообразимо древние организмы с успехом идентифицируются по современным определителям — так мало изменений претерпели они за миллиарды лет существования! Приведенная выше цифра довольно условна, потому что, например, мелкие кокковидные сине-зеленые, ныне населяющие океан, трудно различить даже в микроскоп. Поэтому подобные организмы могли существовать в еще более древние времена, но современными методами бактериальной палеонтологии их следы пока обнаружить нельзя.

Возраст палеонтологических находок сине-зеленых в древних горных породах на суше равен 2,2 млрд лет. Возможно, они обитали также на влажном грунте, в эфемерных водоемах и в пористых породах (как в современных пустынях и Антарктиде), где их останки не могли сохраниться. Настоящими памятниками сине-зеленым водорослям стали строматолиты — поразительные «каменные ковры», представляющие собой окаменевшие продукты жизнедеятельности древних

Вероятно, остатки чехлов, заключавших по несколько нитей цианобактерий из Хубсугульских фосфоритов

цианобактериальных сообществ — как продуцентов, так и разрушителей.

Упомянутыми сообществами была создана полноценная биосфера современного геохимического типа. Функционировала она достаточно долго — 2–3 млрд лет — и за это время сформировала устойчивый живой покров планеты. И если в качестве критерия эволюционной продвинутости брать численность и устойчивость организмов, то именно цианобактериальное сообщество нужно считать абсолютным чемпионом.

### ЭВОЛЮЦИОННАЯ ПИРАМИДА

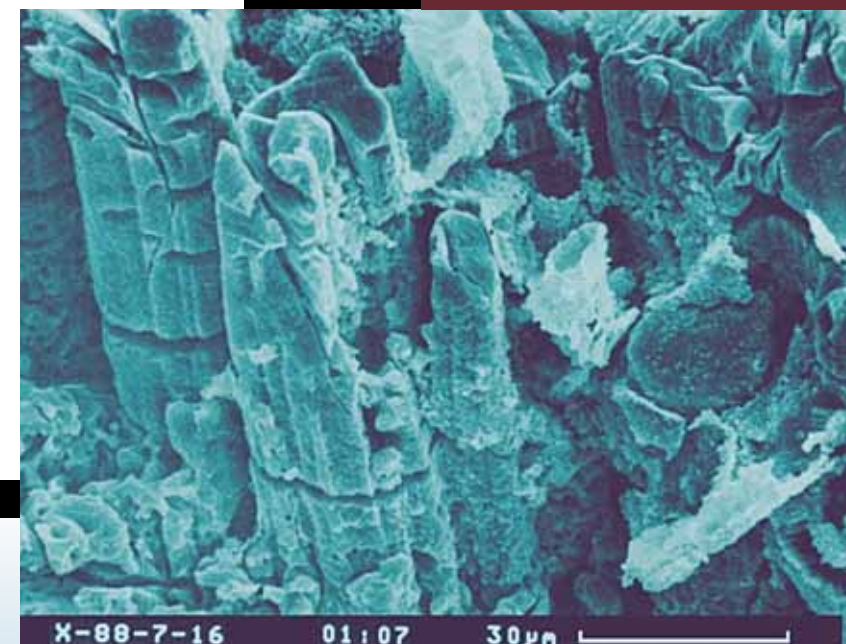
Следующий этап в развитии нашей системы — появление *эукариот* (организмов с полноценным клеточным ядром) и многоклеточных организмов. Время их появления точно не установлено, однако можно с уверенностью сказать, что ранее 1-го млрд лет назад эукариоты главных ролей на Земле не играли.

«Эволюция живого обычно представляется в виде генеалогического дерева, развивающегося от немногих предковых форм, которые должны были бы вымереть как менее приспособленные. На самом же деле в природе сосуществуют представители всех основных групп организмов — от примитивных до самых сложных, — когда-либо появившихся в истории биосферы» (Г. З.)



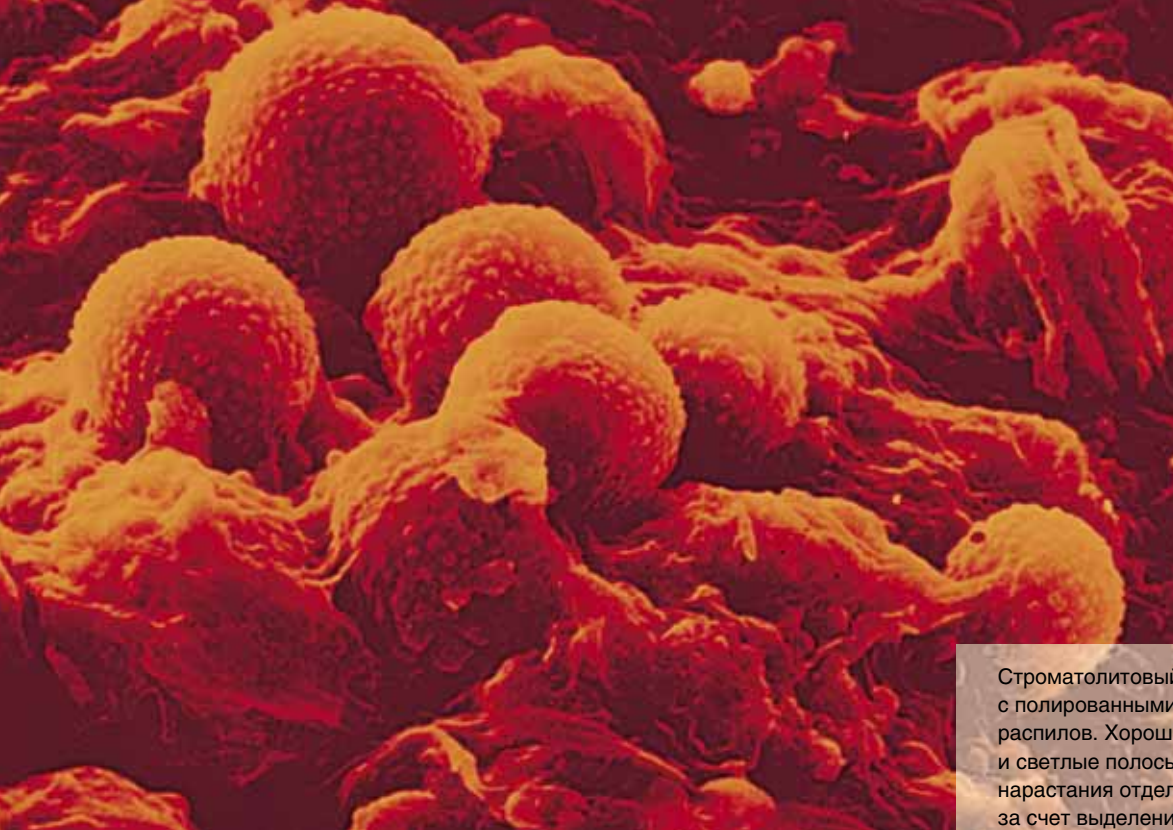
Реконструкция строматолитовой постройки

Если кто-то считает, что мы зря разбирались с основами анализа систем, то пусть попробует вывести свойства биосферы из свойств информационных наследственных молекул! Это будет так же некорректно, как начать поиски «универсального общего предка» без четкого представления о среде обитания и геохимических процессах, в которые он должен вписаться, чтобы обеспечить себе длительное существование в масштабах эволюционного времени. Чтобы понять, как возникла и эволюционировала жизнь, нужно следовать логике анализа больших систем «сверху вниз», от общего к частному, что мы дальше и попытаемся сделать при рассмотрении эволюции микробных сообществ.



X-88-7-16 01:07 30µm





Современный галофильный мат. Захороненные слои с цистами зеленой водоросли *Dunaliella salina* Teod., на поверхности которых видны характерные бугорки

Строматолитовый монолит с полированными поверхностями распилов. Хорошо видны темные и светлые полосы — следы нарастания отдельных столбиков за счет выделения цианобактериями известкового материала (образец из коллекции Центрального сибирского геологического музея при Объединенном институте геологии, геофизики и минералогии СО РАН, г. Новосибирск)

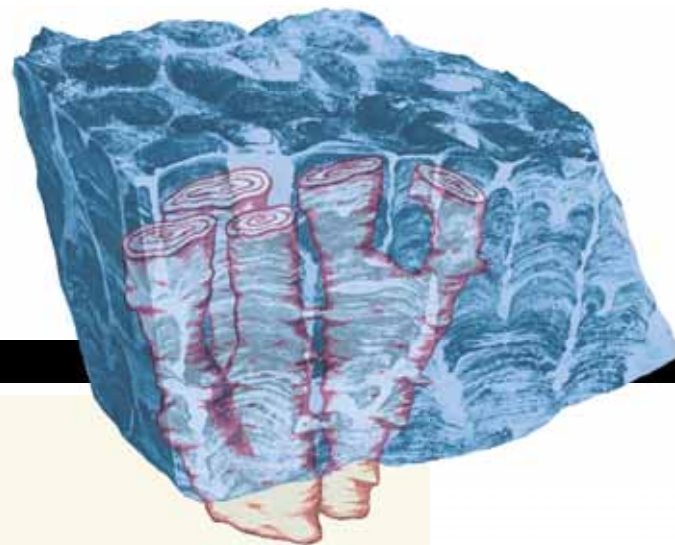
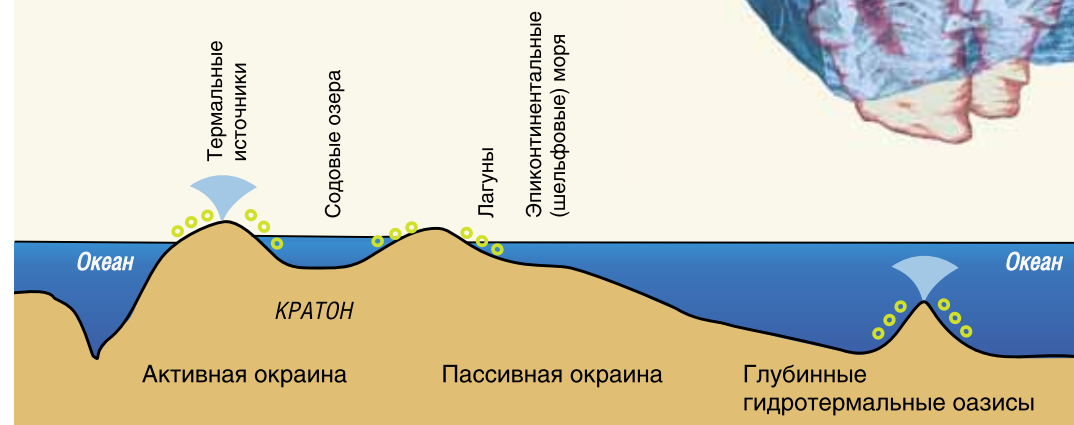


Схема первобытной прокариотной биосферы



системным представлениям, вписывается в рамки уже существующего, а сохранение «старого» является необходимым условием дальнейшего поступательного развития системы. То есть эволюции. Если стоять на этих позициях, то вместо обычного эволюционного дерева перед нами отчетливо вырисовывается настоящая эволюционная пирамида (или, по настроению, Вавилонская башня).

## «АЛЬТЕРНАТИВНАЯ» ЖИЗНЬ

Когда в 1977 г. франко-американская экспедиция обнаружила вблизи Галапагосских островов, в безднах океана, поля гигантских двустворчатых моллюсков, плотные стаи креветок и сплетения червевидных вестиментифер, напоминающие ожившую макаронную фабрику, ученый мир был поражен. Никто не ожидал встретить на многокилометровой глубине, под громадным давлением, в беспросветной тьме, настоящие оазисы жизни. Ныне они открыты во всех океанах — на глубинах от 400 до 7000 м.

В океанических рифтовых долинах-расщелинах раскаленная лава, с температурой около 1200°C, поднимается из земных недр к поверхности. Навстречу ей по трещинам сочится морская вода. Она нагревается до 500–850°C, обогащается соединениями металлов и серы и «фонтанирует». Эти источники

называют гидротермами, вентами или «черными курильщиками» (из-за темной взвеси сернистого железа).

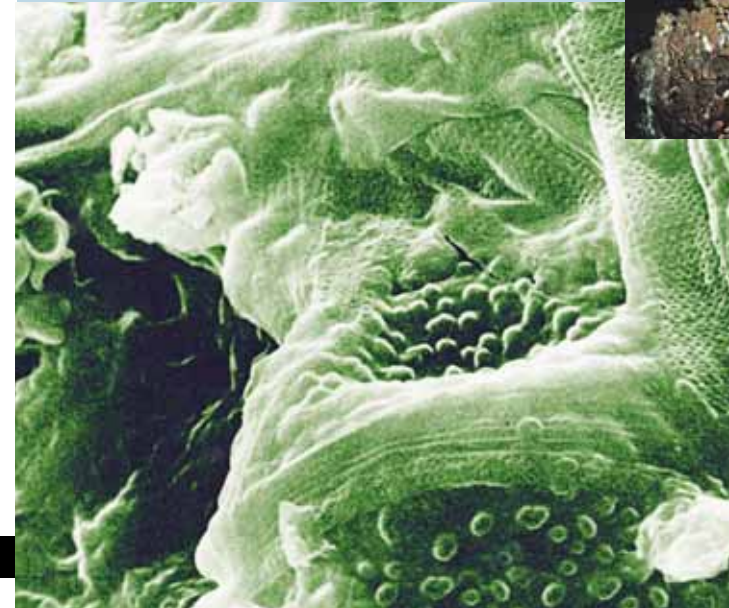
При отсутствии света сообщество организмов, образующееся вокруг гидротерм, использует химическую энергию. Его основу составляют хемосинтезирующие серные бактерии, которые производят органические вещества за счет энергии, выделяемой при окислении соединений серы. Все сообщество живет на издвигении этих бактерий. Вестиментифера рифтия строит трубки до трех метров длиной, откуда высовывает алый жаберный султан — трофосома, где содержится до 10 млн серных бактерий. У кольчатых червей *альвинелл* такие бактерии сидят прямо на поверхности тела, а у двустворок — в жабрах. Все эти животные служат кормом креветкам, крабам и рыбам. Всего же ныне насчитывается более 500 видов гидротермальных животных.

В 1979 году советский геолог-тектонист Л. Зоненшайн выдвинул гипотезу о том, что Уральские горы образовались на месте «схлопнувшегося» океана, и знаменитые южно-уральские месторождения медного колчедана являются ископаемыми «черными курильщиками» силурийско-девонского возраста! Действительно, со временем российские ученые нашли в них всю ископаемую

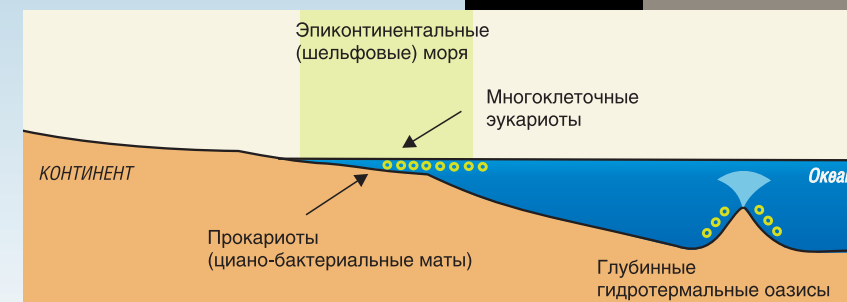
Высокотемпературный «черный курильщик», 600 м, Восточно-Тихоокеанское поднятие



Современный галофильный мат. Цисты *Dunaliella salina* (справа) и смятые клетки пурпурной бактерии *Thiocapsa* (слева) среди створок диатомовых водорослей



Первые этапы пространственной экспансии жизни





НОВЫЙ «СТАРЫЙ» МИР

В новом эукариотном мире, возникшем «над» прокариотной биосферой, появились группы, способные выполнять те же функции, что и прокариоты. Прежде всего, это относится к водорослям, подобно цианобактериям обладающим способностью к фотосинтезу. Они начинают завоевывать океан и вытеснять цианобактериальные сообщества с мелководий морей и озер.

Но, в отличие от сине-зеленых, у водорослей есть один крупный недостаток: они не в состоянии фиксировать атмосферный азот.

Эту проблему биосфера решила на уровне сообщества: избыточный синтез безазотистого органического вещества эукариотами стал источником для жизни азотфиксирующих бактерий, разрушителей органики. Это служит наглядным примером того, что главным действующим лицом в природе выступает отнюдь не отдельный организм или вид, но сообщество как кооперативное единство.

Таким образом, приоритет в любом сообществе имеют трофические, т. е. пищевые, цепи, создающие в нем «обмен веществ», аналогичный метаболизму клетки. Все группировки организмов в сообществе выполняют сеть взаимодополняющих химических реакций, причем один организм может быть заменен другим, отличным по происхождению и виду, но осуществляющим такую же функцию. Индивидуум — ничто, общество — все! А сообщество в целом ограничивается требованиями геофизической среды, и прежде всего — транспортом вещества между элементами. Удовлетворяет этим требованиям только единая замкнутая система функционально комплементарных организмов. В природе нет «универсальных солдат», которые в одиночку справлялись бы со всеми задачами.

*«Реликтовые микробные сообщества, развивающиеся в экстремальных условиях (например, в гидротермах или содовых озерах), представляют собой аналоги экосистем прошлого. Развитие таких сообществ в местах, где «трава не растет и скот не пьет», означает, что эволюция и усложнение организмов сопровождалось сужением базы жизни» (Г. З.)*

первые «бактероядные» хищники...

В дальнейшей эволюции сообществ каждый шаг в усложнении организации живых существ сопровождался образованием новых ниш для бактерий. Так, благодаря сформированному пищеварительному тракту животные, с точки зрения кишечной микрофлоры,



*«Микробное сообщество возникает не путем расхождения и приобретения способностей у определенных видов, но собирается из филогенетически удаленных, «не родственных» организмов, условия для которых задаются ландшафтом. В этом смысле эволюция микробных сообществ — основная движущая сила биогеохимической эволюции биосферы — находится в области недарвиновских представлений» (Г. З.)*

Современные бактериальные строматолиты, Австралия

*В статье использованы фотографии, сделанные с помощью сканирующего электронного микроскопа, из «ATLAS of Microorganisms from Ancient Phosphorites of Khubsugul (Mongolia)» (2000, Huntsville, Alabama, USA), изданного по результатам совместного проекта Палеонтологического института РАН и NASA-Marshall Space Flight Center (NASA/TP—2000—209901)*

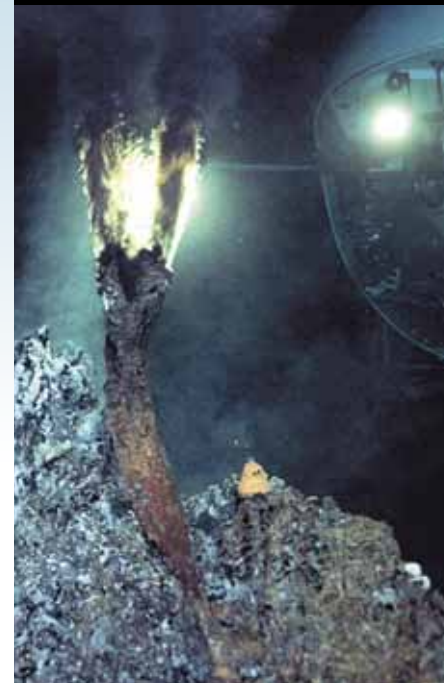
первых простейших одноклеточных эукариот, способных захватывать твердые частицы, стали крупнейшей инновацией, предшествующей прочим изменениям в архитектуре их клеток. С этого времени оболочки клеток могли перевариваться внутри организмов, и бактерии получили статус «жертв». И если раньше отмирание прокариот происходило вследствие исключительно внутренних причин, то теперь картина была совершенно иной: на охоту — вернее, на «пастбище» — отправились

представляют собой просто ходячие трубчатые «ферментеры». При этом для всякого усложнения пищевых цепей и систем неизбежным правилом остается то, что они начинают с первичных производителей органического вещества, т. е. с цианобактериально-водорослево-растительного звена, а заканчиваются деструкторами. Круг жизни всегда должен быть замкнут.

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ МИРЫ ПЕРЕСЕКАЮТСЯ

И что же, в конце концов, мы видим, бросая взгляд с вершины прогрессивной морфологической эволюции? Необратимые изменения геосферы диктовали свои законы биоте. Появлялись, усложнялись и исчезали организмы, но микробы во все времена как были, так и оставались базисом планетарной системы поддержания жизни. Именно поэтому столь четко и слаженно работает наша огромная геосферно-биосферная машина, включающая в себя комплекс сопряженных геобиохимических циклов и процессов, которые объединены глобальным планетарным круговоротом вещества и энергии.

Вот вам и эволюционный прогресс! При всей нашей морфологической продвинутости мы, вкупе с животными, обеспечиваем лишь скромные 3% от круговорота углерода на нашей планете! Просто несопоставимо с тем, что приходится на долю микробов. Но о них мы вспоминаем, только когда заболит горло, скиснет молоко или «зацветет» любимый купальный водоем. И еще не было прецедента, чтобы «зеленые» забили тревогу по поводу судьбы редкого вида маленьких цианобактериальных стоиков. А впрочем... Разве нуждаются в нашем признании и одобрении «сильные» мира сего?



Скопление креветок и крабов, 3660 м, Срединно-Тихоокеанский хребет

Колония мидий, 1688 м, Срединно-Атлантический хребет



биоту, типичную для гидротерм. Постепенно «докопались» и до более древних, докембрийских, «курильщиков». Возник вопрос: а не зародилась ли жизнь среди горячих серных котлов? Соединения серы и поныне поставляют энергию клеткам, причем не только у гидротермальных организмов. Может быть, это дань далекому прошлому, когда «семена» жизни вызревали вблизи горячих серных источников?

В восьмидесятые годы в Байкале с помощью глубоководных аппаратов «Пайсис» было обнаружено сообщество организмов, сформировавшееся в районе выброса термальных вод. Источник теплой воды с повышенной минерализацией расположен в северной котловине Байкала в районе бухты Фролиха на глубине более 400 м.

Вокруг фролихинской гидротермы раскинулись «поляны» (маты), покрытые белыми нитчатыми пленками из цианобактерий и нитевидных сульфат-редуцирующих бактерий, плотные поселения из корковых губок, в массе встречаются различные черви, моллюски, ракообразные и рыбы. При этом если для глубоководной фауны Байкала в целом характерно преобладание мелких животных, то в районе вента крупные животные — не редкость.

Голубой цвет грунта в районе вента говорит об отсутствии кислорода в непосредственной близости ко дну. Однако количество живых организмов вокруг источника огромно. Биота фролихинского вента является аналогом океанических донных сообществ, населяющих относительно малопрогретье метаново-сульфатные просачивания. Этот гидротермальный оазис с его удивительной «альтернативной» жизнью — еще одна уникальная черта маленького пресноводного «океана» Байкала.

Фотографии «черных курильщиков», получены с использованием глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1» и «Мир-2» Лабораторией научной эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов Института океанологии РАН под руководством проф. А. М. Сагалевича. Обработка фотографий — Ю. А. Володин.

Существенно ограничивала бактериальный мир принципиальная несовместимость строения прокариот с питанием твердым субстратом. Проход твердой частицы через мембрану нарушал у них работу самой клетки. Поэтому «хищный образ» жизни был не для прокариот. Изменения мембранных структур у



ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
и ЭВОЛЮЦИЯ  
ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Александр КАНЬГИН

## ПОХВАЛЬНОЕ СЛОВО КАТАСТРОФАМ



КАНЬГИН Александр Васильевич — член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией палеонтологии и стратиграфии палеозоя Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН (г. Новосибирск)

*Земные слои, образовавшиеся на месте древних морей и континентов, представляют собой единственную природную летопись, на гигантских окаменевших страницах которой записаны события далекого и близкого прошлого нашей планеты. За последние 4 млрд лет органический мир Земли прошел длинный путь от первозданных микробных сообществ до эволюционной вершины — разумного существа. Этот путь сопровождался многочисленными геологическими потрясениями, кардинально менявшими условия жизни на планете. Такие геологические «удары» по экосистемам можно рассматривать как крупномасштабные природные эксперименты, которые невозможно воспроизвести в лабораторных условиях. Во фрагментарных, но поддающихся расшифровке свидетельствах этих событий удается найти ответы на многие интригующие загадки феномена жизни, одна из которых — созидательная роль геологических катастроф в становлении современного облика биосферы.*

ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ — ПЛОД СОЮЗА  
БИОЛОГИИ И ПАЛЕОНТОЛОГИИ

Как известно, XIX век породил эволюционное учение, ставшее впоследствии идейной основой естествознания. Представление о постепенном развитии мира вызревало у первых эволюционистов на разной «почве». У Ж. Ламарка — на биологической, как идея о возникновении биологического разнообразия. У Ч. Лайеля, который сделал акцент на изменениях Земли как субстрата жизни, — на геологической. Самый известный эволюционист — Ч. Дарвин — обобщил как биологические знания об изменчивости существующих видов, так и палеонтологические свидетельства видообразования в геологическом прошлом. Именно такой, передовой для своего времени, «междисциплинарный» подход обеспечил теории Дарвина победоносное шествие.



Ее базовые положения, касающиеся факторов видообразования (наследственность, изменчивость, отбор) сохраняются в эволюционном учении до сих пор. Но вот по поводу конкретных механизмов этой триады сразу же возникли горячие дискуссии. Дарвина обвиняли в том, что он преувеличивал роль внешних факторов, т. е. среды, и недооценивал саморазвитие видов за счет внутренних биологических механизмов. О последних он и не мог знать, поскольку они стали известны только после открытия Г. Менделем и его последователями законов наследования и рекомбинации признаков.

В конечном итоге произошло размежевание между биологами и палеонтологами по проблеме соотношения внутренних и внешних факторов эволюции. Первые сосредоточились на изучении внутренних механизмов эволюционного процесса, вторые же — на изучении влияния внешней среды. Этот «раскол» в рядах ученых не удалось преодолеть до сих пор. Информационный «взрыв» в XX веке породил много триумфальных научных открытий, но в то же время «разбил» естествознание на множество мелких ручейков, которые нелегко собрать в единый поток. Для этого нужен новый союз биологии и геологии, совместные усилия ученых разных специальностей.

Самые выдающиеся научные открытия последарвиновского периода были связаны с проникновением в микромир живых существ. Эволюционную теорию постепенно монополизировали новые разделы биологии: цитология, генетика, молекулярная биология, биохимия. Мы узнали, каким образом за счет внутренних биологических процессов происходит *микроразвитие*, т. е. направленные изменения организмов на видовом и внутривидовом уровнях.



Но микроэволюция — только первый шаг в историческом развитии живого мира. Главные результаты этих изменений проявляются в масштабе геологического времени в виде появления все новых и новых надвидовых образований (таксонов) — новых родов, семейств, типов... Без такого *макроразвития* процесс жизни никогда бы не достигла современного многообразия. Именно резкие качественные скачки придают эволюции необратимый, поступательный характер, в то время как микроэволюция в принципе обратима.

Кстати сказать, понятия *микро-* и *макроразвития* были введены нашим выдающимся генетиком Ю. Филипченко еще в 1927 году. Но только теперь, когда прочитаны многие страницы геолого-палеонтологической летописи, мы начали понимать, что эволюция жизни на Земле определяется эволюцией самой планеты. Именно геологические условия определяют геохимическую основу жизни, контуры жизненного пространства, направления развития жизненных форм и периодичность изменений всей биосферы в целом. Глобальная экосистема Земли как высшее звено иерархической системы органического мира задает тот «эволюционный коридор», в котором и происходит «тонкая настройка» конкретных живых сообществ.

Взаимосвязь геологических и биотических процессов особенно ярко проявляется во время планетарных катастроф. Первым обратил на это внимание знаменитый французский ученый, основатель сравнительной анатомии, палеонтолог и геолог Ж. Кювье. Но его концепция *катастрофизма* была отвергнута победившими эволюционистами. Одновременно к ней прочно пристал ярлык реакционной теории, якобы доказывающей многократные акты божественного творения после каждой очередной катастрофы (между прочим, сам автор теории не был причастен к этому выводу). Но теперь геология располагает доказательствами, которые позволяют реабилитировать Кювье, не отвергая при этом Дарвина.

**ЛИЦОМ К ЛИЦУ  
ЛИЦА НЕ УВИДАТЬ...**

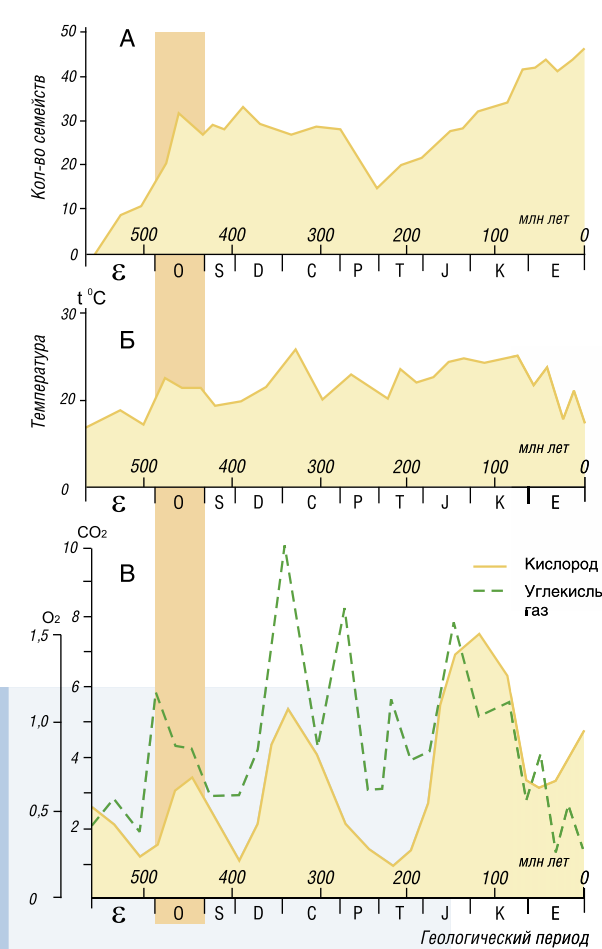
В науке было немало примеров, когда на новых витках знания отвергнутые идеи возрождались, а изначально антагонистические — примиряться. Это происходило даже в такой точной науке, как физика: вспомним квантовую и волновую теории пространства, первоначально казавшиеся несовместимыми. А потом выяснилось, что обе теории вполне адекватно описывают физический мир, но разные его грани.

**В нашем случае Кювье увидел в геологической летописи следы глобальных катастроф и чередующихся с ними кардинальных обновлений живого мира. Дарвин же нашел доказательства непрерывного, постепенного развития видов**

Еще и сейчас считается, что Дарвин окончательно похоронил катастрофизм Кювье. Но на самом деле они оба правы! Просто каждый из них увидел разные «срезы» многоуровневой, иерархической системы органического мира.

Дарвин, по существу, рассматривал только микроэволюционный процесс, считая вид «кирпичиком» в самосборке надвидовых таксонов под влиянием внешней среды. Его предшественник Кювье, который не был еще обременен обилием палеонтологических данных, смог увидеть общие изменения органического мира, т. е. макроразвитие. Примерно так же мы воспринимаем картины импрессионистов: вблизи видны лишь отдельные мазки, а сам художественный образ проступает только на расстоянии.

В наше время мы должны рассматривать эволюционный процесс не так, как прежде. То есть не как некую смену морфологических типов без учета их функциональной роли



Динамика биоразнообразия (А), теплового режима (Б), и относительных масс (по сравнению с современными) углекислого газа и кислорода (В) (по Будыко и др., 1985)

в экосистемах, а как изменение полей взаимодействий отдельных элементов больших систем. Это новое понимание эволюции выдающийся математик академик Н. Моисеев назвал «универсальным эволюционизмом». Согласно теории больших систем биосфера могла развиваться только в тесной взаимосвязи с ее земным субстратом и через определенные критические состояния, когда возникал дисбаланс между геологической средой и биотой. Таким образом, именно геологические встряски подталкивали эволюцию биосферы: вот оно, «алиби» Жака Кювье!

Общий вид трилобита (реконструкция), спинная сторона (Палеонтологический институт РАН, Москва)





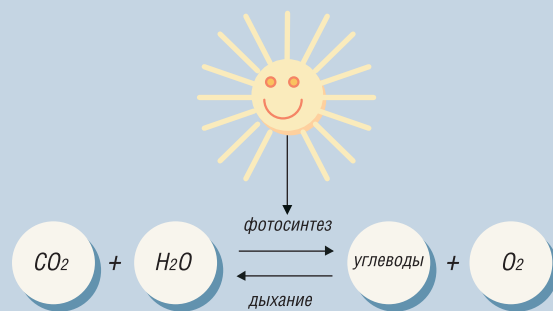
ГЕО И БИО — РУКА ОБ РУКУ

Главное направление эволюции биосферы определяется причинно-следственной цепочкой «сверху—вниз», а не наоборот, как это предписывалось дарвиновской идеей самосборки («снизу—вверх»). Это было обусловлено тем, что геологические процессы формируют и изменяют геохимическую базу жизни: систему взаимосвязанных биогеохимических циклов более 40 химических элементов, обеспечивающих все жизненные процессы. Они были непосредственно связаны не только с внешними оболочками Земли (литосферой, гидросферой, атмосферой), но и с глубинными зонами, откуда необходимые для жизни вещества поступают на поверхность.



Ископаемая морская лилия *Crinoidea* (ПИН РАН, Москва)

Центральную роль в функционировании глобальной экосистемы Земли играют два главных газообразующих газа — кислород и углекислый газ. Непосредственное отношение к балансу этих газов имеют два процесса, осуществляемые живыми организмами — фотосинтез и дыхание. При фотосинтезе из углекислого газа и воды на свету синтезируются углеводы, т. е., по сути происходит «консервация» солнечной энергии в энергию химических связей органических соединений. При этом в качестве побочного продукта выделяется молекулярный кислород. Противоположность фотосинтезу представляет собой дыхание. В ходе этого процесса в результате окисления готовых органических веществ выделяется энергия, которая затем используется для потребностей организма.

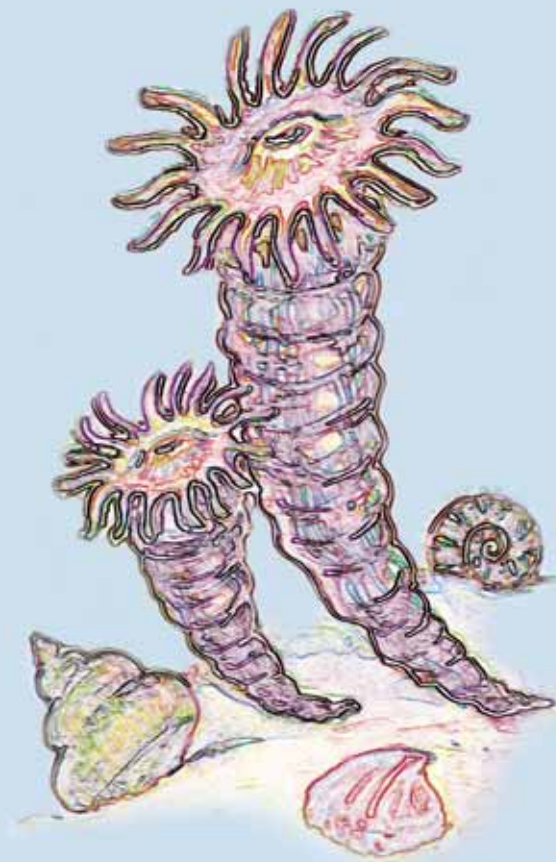


При рассмотрении эволюции **автотрофов** (организмов, способных утилизировать углекислый газ) и **гетеротрофов** (использующих только готовые органические вещества) можно увидеть, что развитие первых опережало развитие вторых на всех кризисных этапах. Например, появление новых форм растительности всегда предшествовало эволюции животных. Это связано с тем, что первичным источником углекислого газа являются недра самой Земли, откуда он выносится через вулканы. Необходимые же для животных кислород и пища в виде органических веществ имеют вторичное, биогенное происхождение.

Первичные атмосфера и гидросфера Земли были бескислородными. Понемногу, вследствие жизнедеятельности фотосинтезирующих организмов на Земле накопился свободный кислород, и вся дальнейшая эволюция жизни определялась постепенной или скачкообразной **оксигенизацией** воды и воздуха. Периодические вспышки вулканизма, которые особенно интенсивно проявлялись в эпохи кардинальных геодинамических перестроек (столкновения или распада континентов, образования или «закрытия» океанов и т. д.), выбрасывали в атмосферу большие порции углекислого газа и стимулировали расцвет фотоавтотрофов. Первоначально это были водные организмы, цианобактерии и водоросли. Позже, когда кислорода в атмосфере оказалось достаточно для образования защитного озонового экрана, растительная жизнь вышла на сушу. Вслед за растительностью здесь появился и животный мир.

**Все население континентов по сути является эволюционным продуктом морской экосистемы. Эта гигантская биогеохимическая машина более трех миллиардов лет поставляла в атмосферу свободный кислород, которым могли дышать животные, и благодаря которому весь живой покров суши был защищен от губительного влияния ультрафиолетового излучения**

А теперь, чтобы не быть голословными, пролистаем геологическую летопись почти на полмиллиарда лет назад, до **ордовика**. На первый взгляд казалось, что этот геологический период (500–435 млн лет назад) ничем не примечателен в отличие, например, от **юрского**, знаменитого расцветом и последующим катастрофическим вымиранием гигантских звероящеров. Однако постепенно обнаружилось, что ордовик имеет уникальный набор совпадающих по времени биотических и геологических событий, которые в совокупности определили пути дальнейшего развития всей биосферы в целом.



Кораллы — ругозы. Как и современные кораллы, они защищали свое тело с помощью стрекательных «крапивных» капсул (реконструкция)



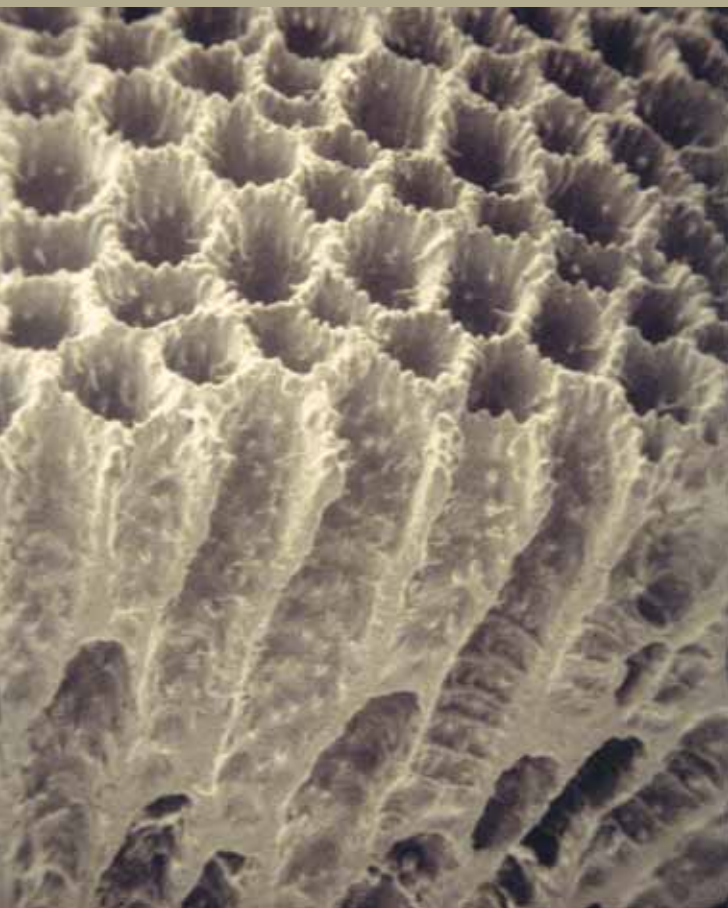
Ордовикский коралл ругоза, Эстония







Древнейший спирально-свернутый наутилоид, Эстония



Современная кораллиновая губка, аналог ордовикских рифостроителей

**ВЗРЫВ РАЗНООБРАЗИЯ**

Парадоксально, но первое, что было установлено, — в конце ордовика произошло одно из пяти самых крупных вымираний фауны на нашей планете. К причинам этого мы еще вернемся, сейчас важно другое. Как за деревьями не видно леса, так и этот факт долгое время заслонял другой, а именно: вымиранию организмов предшествовал самый крупномасштабный в геологической истории рост биоразнообразия — сразу втрое и в предельно короткие (по меркам эволюции) сроки!

На какой арене развернулись эти драматические события? Суша в то время была безжизненна, так как в атмосфере еще не было достаточного количества кислорода (примерно 10–20 % от современной концентрации) для того, чтобы образовался стабильный озоновый экран. Глубины океана также были не заселены, поскольку из-за слабого перемешивания воды там особенно остро ощущался дефицит кислорода. Подобные безжизненные зоны встречаются и в современных морях, например, в придонной части Черного моря.

Самой благоприятной для появления и развития жизни частью Земли, по крайней мере, на начальных этапах, были мелководные моря. Этому способствовало все: гидротермальные источники; доступные для солнечных лучей глубины (необходимое условие для фотосинтеза); вынос реками огромного количества минеральных веществ в растворенном и твердом виде; перемешивание воды, способствующее обогащению ее кислородом и равномерному распределению питательных веществ. Именно по этим причинам мелководные шельфовые моря до сих пор остаются самым высокопродуктивным сектором биосферы.

Вот в таких условиях и произошел в ордовике настоящий таксономический «взрыв», который поначалу оставался незамеченным. Ордовикский пик выявился неожиданно, когда были составлены временные графики изменения биоразнообразия морских организмов. Тогда американский палеонтолог Дж. Сепкоски обратил внимание на то, что близкий к современному структурный облик морской экосистемы сформировался вовсе не в кембрии (около 540–520 млн лет назад), как обычно считалось, а позже, в ордовикском периоде.

Но что являлось причиной этого резкого скачка в биоразнообразии? Ответ был найден, когда автор этих строк провел палеоэкологический анализ ордовикской биоты.



Трилобит (реконструкция), вид сверху и снизу (ГИН РАН, Москва)



Силур	Сибирская платформа	БЕНТОС		НЕКТОН	ПЛАНКТОН												
	Горизонт	ФИЛЬТРАТОРЫ		Трофические универсалы	ИЛОЕДЫ												
	Мойероканский																
ОРДОВИК	Верхний	Бурский	Stromatoporoids	Crinoids	Tabulates	Bryozoans	Rugoses	Brachiopods	Gastropods	Ostracodes	Trilobites	Nautiloids	Conodonts	Graptolites	Acritarchs	Hittozoans	
		Нирундинский															
		Долборский															
	Средний	Баксанский															
		Чертовской															
		Киренско-Кудринский															
		Волгинский															
	Нижний	Вихоревский															
		Кимайский															
		Угорский															
		Няйский															
		Мансийский															

Эволюция биоразнообразия основных экологических гильдий в эпиконтинентальном палеобассейне Сибирской платформы





НАЧАЛО ГЛОБАЛИЗАЦИИ

Первое, на что нам следует обратить внимание: ордовик был одной из крупнейших эпох вулканизма за последние 500 млн лет. В это время в атмосферу Земли было выброшено огромное количество углекислого газа, необходимого для жизнедеятельности водорослей. Фитопланктон (микроскопические водоросли) появился еще в докембрии, но именно в ордовике он заселил водную толщу в массовом количестве. Расцвет фитопланктона сопровождался резким сокращением площадей циано-бактериальных «лугов», которые до этого были основным источником питания для донных животных. Произошла как бы передислокация первичного, автотрофного яруса со дна моря к его поверхности. И это не просто изменило всю пространственную структуру морской экосистемы, а вызвало ее «уплотнение», сформировало принципиально новую транспортную сеть пищевых потоков.

Следующим и, вероятно, наиболее важным событием было резкое увеличение концентрации кислорода. Это стало результатом быстрого роста продуктивности автотрофного яруса (водорослей), что кардиналь-



Современный австралийский коралловый риф. Пример колониальной формы жизни, появившейся в ордовике (фото автора)

ным образом повлияло на гетеротрофное население. Почти все новые таксономические группы, возникшие в ордовике, представлены оксифильными организмами, т. е. более требовательными к концентрации кислорода по сравнению с предшественниками. Эта биологическая «улика» совпадает с геологическими данными о резкой оксигенизации поверхности Земли в этот период.

Животное население «с благодарностью» откликнулось на кардинальное изменение ресурсной ситуации. Новообразованные группы организмов использовали появившиеся еще в кембрии основные конструктивные «наработки»: клеточную и тканевую дифференциацию, форму скелета, локомоторные устройства для передвижения и питания и т. п. На основе их рекомбинаций образовался огромный спектр новых пищевых приспособлений.

**В самом деле, что нужно делать «новому» организму для выживания? Он может отправиться в эмиграцию в поисках лучшей доли, т. е. еще не занятых мест обитания. Либо осваивать новые способы добывания пищи в том же биотопе, т. е. найти свою собственную экологическую нишу**

Одни виды способны извлекать органические вещества из ила (илоеды), другие — из частиц взвеси (фильтраторы), третьи используют растворенные питательные вещества, четвертые питаются отмерши-

Панцири трилобитов, в нормальном и свернутом положении (ПИН РАН, Москва)



Благодаря своей форме стебельчатые иглокожие цистоидеи получили название «морских пузырей» (реконструкция)



ми остатками растений и животных (пастбищные и трупоядные организмы), пятые — хищники. Именно такая многозвенная трофическая сеть и начала формироваться в ордовике. С этого времени можно наблюдать постепенную глобализацию морской экосистемы: сначала на дне шельфов, затем в водной толще, и, в конце концов, в глубоководных зонах.

МНОГОЛИКИЙ ОРДОВИК

В кембрии и частично в раннем ордовике монополистами морского дна были трилобиты. Они питались илом, пропуская его через себя подобно современным дождевым червям. Кембрийский ил был особенно богат органическими веществами, так как они почти полностью попадали в осадок, поскольку в то время было мало умельцев улавливать взвешенные частицы органического вещества.

В ордовике появилось огромное количество фильтраторных организмов, способных питаться у дна, улавливая частицы питательных

веществ прямо из воды: кораллы, мшанки, морские лилии. Наступил расцвет брахиопод, в большом количестве расплодился многочисленных видов остракод — трофических универсалов, использующих любое меню. Почти все эти организмы оказались эволюционными долгожителями и существуют до сих пор. А вот трилобиты постепенно вымерли, хотя в ордовике они еще пытались приспособиться к новым условиям. Некоторые виды трилобитов научились защищаться от хищников: одни приобрели огромные устрашающие размеры; другие стали зарываться в ил, выставляя глаза-«перископы» на длинных стебельках наружу; многие из них приобрели способность сворачиваться в своем панцире, как ежи. Однако, несмотря на все эти защитные приспособления, трилобиты оказались не в состоянии конкурировать в борьбе за пищевые ресурсы с более «продвинутыми» потребителями.

Все эти новые группы организмов составили бентос — донное или придонное население. У самого дна образовалась многоярусная структура, низший этаж которой еще занимали трилобиты, а выше —

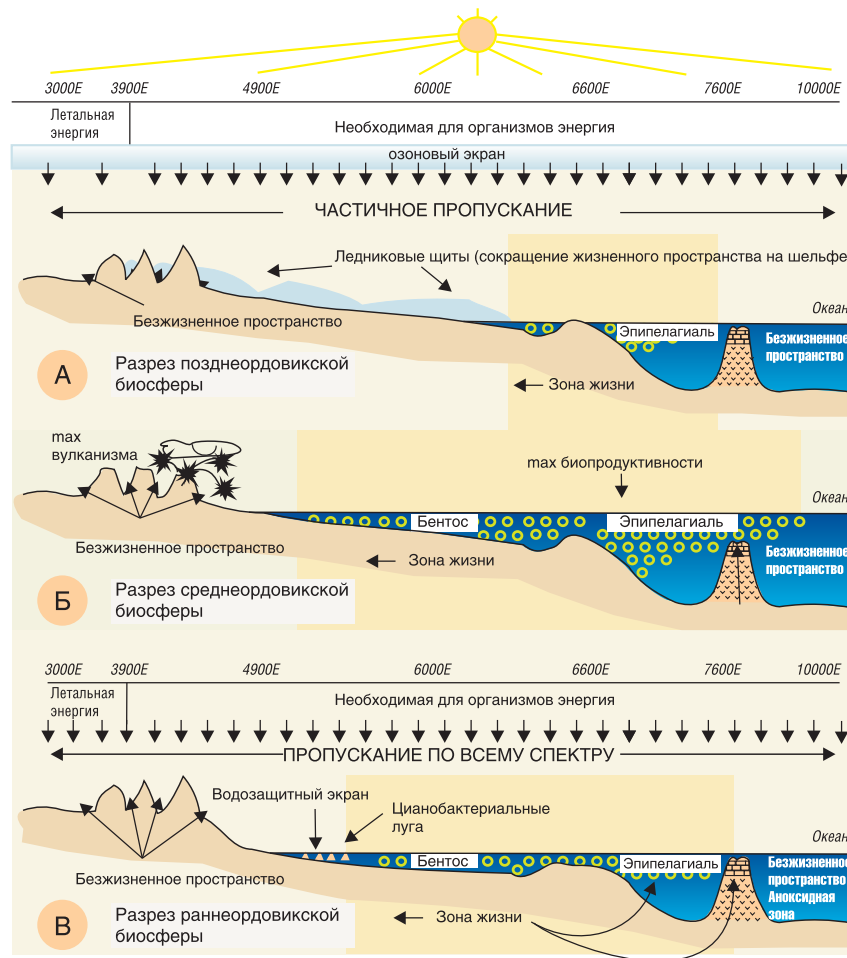


Панцирь трилобита *Asaphus kowalewskii* Lawron (ПИН РАН, Москва)



Панцирь трилобита *Asaphus kowalewskii* Lawron в свернутом положении. Глаза-«перископы» давали возможность их обладателю следить за окружающим миром, глубоко зарывшись в песок (ПИН РАН, Москва)





Схематические разрезы биосферы в раннем (В), среднем (Б) и позднем (А) ордовике

**ДА ЗДРАВСТВУЕТ РЕВОЛЮЦИЯ! ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ**

Что же означало для биосферы появление столь многообразных трофических специализаций? До этого жизнь развивалась в условиях разреженного экологического пространства. При отсутствии или слабой конкуренции за ресурсы эволюционная стратегия сообществ определялась необходимостью приспособления прежде всего к нестабильной, контрастно меняющейся, *абиотической* («неживой») среде.

В этой новой экологической среде, насыщенной изопренными пищевыми конкурентами, успешная эволюционная стратегия заключалась в максимальной реализации «эффекта черной королевы». «Приходится бежать со всех ног, чтобы только остаться на том же месте! Если же хочешь попасть в другое место, тогда нужно бежать по меньшей мере вдвое быстрее!» (Л. Кэрролл).

Примерно такие же процессы специализации и глобализации всей экосистемы происходят и в человеческом обществе. В пещерные вре-

**Ордовик ознаменовал новый этап в развитии жизни — этап приспособления организмов не только и не столько к физико-химическим условиям среды, которые уже начали стабилизироваться, сколько к своим партнерам по месту обитания**

прикрепляющиеся, в основном колониальные организмы. Колониальная форма жизни, ярчайшим примером которой является современный коралловый риф, — это тоже очень эффективный способ завоевания жизненного пространства и улавливания пищи из непрерывного водного потока, порождаемого скоординированными движениями организмов.

Постепенно начала заселяться и вся толща воды — *пелагиаль*. Появились и быстро достигли расцвета первые специализированные группы пелагических организмов — *грантолиты*, *радиолярии*, возникшие еще в кембрии и первоначально предпочитавшие прикрепленный образ жизни у дна. Когда в пелагиали появилось достаточно пищи — фитопланктона — они быстро заняли эту, никем ранее не освоенную зону.

Появились многочисленные хищники: быстро плавающие *наутилоидеи*, первые *бесчелустные рыбы*, *конодонтофориды*, крупные *ракоскортионы*, *морские звезды*. В облике ордовикской морской экосистемы начали явственно проступать современные черты.



Морская звезда. Современный австралийский коралловый риф (фото автора)

мена человек почти полностью зависел от природы и в минимальной степени — от соседних племен. Если соседи становились конкурентами, люди могли уйти на поиски других угодий. Была и другая возможность — найти новую профессию: освоить земледелие либо животноводство. В современном индустриальном обществе каждый человек должен иметь собственную «экологическую нишу», свою специализацию, согласованную с другими. Согласование и компромисс — вот адекватная эволюционная стратегия в экологически насыщенных экосистемах! Такие экосистемы предложено называть *когерентными*. Можно считать, что именно с ордовикского периода началась *когерентная эволюция*, когда биотический фактор стал мощным ускорителем видообразования.

А что касается вымирания организмов в ордовике... Действительно, «благодаря» оледенению в конце периода произошло резкое сокращение жизненного пространства из-за осушения шельфов, что, вероятно, и послужило причиной исчезновения многих видов. Тем не менее, все основные, вновь образовавшиеся таксоны пережили оледенение, и благополучно здравствуют по сей день. И главное даже не это — важна сама необратимость перестройки всей биогеохимической системы Земли, в результате которой кардинально изменились взаимоотношения биотических компонентов друг с другом и с абиотической средой. События ордовика по сути явились настоящей экологической революцией, которая во многом определила дальнейший путь эволюции и привела к образованию миллионов разнообразных групп живых существ, составляющих непрерывный живой покров современной Земли.

В статье использованы иллюстрации из книги Е. А. Елкина и Г. М. Прашкевича «На заре жизни: БЕРЕГА АНГАРИДЫ» образцов ископаемых из коллекции ПИН РАН, г. Москва



Трилобит *Arctinurus* (реконструкция)

Редакция благодарит директора ПИН РАН чл.-корр. А. Ю. Розанова за предоставленную возможность публикации материалов из коллекции ПИН РАН, г. Москва



Герой нашего номера —  
«славное море,  
священный Байкал».

Байкал хранит множество тайн, он сам — величайшая загадка. О том, как разгадывают тайны этой гигантской природной лаборатории, читайте в материалах новой рубрики «Природные феномены Сибири», посвященных древнейшему озеру планеты.

Фото М. Файерабенда



Фото М. Файерабенда

Фото М. Файерабенда

## Создавая ЖИВУЮ КАРТИНУ

«Две недели назад на Байкале состоялось воистину историческое событие — в Байкальском музее открылся демонстрационный аквариум с приточной байкальской водой и байкальскими организмами. Интерес к Музею мгновенно вырос в несколько раз. Мое впечатление — потрясение. Огромные стекла, кристально-прозрачная вода, омули и хариусы, гаммарусы, семья нерп — все выглядят довольными и счастливыми. Байкальскую воду забирают через трубу диаметром 20 см с глубины 0,5 км мощными насосами и обменивается она четырежды в сутки. Стоимость работ — 24 млн рублей. Объем самого большого аквариума (их несколько) — 8 тонн. Предполагаемый срок окупаемости — 3 года. Я считаю, что создание аквариума — подвиг директора Музея В. А. Фиалкова. Став директором Байкальского музея в 1993 г., В. А. Фиалков поставил цель — создать аквариум. 11 лет позади, аквариум существует. Он нужен не только посетителям музея, по сути, это пункт комплексного мониторинга: пока рыбы, раки и нерпы живы, мы можем быть за Байкал спокойны — он чист».

Академик М. А. Грачев



Фото В. Коротковичко

Фото В. Урбазаева







Водозабор Байкальского музея



Здание Байкальского музея, пос. Листвянка



Фото В. Короткоручко

Первое появление аппаратов «Пайсис» на Байкале. В. Фиалков с коллегами на борту баржи-носителя, 1977 г.

Байкал ученые исследуют давно — счет пошел уже на столетия. Есть конкретные результаты, есть многочисленные материальные свидетельства. В какой-то момент появилась настоятельная потребность собрать все это в одном месте. Так на берегу Байкала, у самого истока Ангары родился Байкальский музей Иркутского научного центра СО РАН. Официально, как самостоятельное научное учреждение, он функционирует с 1993 года. Хранение и описание байкальских коллекций, изучение закономерностей формирования экосистемы Байкала в процессе геологической эволюции, мониторинг прибрежных и подводных ландшафтов озера — вот далеко неполный перечень задач, которые решают научные сотрудники музея.

В создании уникальной экспозиции музея принимали участие многие выдающиеся ученые, в том числе замечательный байкаловед и музейевед Н. Ладейщиков. Работает экологическая школа, где занятия ведут сами ученые. Издаются учебные пособия, красные книги и т. д.

Впрочем, до последнего времени была одна трудность. Байкал — это не только то, что наверху. Байкал — это и удивительный под-

водный мир, поразительно меняющийся в зависимости от глубины. Ученые давно и плодотворно исследуют его. Особенно с 1977 года, когда на Байкале впервые появились знаменитые глубоководные аппараты «Пайсис» и дно озера стало доступным на любой глубине. В начале 90-х «Пайсис» впервые достиг наиглубочайшей точки Байкала, открыв таинственные венты — расположенные на большой глубине выходы подземных вод.

Но обитаемые глубоководные аппараты служат ученым — всякого желающего в них не посадишь. Таким образом, живой подводный мир Байкала был как бы закрыт для просветительской работы.

Совсем недавно музею удалось решить и эту проблему. Состоялось открытие демонстрационного аквариума, где живут различные организмы — омули и хариусы, гаммарусы, нерпы... Посетители получили возможность оказаться в подводном мире без использования специального аппарата, для них недоступного. Тем самым экспозиция музея приобрела ту «живую» полноту, которой ей так не хватало раньше.

Вадим Абрамович Фиалков, директор Байкальского музея, кандидат географических наук. Приехал на Байкал в 1963 г. по приглашению великого байкаловеда Михаила Михайловича Кожова, и с тех пор постоянно работал под водой, изучая геоморфологию озера и его организмы в месте их обитания.

С 1973 г. работал в Лимнологическом институте СО РАН.

В 1977 г. при поддержке великого российского океанолога академика Андрея Сергеевича Монина «заманил» на Байкал подводные обитаемые аппараты «Пайсис». Позднее, в 1990—1991 гг. под руководством В. А. Фиалкова подводные аппараты работали на Байкале два летних сезона. Во время погружения на «Пайсисе» он достиг самой глубокой точки Байкала. Участвовал в открытии загадочных вентов.

В 1993 г. В. А. Фиалков стал директором Байкальского музея.



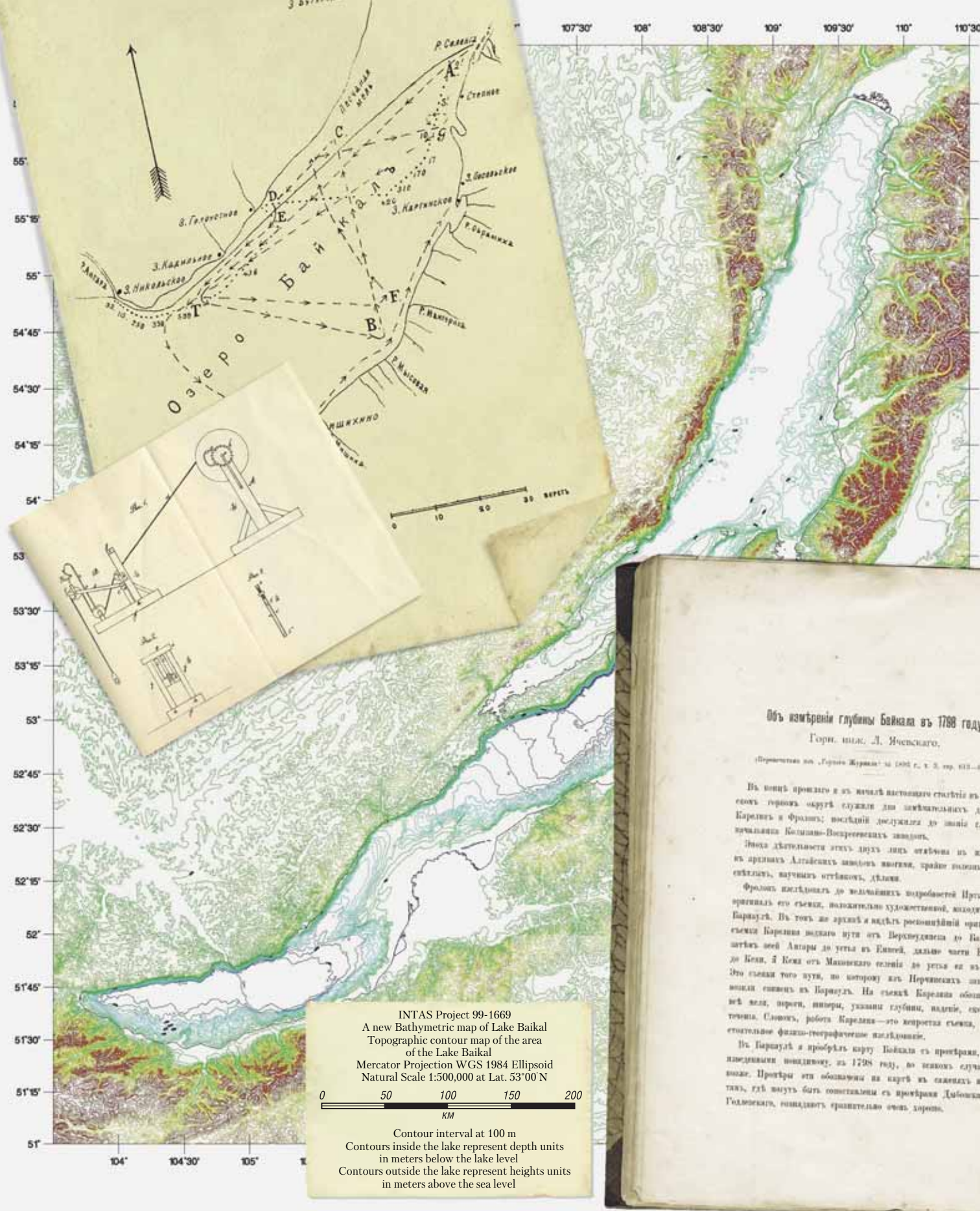
Фото В. Короткоручко



Фото В. Короткоручко







INTAS Project 99-1669  
 A new Bathymetric map of Lake Baikal  
 Topographic contour map of the area  
 of the Lake Baikal  
 Mercator Projection WGS 1984 Ellipsoid  
 Natural Scale 1:500,000 at Lat. 53°00' N

0 50 100 150 200  
 км

Contour interval at 100 m  
 Contours inside the lake represent depth units  
 in meters below the lake level  
 Contours outside the lake represent heights units  
 in meters above the sea level

Об измерении глубины Байкала в 1798 году  
 Горн. инж. Л. Ичевского.

(Перевод с рус. «Горно Журнал» № 1895 г., т. 3, стр. 612-4)

Въ концѣ прошлаго и въ началѣ настоящаго столѣтія въ  
 ономъ горномъ округѣ служили два замѣчательныхъ д.  
 Карелинъ и Франко; послѣдній доуждалъ до званія г.  
 начальнаго Кадетско-Воскресенскихъ заводовъ.

Иногда дѣятельности этихъ двухъ лицъ отягощена въ  
 ихъ архивахъ Алтайскихъ заводскихъ книгъ, трады поминъ  
 свѣдѣній, научныхъ отысканій, дѣлъ.

Франко изобрѣлъ до величайшихъ изобрѣтеній Пути  
 оригинальнѣе его орудіе, вполнѣ искусственнаго, изобрѣ-  
 тена Бартола. Въ токъ же архивѣ и надѣтъ роскошнѣйшіи при-  
 орудія Карелина воднаго пути отъ Верхнеудинска до На-  
 шатъкой Ангары до устья въ Енисей, дальнѣе части Е.  
 до Коки, а Коки отъ Магистральнаго озера до устья въ  
 это озеро того пути, по которому легъ Нерчинскій по-  
 нокъ свѣтовъ въ Бартола. На орудіи Карелина обоб-  
 ятъ все, веревки, якоря, указки глубины, надѣтъ, его  
 теория, Словно, работа Карелина—это изобрѣтеніе свѣла,  
 столѣтнее физико-географическое изобрѣтеніе.

Въ Бартола и пробѣла карту Байкала съ профран-  
 цузскими надѣлками, въ 1798 году, въ токъ случ-  
 ае. Профранцъ эти обозначенія на картѣ въ саженцахъ а  
 тѣмъ, гдѣ воусть быть означены съ профранца Дубовка  
 Голубовскаго, означаютъ численно оныя дѣржа.

Павел Павлович ШЕРСТЯНКИН  
 Марк Де БАТИСТ

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ: Путешествие по байкальскому ДНУ



ШЕРСТЯНКИН Павел Павлович — доктор физико-математических наук. На Байкал приехал в 1959 г. в составе экспедиции МГУ и Морского гидрофизического института (МГИ) АН СССР

Хотите побродить по дну древнего озера, покорить подводные хребты, заглянуть в глубокие ущелья, полюбоваться рельефом озерного дна с высоты птичьего полета? Нет ничего легче — в наше время высокими технологий. Цифровая карта байкальского дна — просто добавь компьютер!

### От Карелина до Верещагина

Сама история создания электронной батиметрической карты Байкала началась почти 30 лет назад, в 70-х годах прошлого столетия, когда ни о каких цифровых технологиях картографы еще слыхом не слышали. А если быть уж совсем точными, то эту дату можно сместить еще дальше в прошлое — как раз в 1798 год, когда горные мастера Сергей Сметанин и Егор Копылов под руководством горного заседателя Никиты Карелина сделали первые промеры байкальских глубин. Один из 28 выполненных ими промеров дал глубину 1238 метров! Это открытие сразу выдвинуло Байкал в ряд самых глубоководных водоемов мира.



Марк Де Батист — профессор морской геологии, седиментологии и геодинамики, Гентский университет (Бельгия), Центр морских исследований им. Ренарда. Участвует в исследовании озера Байкал с 1995 г.

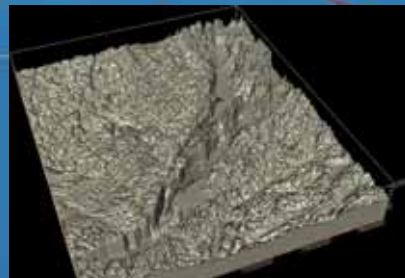
В начале XX-го столетия волны Байкала бороздили многочисленные гидрографические экспедиции, но полученный ими материал относился в основном к рельефу прибрежной части озера. В советское время (в 1925 г.) Академией наук СССР был подготовлен долгосрочный проект по изучению рельефа дна Байкала, который возглавил известный советский гидробиолог Глеб Юрьевич Верещагин. Кстати сказать, именно благодаря этой инициативе на свет появилась Лимнологическая станция, позднее переросшая в Лимнологический институт. В рамках этого проекта было сделано много настоящих географических открытий, в том числе обнаружен подводный

Появление этой статьи стало возможным благодаря огромной работе, проделанной международным коллективом, «собранным» по инициативе Лимнологического института СО РАН (ЛИН СО РАН) и его директора академика М. А. Грачева. Работа проводилась в рамках проекта «A New Bathymetric Map of Lake Baikal», 2002. (© the INTAS Project 99-1669 Team, October 2002). <http://allserv.ugent.be/~mdbatist/intas/intas.htm>  
 Проектом руководили:  
 д. ф.-м. н. П. П. Шерстянкин, ЛИН СО РАН, Иркутск (Россия);

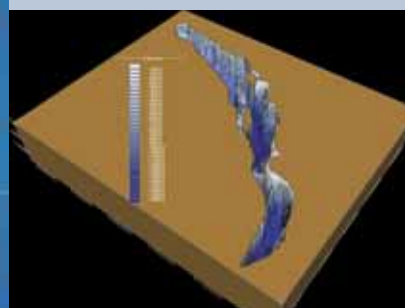
проф. Марк Де Батист, Гентский университет, (Бельгия);  
 контр-адмирал С. П. Алексеев, Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт Министерства Обороны РФ, Санкт-Петербург (Россия);  
 проф. Микуэль Канальс, Барселонский университет, Барселона (Испания).  
 Большую и важную часть работы выполнили аспиранты проф. Марка Де Батиста: Роберт Хус, Франк Шарло.



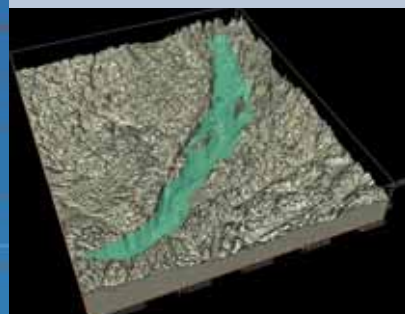
порог, названный Академическим, который разделяет Северную и Центральную котловины озера. Материалы этого проекта легли в основу первых подробных батиметрических карт Байкала, за которые Верещагин получил Большую золотую медаль на международном Лимнологическом конгрессе в Риме.



Пространственные (3D) изображения озера без воды. Вид с юга



Цветовое кодирование пространственных (3D) изображений батиметрии озера Байкал. Вид с юго-запада

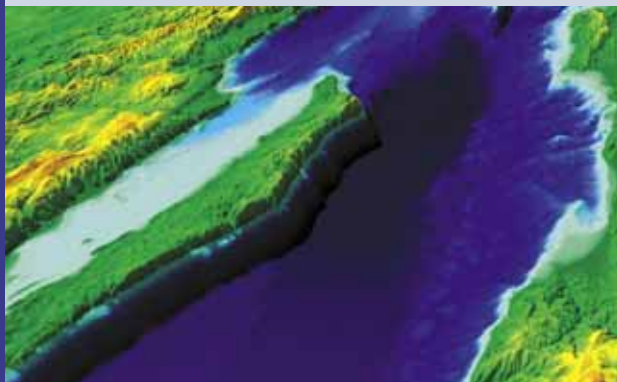


Пространственные (3D) изображения дна озера Байкал (эффект — прозрачная вода) и окружающей местности

Пространственные (3D) изображения рельефа дна озера Байкал и окружающей местности



Детальные пространственные (3D) изображения рельефа острова Ольхон и границы между северной и средней котловиной озера (подводный Академический хребет). Вид с юго-запада



Детальные пространственные (3D) изображения дельты реки Верхняя Ангара и северной границы Северной котловины. Вид с юга



### ВМФ (NAVY) идет на помощь

Но возвратимся к нашей «новой истории». В период с 1979 по 1987 годы экспедиция Главного управления навигации и океанографии (ГУНИО) Военно-морского флота выполнила программу эхолотных батиметрических измерений по всему озеру Байкал. В глубоководных частях озера точки зондирования брались с расстоянием между галсами через 1,5 км, а в прибрежных водах — через 250–100 м и менее. Точность определения географических координат достигала нескольких метров. Благодаря этой титанической работе к 1992 году была создана подробная батиметрическая карта Байкала, опубликованная на четырех листах в масштабе 1:200 000.

Но, как известно, нет предела стремлению к совершенству. И у этой новой карты обнаружился ряд недостатков, к тому же выяснилось, что существуют значительные расхождения между показаниями эхолота и истинными глубинами озера. Этот удивительный факт объясняется несоответствиями между реальной скоростью звука в байкальской воде и расчетной для эхолота. Информация о глубинах свыше 1 км была представлена крайне скудно, поэтому точность и надежность даже этой карты для глубинных областей Байкала оставляли желать лучшего.

### Новейшая история

В 1999 году по инициативе Лимнологического института был «собиран» международный коллектив, чьей задачей стало на основе ВСЕХ доступных данных и новых технологий создать более точную батиметрическую карту озера, включая удобную компьютерную версию.

В научную сборную вошли исследователи из бельгийского Ренардовского центра морской геологии (Гентский университет), испанской Объединенной исследовательской группы по морской геонауке (Барселонский университет). Россию представляли ученые из Лимнологического института (Иркутск) и Государственного научно-исследовательского навигационно-гидрографического института Министерства обороны РФ (Санкт-Петербург).

Селенгинское мелководье озера Байкал



Бухты Фролиха и Ая — одни из самых красивых на озере Байкал. Вблизи от них на глубине около 400 м были открыты подводные выходы горячих вод (венты) со своеобразной биотой (маты из бактерий)





П. П. Шерстянкин, С. П. Алексеев, Марк Де Батист и др. во время совещания в Санкт-Петербурге на борту яхты «Гей»

### Байкал в цифровой оправе

Во-первых, это не карта, а «карты». Чего только не вместило в себя маленькое CD-Ромное чудо: собственно батиметрическую карту с изобатами через 50 метров; различные цветовые варианты карты глубин озера; карты боковых стенок котловин с теневым изображением рельефа, на которых видны многочисленные подводные сбросы; карты уклонов дна, карты склонов и т. п. Неискушенный взгляд особенно впечатляют красочные трехмерные изображения различных участков озера и прилегающих районов.

Во-вторых, все карты и пространственные изображения выполнены в расчете на интерактивную работу: любой выбранный участок можно уменьшать и увеличивать по мере необходимости.

В-третьих, при создании карты также не обошлось без очередных географических открытий. Было обнаружено, что дно самых глубоких участков котловин не имеет ожидаемой плоской формы, но покрыто неровностями и буграми, в которые могут логично вписываться недавно открытые грязевые вулканы. Благодаря новой карте Байкал стал глубже и «полнее»: выяснилось, что все основные морфометрические характеристики озера превышают значения, полученные ранее. В том числе максимальная глубина Байкала согласно новой карте определена в 1642 метра, что на 5 метров больше значения, полученного с помощью глубоководного аппарата «Пайсис».

Что еще можно добавить? Новая карта больше всего напоминает увлекательную электронную игрушку, но это не просто замечательный подарок для всех любителей уникального озера. Ее предназначение иное: быть удобным современным средством для проведения научных и хозяйственных работ, экологического и экономического прогнозирования, служить помощником для геологов и лимнологов, биологов и гидрофизиков.

Оцифрованный Байкал также прекрасен, как и наяву. И новая карта служит сегодня достойной оправой жемчужине нашей планеты. Но тысячелетие только начинается...

*На с. 44 изображены: схема маршрутов Никиты Карелина и Сергея Сметанина с Егором Копыловым, во время которых было сделано 28 промеров между истоком Ангары и устьем Селенги 31 июля — 26 августа 1798 г. Пять промеров превышают глубину в один километр; глобомер В. Дыбовского и В. Годлевского. Глубомер состоит из двух частей: I — барабана, на который накручивается*

*(наматывается) лотлинь, с зубчатым колесом и собачкою, позволяющий произвольно останавливать разматывание лотлиня; II — снаряда, посредством которого определяется момент прикосновения лота ко дну. Он состоит из трех металлических шкивов, последний из которых (ближе к воде) подвешен на пружинных весах, позволяющих точно определять как момент касания, так и момент отрыва лота от грунта.*

### Литература

1. A New Bathymetric Map of Lake Baikal. The INTAS Project 99-1669 Team, October 2002.
2. Колотило Л. Г., Шерстянкин П. П. Таблицы скорости звука в воде озера Байкал и таблицы глубин, измеренных эхолотом. — Владивосток: ГС ТОФ, 1985.
3. Бухаров А. А., Фиалков В. А. Байкал в цифрах. — 2001.
4. Колокольцева Э. М. Морфометрические характеристики Байкала. Мезозойские и кайнозойские озера Сибири. — М.: Наука, 1968.

Каждый из участников внес свою лепту. Были подняты все данные эхолотных промеров, выполненные военными моряками более 20 лет назад, которые затем были заново обработаны, скорректированы на скорость звука в байкальской воде и оцифрованы. Эти результаты были в максимально возможной степени интегрированы с ранее полученными акустическими данными, береговыми топографическими, а также с сейсмическими данными бельгийских экспедиций. В результате была получена цифровая база данных: 1,5 миллиона точек «координата-глубина»! Дальнейшее было делом техники.

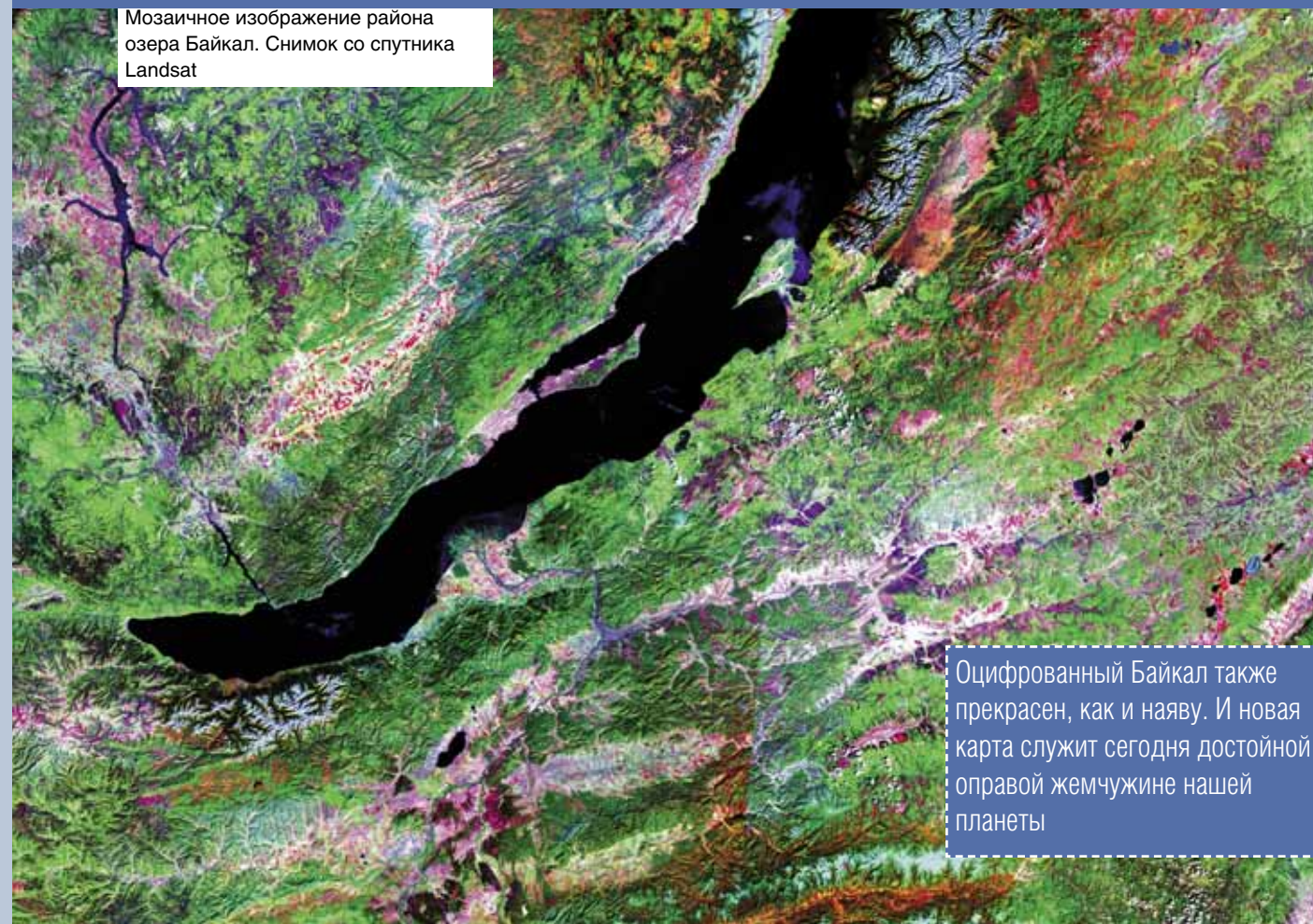
И вот перед нами плод работы международной исследовательской команды гидрографов, гидрофизиков и геологов за два с половиной года — новая электронная батиметрическая карта Байкала. Какая она, эта карта нового тысячелетия?

На юбилей академика К. Я. Кондратьева. Слева направо: д.т.н. Ю. Ф. Тарасюк, адмирал А. А. Комарицын, к.г.н. Л. Г. Колотило, д.ф.-м.н. П. П. Шерстянкин, академик К. Я. Кондратьев



Проф. Микуэль Канальс, проф. Марк Де Батист и Хосе Касамор рассматривают озеро Байкал на глобусе в кабинете начальника Главного Управления Навигации и Океанографии (ГУНИО) при Министерстве Обороны РФ адмирала А. А. Комарицына

Мозаичное изображение района озера Байкал. Снимок со спутника Landsat



Оцифрованный Байкал также прекрасен, как и наяву. И новая карта служит сегодня достойной оправой жемчужине нашей планеты



# Один <sup>две</sup> РИФТ — Модели

*Два геолога — три мнения  
(народная мудрость)*

## ПРОЛОГ

*Отработав один полевой сезон в Танзании, мне довелось узнать забавную вещь о нас — российских геологах. По утверждению африканских коллег, на вопрос, как сформировалась та или иная структура, российский геолог мгновенно отвечает «не знаю», после чего переходит к подробному объяснению. Должен честно признаться, что не знаю ответа на вопрос «как образовался Байкальский рифт?», а раз так, то, следуя логике предыдущего высказывания, самое время перейти к рассмотрению этого вопроса.*

## ОНИ БЫЛИ ПЕРВЫМИ

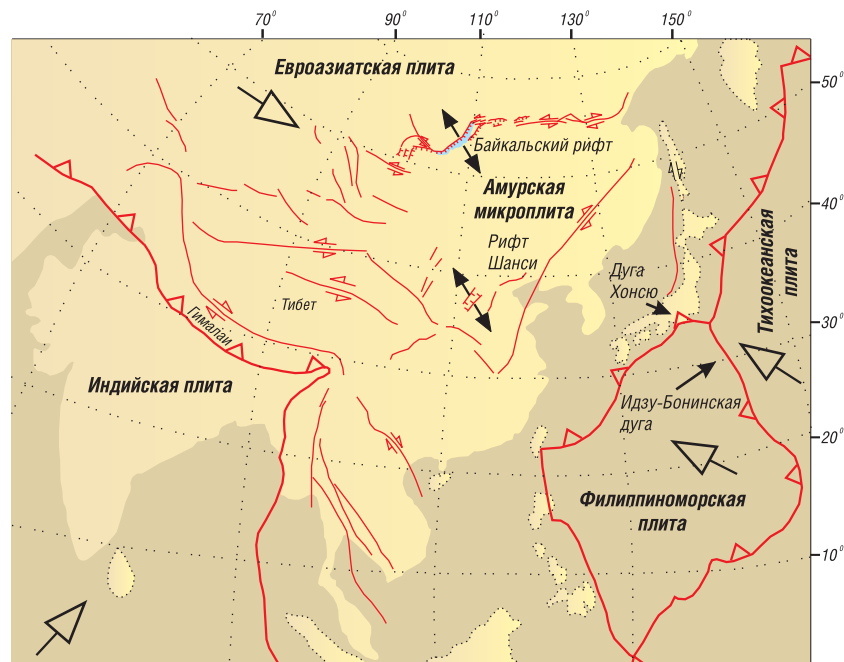
Первые геологические описания Байкала были проведены еще в XVIII веке. Так, в 1772 году российский академик, немец по происхождению, Петр Симон Паллас писал: «Байкал кажется свидетелем большой катастрофы; он местами неизмеримо глубок, имеет несколько утесов, подобных столбам, как вымурованным из глубины. Но в горах не находят, кроме несчастных и слабых землетрясений, никаких других разрушений ... ни разломов, ни следов вулканов, лав». Разломы и вулканы были обнаружены позднее, в следующем столетии (их детальное изучение позволило отнести Байкал к рифтовым структурам). Однако всерьез рифтовой тематикой заинтересовались только в середине XX века. Значительный вклад в изучение Байкальского рифта внесли сотрудники Института земной коры СО РАН, образовавшие научную школу по изучению континентального рифтогенеза.

В начале 70-х годов XX века широко развернулась дискуссия о причинах рифтогенеза. Этот спор коснулся и Байкальского рифта. Известные исследователи, американец Питер Молнар и француз Пол Таппонье, обратили внимание на связь столкновения Азиатской и Индийской плит с деформациями во внутренней части Азии. Они предположили, что этот механизм мог привести к «пассивному» растяжению в зоне Байкальского рифта. Такая точка зрения получила большую популярность за рубежом. Вера Александровна Рогожина и Владимир Михайлович Кожевников



ИВАНОВ Алексей Викторович — старший научный сотрудник Института земной коры СО РАН, кандидат геолого-минералогических наук. Изучением континентального рифтогенеза занимается с 1993 г. В настоящее время его исследования поддерживаются грантом президента РФ (МК1903.2003.05)





- Границы литосферных плит
- Направление движения литосферных плит
- Основные внутриконтинентальные разломы:
- a - сбросы,
- b - сдвиги,
- c - неопределенной кинематики
- Направление растяжения коры в Байкальском рифте и рифте Шанси

Структурное положение Байкальского рифта в рамках тектонической схемы Центральной Азии

### СТРУКТУРА БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА

Байкальская рифтовая система расположена во внутренней части континента и отделяет северную стабильную часть Евразийской плиты от другого крупного стабильного блока, называемого Амурской микроплитой. Рифтовая система состоит из серии впадин (крупнейшая из них — Байкальская) и разделяющих их поднятий, протягивающихся более чем на 1500 км, также включает в себя поля позднекайнозойского вулканизма, расположенные на некотором удалении от впадин и их горного обрамления.

Байкальская котловина состоит из двух самостоятельных впадин — Южнобайкальской и Северобайкальской, отделенных друг от друга Академическим подводным хребтом.



Академик Николай Алексеевич Логачев перед портретом своего учителя член-корр. РАН Николая Александровича Флоренсова (осень 2002 г. Фото В. Короткоручко)

Научная школа по изучению континентального рифтогенеза в Институте земной коры СО РАН (г. Иркутск)

Основателями научной школы стали геологи Николай Александрович Флоренсов и Виктор Прокопьевич Солоненко, а также геофизик Андрей Алексеевич Тресков. Ими были заложены основы систематического изучения Байкальского рифта. В своей автобиографии (апрель, 1984) Н. А. Флоренсов писал: «В моей докторской диссертации оказались смешанными элементы угольной геологии, молодого вулканизма, главное же — элементы позднекайнозойской и кайнозойской тектоники Прибайкалья и Забайкалья. Ранее ..., я искал здесь отличия от типичных африканских рифтов, но затем оказалось, что между теми и другими имеется явное сходство. К счастью, моя ошибка осталась просто при мне, а сводка, данная в диссертации и затем в монографии, ... послужила отправной точкой для широких и многолетних исследований по рифтовой тематике...». После ухода Николая Александровича, эстафету перенял его ближайший соратник и ученик, академик Николай Алексеевич Логачев. Николай Александрович Флоренсов был основателем Института земной коры СО РАН (до 1962 г. — Институт геологии Восточно-Сибирского филиала Академии наук СССР) и его первым директором. В период руководства Николаем Алексеевичем Логачевым (1976—1998 гг.) рифтовая тематика принесла Институту широкую, в том числе и международную, известность. Исследования в этом направлении и поныне ведутся их учениками и коллегами.

### Литература

Мордвинова В. В., Винник Л. П., Косарев Г. Л., Орешин С. И., Треусов А. В. Телесеismicкая томография в Центральной Азии по волнам Р и РКР // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2003.

Логачев Н. А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика, 2003. — Т. 44. — № 5.

Рассказов С. В., Логачев Н. А., Брандт И. С., Брандт С. Б., Иванов А. В. Геохронология и геодинамика позднего кайнозоя: (Южная Сибирь — Южная и Восточная Азия). — Новосибирск: Изд-во «Наука», 2000.

Рассказов С. В., Саранина Е. В., Демонтерова Е. И., Масловская М. Н., Иванов А. В. Мантийные компоненты позднекайнозойских вулканических пород Восточного Саяна по изотопам Pb, Sr и Nd // Геология и геофизика, 2002. — Т. 43. — № 12.

Саньков В. А., Лухнев А. В., Мирошниченко А. И., Леви К. Г., Ашурков С. В., Башкуев Ю. Б., Дембелов М. Г., Кале Э., Девершер Ж., Верноль М., Бехтур Б., Амаржаргал Ш. Современные движения земной коры Монголо-Сибирского региона по данным GPS-геодезии // Доклады Академии Наук, 2003. — Т. 392. — № 6.

Хориучи К., Гольдберг Е. Л., Мацузаки Х., Кобаяши К., Шибата Я. Проверка магнитостратиграфических шкал миоценовых осадков озера Байкал // Геология и геофизика, 2004. — Т. 45. — № 3.

Ярмолук В. В., Иванов В. Г., Коваленко В. И., Покровский Б. Г. Магматизм и геодинамика Южно-Байкальской вулканической области (горячей точки мантии) по результатам геохронологических, геохимических и изотопных (Sr, Nd, O) исследований // Петрология, 2003/ — Т. 11. — № 1.

Barry T. L., Saunders A. D., Kempton P. D., Windley B. F., Pringle M. S., Dorjnamjaa D., Saandar S. Petrogenesis of Cenozoic basalts from Mongolia: evidence for the role of asthenospheric versus metasomatized lithospheric mantle sources // Journal of Petrology, 2003. — V. 44.

Litasov K. D., Taniguchi H., Mantle evolution beneath Baikal rift. — Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Japan, CNEAS Monograph Series, 2002. — V. 5.

Zorin Yu. A., Turutanov E. Kh., Mordvinova V. V., Kozhevnikov V. M., Yanovskaya T. B., Treusov A. V. The Baikal rift zone: the effect of mantle plumes on older structure // Tectonophysics, 2003. — V. 371.

из Института земной коры по сейсмическим данным зафиксировали под Байкальским рифтом аномальное разуплотнение на подлитосферных глубинах, в так называемой верхней мантии Земли. Поэтому, российская сторона отстаивала точку зрения о главенствующей роли глубинных термальных процессов — то есть «активном» рифтогенезе. Эта многолетняя проблема о «пассивном» и «активном» механизме растяжения Байкальского рифта по-прежнему остается актуальной. Хотя в последнее время все больше и больше исследователей приходят к мысли об одновременном действии обоих механизмов. Автором не навязывается какое-либо определенное мнение о механизмах образования Байкальского рифта. Вместо этого приводятся новые и, на мой субъективный взгляд, наиболее важные данные о тектонике, вулканизме, осадконакоплении и глубинном строении. Интерпретация этих данных зачастую остается неоднозначной.



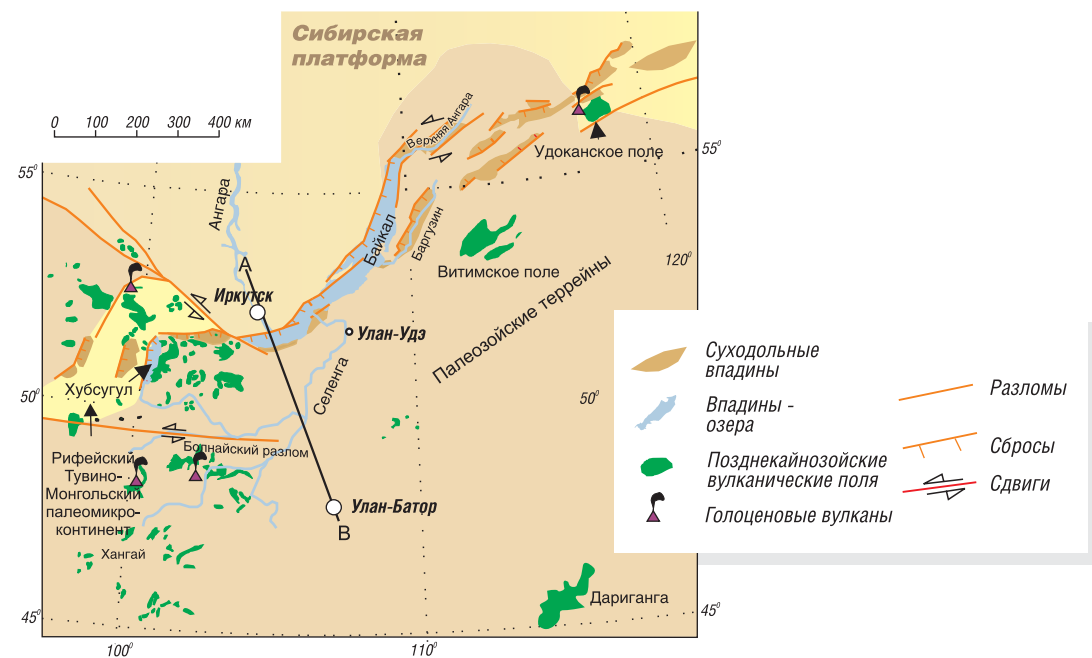
**ВОЗРАСТ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ**

Количество рыхлых осадков в Байкальской котловине оценивается в 75 тыс. км<sup>3</sup>, что составляет примерно 70 % осадочных отложений впадин всей рифтовой системы (Логачев, 2003). Южнобайкальская впадина считается наиболее древней. В 1970-х Николай Алексеевич Логачев и Николай Александрович Флоренсов предположили, что ее образование началось в позднем эоцене – раннем олигоцене, примерно 30–35 млн лет назад. С тех пор традиционно это значение фигурирует в большинстве публикаций о Байкальском рифте. В последние годы Николай Алексеевич Логачев отмечал, что на самом деле впадина может быть гораздо древнее.



Баржа с буровой вышкой, пробивается сквозь торосы на пути к Академическому хребту (Фото М. Митичкина)

Структура Байкальской рифтовой системы и распределение позднекайнозойских вулканических полей. Линия АВ — разрез, показанный на с. 58



Определение времени начала впадинообразования затруднено. Для того чтобы получить ответ на этот вопрос, нужно добраться до пород, погребенных под многокилометровой осадочной толщей. В рамках международного проекта «Байкал-бурение» в байкальских осадках было пробурено несколько скважин в зимние периоды 1996–1998 гг. с вмороженных в лед барж. Наиболее длинная возрастная летопись была получена при бурении осадков на Академическом хребте, поскольку этот участок дна Байкала удален от всех береговых источников сноса вещества и поэтому характеризуется наименьшей скоростью осадконакопления. Было определено, что возраст осадков в основании выбуренного осадочного керна длиной 585 м составляет примерно 8,3 млн лет (Хориучи и др., 2004). Это минимальный доказанный возраст озера Байкал.

Согласно последним данным скорость осадконакопления в последние 4,5 млн лет на Академическом хребте составляла в среднем около 0,04 мм в год, тогда как раньше она была в среднем около 0,1 мм в год (там же). То есть скорость осадконакопления уменьшилась более чем в два раза! Это неожиданный результат, так как традиционно по данным изучения изменчивости осадочного разреза суходольных впадин Байкальского рифта выделялись стадии «медленного» олигоцен-миоценового и «быстрого» плиоцен-четвертичного рифтогенеза.

Иными словами, зафиксированная смена скорости осадконакопления является прямо противоположной ожидаемой. Единственным объяснением этого факта, на мой взгляд, может быть существенное воздымание Академического подводного хребта на рубеже 5–4 млн лет назад, что привело к его изоляции от терригенного материала, привносимого, главным образом, реками Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара.



Малое море (фото В. Короткоручко)



**СОВРЕМЕННОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ БЛОКОВ**

Скорость расширения Байкальской котловины оставалась до недавнего времени предметом серьезного спора. Вопрос оказался решенным благодаря использованию спутниковых систем навигации — *GPS*. По десятилетним наблюдениям с помощью постоянных и временных *GPS* пунктов удалось узнать, что скорость раздвижения стабильных блоков Сибирской платформы и Амурской микроплиты составляет 4 мм в год. При этом все деформации локализуются вдоль осевой части Байкальского рифта.

**ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ**

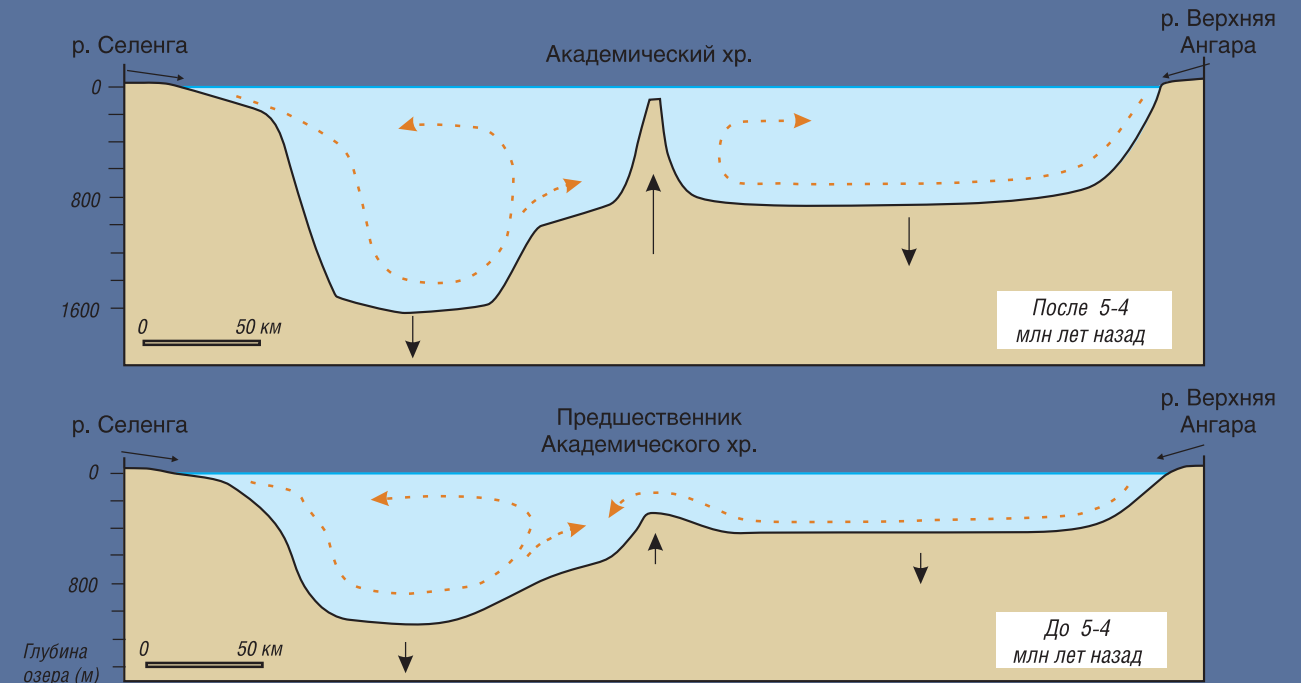
Важную роль в понимании процессов рифтогенеза играют геофизические методы исследования, позволяющие «увидеть» современную глубинную структуру коры и мантии. По данным сейсмической томографии, осуществленной в ходе российско-американского эксперимента в 1992 году, был построен скоростной разрез прохождения Р-волн (Мордвинова и др., 2003). Обнаружено, что одна низкоскоростная аномалия находится практически под Байкалом. Однако вторая располагается гораздо южнее, под территорией Монголии, там, где какое-либо растяжение коры отсутствует.

Возникает резонный вопрос: что же вызывает понижение скоростей прохождения сейсмических волн в мантии — повышенная температура или особенности состава вещества? Обычно принимается первое объяснение (Zorin et al., 2003).

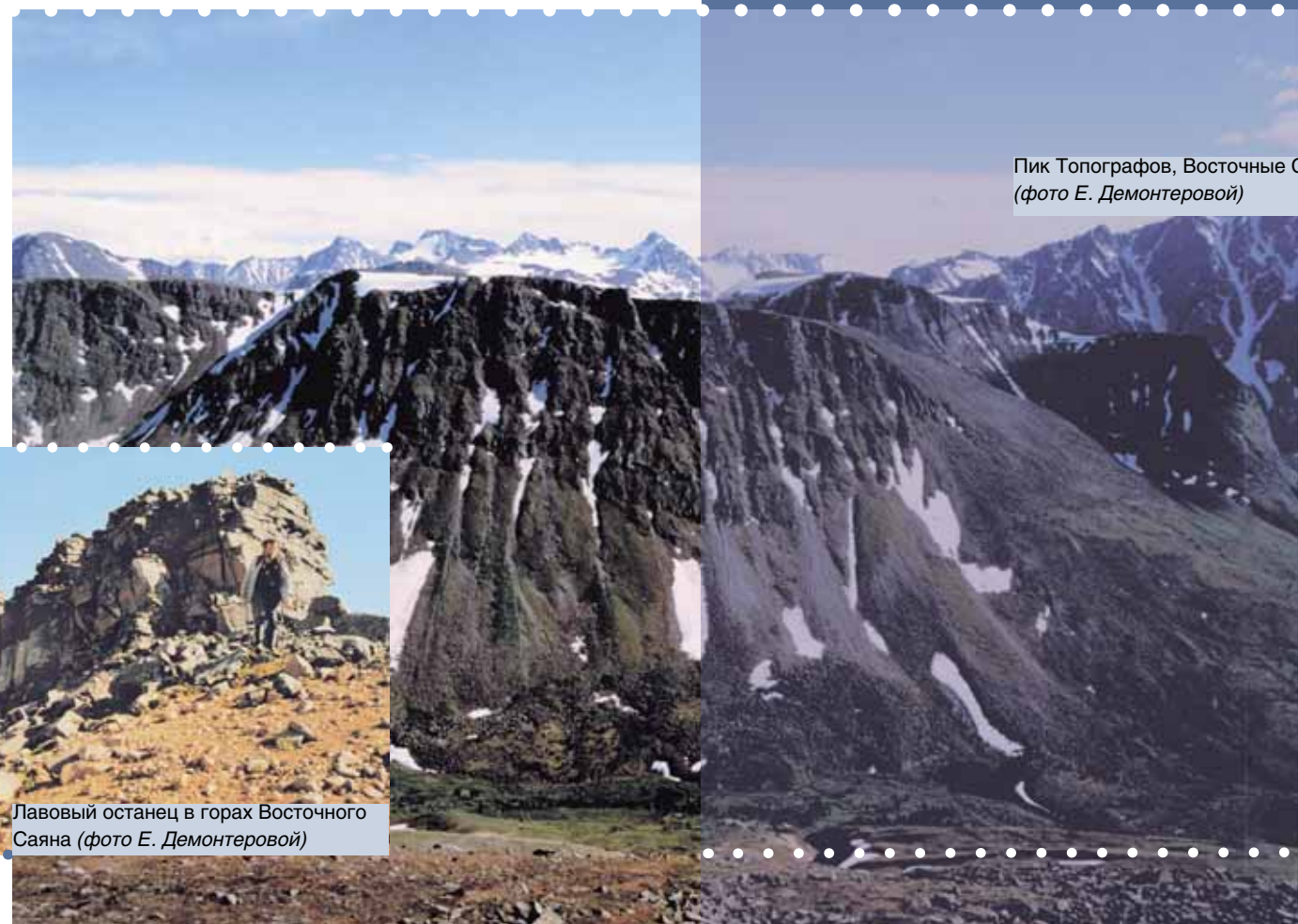
**ЭВОЛЮЦИЯ ГЛУБИННОГО ТЕРМАЛЬНОГО РЕЖИМА ЛИТОСФЕРЫ**

Частичные выплавки из мантии щелочных базальтоидов по пути к поверхности иногда захватывают фрагменты окружающих пород. Находки таких пород, называемых *ксенолитами*, являются весьма ценными для познания вещественного состава и условий «жизни» земных глубин. В Байкальском рифте наибольший «урожай» мантийных ксенолитов был собран в восточной части Витимского вулканического поля Игорем Викторовичем Ащепковым и его коллегами из Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН.

Оказалось, что мантийные ксенолиты из миоценовых лав Витимского поля указывают на большой диапазон давлений, а произошли они из больших глубин, из молодых четвертичных лав — меньшим диапазоном. Это указывает на большую толщину литосферы в миоцене под Витимским полем, в сравнении с четвертичным временем. По расчетам, утонение литосферы за 13 млн лет составило примерно 15 км. При этом граница между



Смена режима осадконакопления на подводном Академическом хребте из-за его воздымания 5-4 млн лет назад



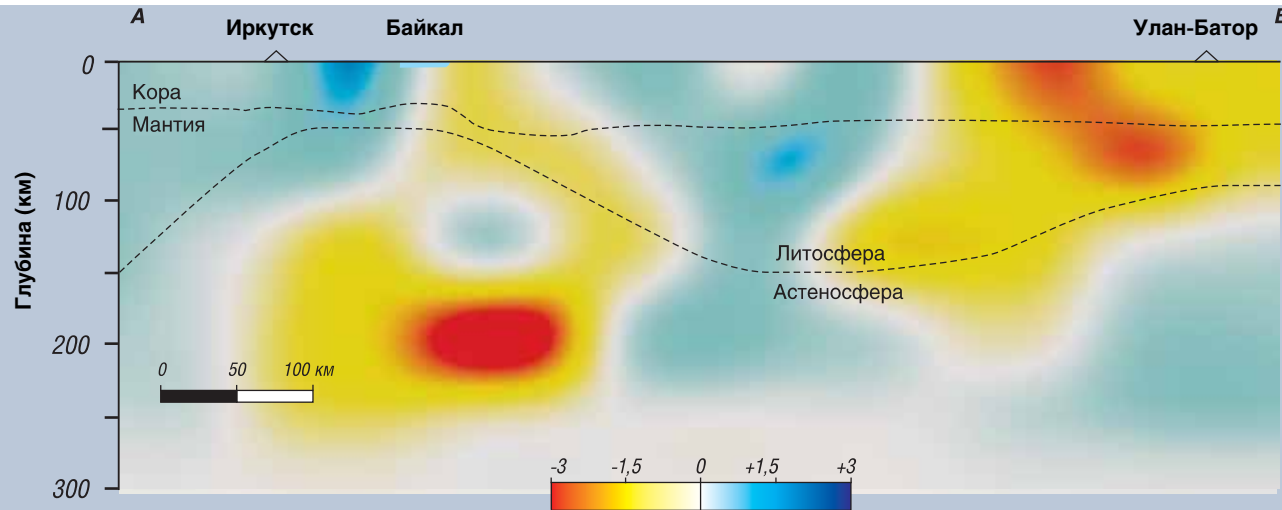
Пик Топографов, Восточные Саяны (фото Е. Демонтеровой)

Лавовый останец в горах Восточного Саяна (фото Е. Демонтеровой)

уровнями образования минералов-индикаторов, гранатов и шпинелей углубилась примерно на 8 км, что согласно экспериментальным данным указывает на повышение температуры.

Отметим еще одну интересную особенность. Несмотря на значительное утонение литосферы под Витимским полем, сколь либо существенного растяжения коры не происходило. Согласно данным бурения, заполненные осадками впадины под лавами не превышают в ширину первые десятки километров, а в глубину — первые сотни метров (Рассказов и др., 2000).





Скоростной разрез коры и мантии. Разным цветом показаны относительные изменения скоростей прохождения Р-волн (Мордвинова и др., 2003). Мощность коры и литосферы по данным (Zorin et al. 1989; 2003)

**ВУЛКАНИЗМ**

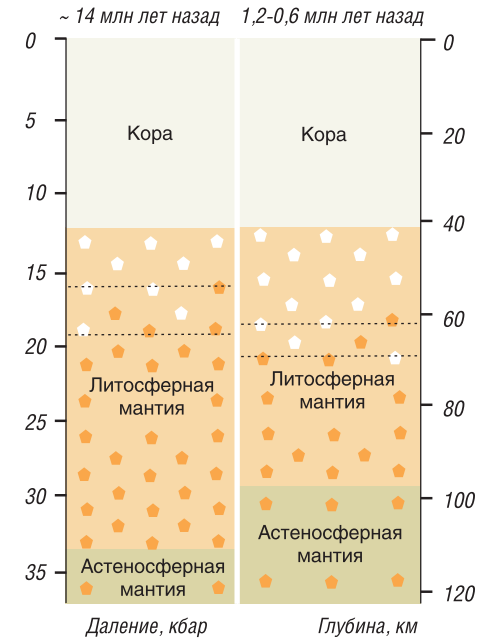
При определении возраста вулканических пород Байкальского рифта была установлена сложная миграция вулканизма в Восточном Саяне и на Удоканском хребте. В обоих районах вулканизм со временем смещался по замысловатым траекториям с преобладающим западным трендом, т. е. практически в противоположную сторону от общего движения Евразийской литосферной плиты. Это, вероятно, указывает на тектонический контроль подъема магм в области сочленения структур сжатия и растяжения, при этом общее смещение вулканизма в западном направлении согласуется с существованием в астеносфере относительно неподвижного горячего источника магм.

Для того чтобы в мантии появился частичный расплав необходимо либо поднять ее температуру, либо снизить давление, или же насытить мантию летучими компонентами. При пассивном рифтогенезе со скоростью 5 мм в год, а также при такой толщине литосферы и коры, как в Байкальском рифте, давление в мантии никогда не снизится настолько, чтобы мантийные породы начали плавиться при отсутствии летучих компонентов. Однако если в мантии имеются легкоплавкие участки с водосодержащими минералами или карбонатами, то такие участки даже при незначительных перепадах температуры и давления будут переходить в расплав.

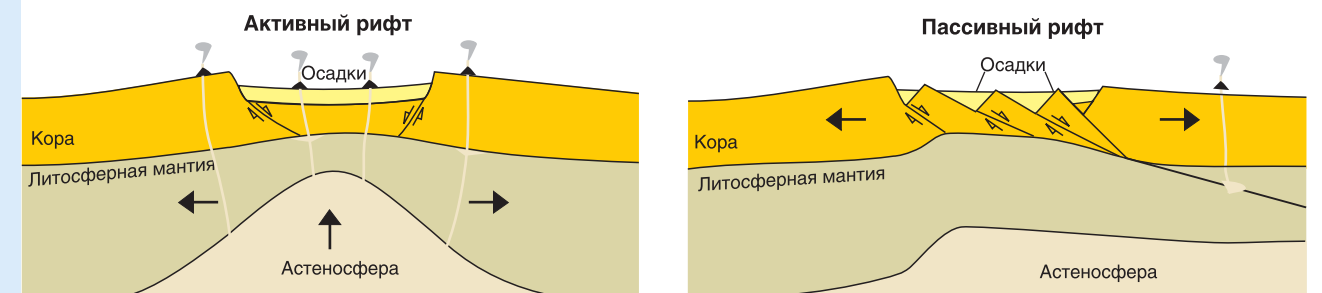
Характерно, что распределение вулканических полей не тяготеет ни к рифтовым впадинам, ни к гравитационным минимумам — областям потенциального повышения тепла. Особо показателен пример с вулканическим плато Дариганга в Монголии. По-видимому, это указывает на то, что плавление мантии Байкальского рифта

и сопредельных территорий контролируется, в первую очередь, ее составом.

Для выяснения состава плавящейся мантии изучаются изотопные отношения элементов. Отношения изотопов неодима и стронция  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  и  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , измеренные в лавах юго-западной части Байкальского рифта, в сопоставлении с составами лав хребта Хангай показали, что область плавления мантии можно разделить на три части (произвольно обозначенных как компоненты А, В и С). Компонент А относится к области подлитосферной мантии (астеносфере), а два других компонента характеризуют неоднородную литосферную мантию. Причем, компонент В может относиться к более глубоким частям гранат-содержащей мантии, а компонент С — к шпинель-содержащей мантии или области кора-мантийного перехода.



Петрологический разрез миоценовой и четвертичной литосферной мантии под восточной частью Витимского вулканического поля. Строение мантии показано по данным (Litasov, Taniguchi, 2002), а возраст — по данным (Рассказов и др., 2000). Белые и розовые пятигранники означают, соответственно, присутствие в лерцолите шпинели и граната. Пунктиром показан диапазон глубин, где эти минералы встречаются одновременно



Существуют две крайние модели растяжения литосферы во внутриконтинентальных областях, называемые моделями «активного» и «пассивного» рифтогенеза. Движущей силой «активного» рифтогенеза является источник тепла восходящего мантийного потока, обычно называемого **плюмом**. При этом допускается, что область зарождения таких плюмов может находиться на разделе верхней и нижней мантии на глубине 650 км или даже на границе с ядром на глубине 2700 км. Основными характеристиками «активного» рифтогенеза считают формирование тектонических впадин на фоне крупного регионального поднятия, повышенный тепловой поток и широко распространенный вулканизм. Последний должен предшествовать и формированию регионального поднятия, и впадинообразованию. Преобладающий состав вулканических пород «активного» рифта должен проявляться на большой территории

Схематическое представление о строении литосферы «активного» и «пассивного» рифтов

и не зависеть от состава и возраста литосферы. В модели «пассивного» рифтогенеза основной причиной растяжения считают тектонические напряжения, возникающие на границах литосферных плит на значительном удалении от области растяжения. Фиксируемое воздымание подлитосферной мантии пассивно следует утонению литосферы. Характеристикой «пассивных» рифтов считают приуроченность всех рифтовых структур древним границам между литосферными блоками разного возраста и слабо проявленный вулканизм. При этом растяжение предшествует вулканизму, а вулканические породы отражают неоднородный состав литосферы.



**КОРЕЛЯЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ**

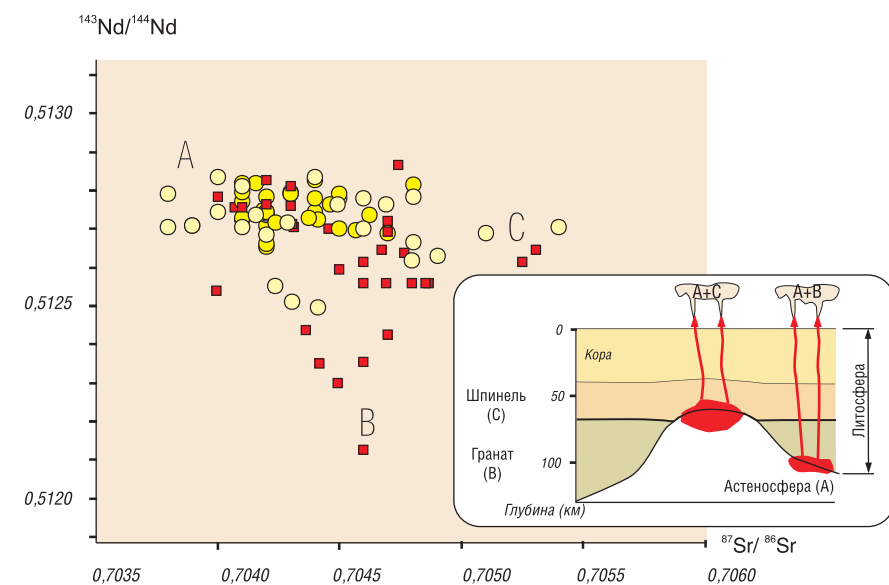
Только лишь коровые напряжения от зоны Индо-Азиатской коллизии или местные источники тепла в мантии не могли привести к образованию Байкальского рифта. В последние годы также стала обсуждаться идея о важной роли взаимодействия литосферных плит на восточной окраине Евразии.

Обращает на себя внимание, что эпизоды сжатия и растяжения в зонах столкновения Индо-Азиатских и Тихоокеано-Азиатских плит смещены относительно друг друга по времени. Если сжатие воздействовало на южную окраину Центральной Азии, то в это время на ее восточной окраине существовал режим растяжения. И, наоборот, во время существенного сжатия, возникшего на восточной окраине, южная окраина испытывала эпизод релаксации.

Такая динамика сжатия и растяжения могла «раскачивать» внутренние части Центральной Азии, приводить к смещению блоков, что при их геометрии формировало зоны сжатия и растяжения на границах этих блоков. При таком механизме

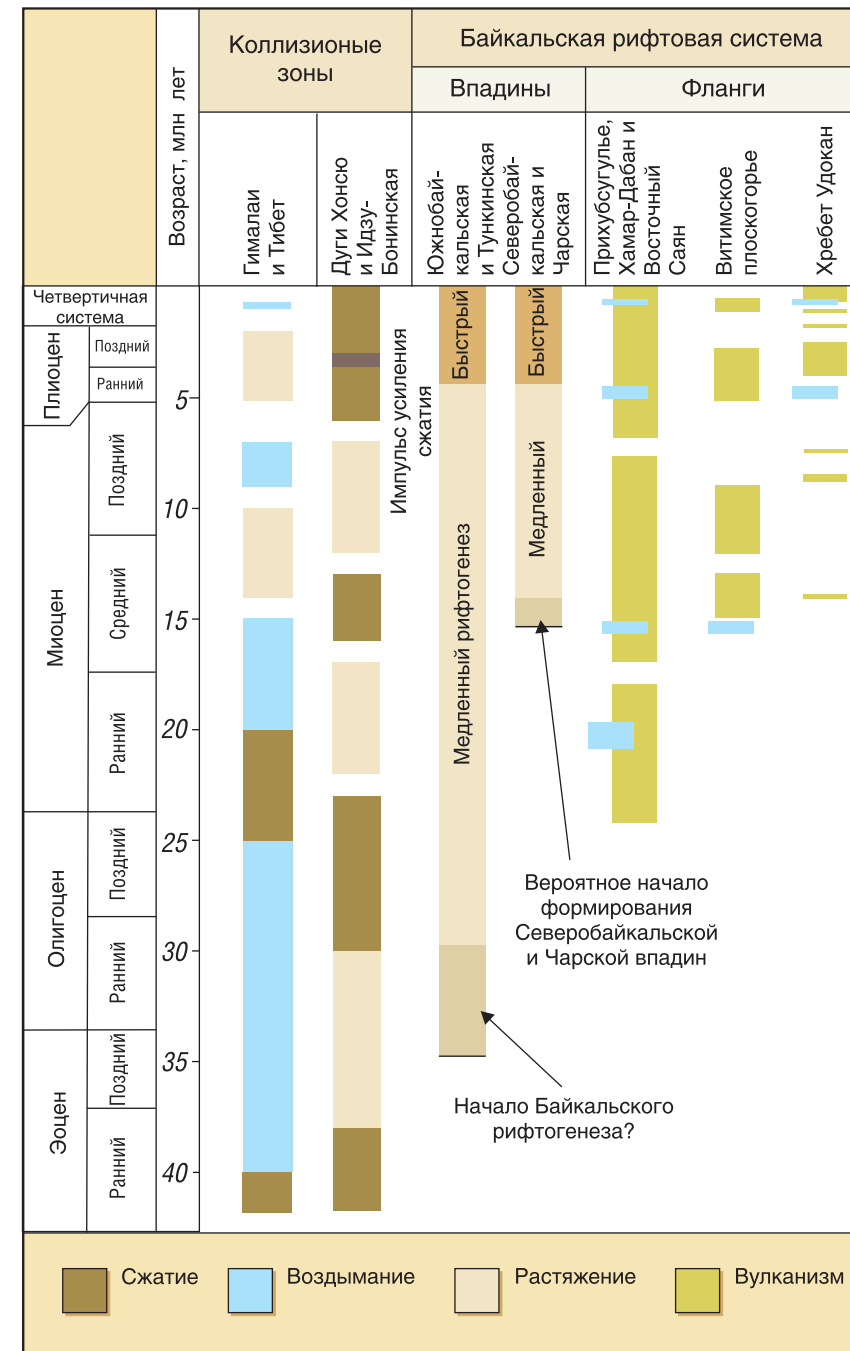
следует ожидать, что импульсы основных тектонических событий в Центральной Азии (например, импульсы вращения Амурской микроплиты) будут совпадать по времени со сменой тектонического режима на границах литосферных плит. К сожалению, датирование таких импульсов по-прежнему остается сложной задачей.

Для Байкальского рифта периоды воздымания могут быть оценены по данным изучения положения датированных лав в рельефе (Рассказов и др., 1998). Всего было выявлено четыре таких эпизода: 21–19, 16–15, 5–4 и около 0,8 млн лет назад. Интересно, что смена скорости осадконакопления на подводном Академическом хребте, произошедшая 5–4 млн лет назад, совпала с одним из таких эпизодов воздымания. Как отмечалось раньше, это событие может маркировать начало стадии «быстрого» рифтогенеза. В это время во фронте Индо-Азиатской коллизии существовал режим растяжения, а сжатие на восточной окраине Центральной Азии началось чуть раньше этого эпизода. Таким образом, стадия «быстрого» рифтогенеза не может быть генетически связана с удаленными тектоническими событиями во фронте Индо-Азиатской коллизии. Она связана либо с тектоническими событиями на восточной границе Азии, либо с термальным и/или химическим воздействием на литосферу за счет местных мантийных источников тепла.



■ Базальты Хангая  
○ Базальты Байкальского рифта

Вариации изотопных отношений стронция и неодима в позднекайнозойских лавах юго-западной части Байкальского рифта (Рассказов и др., 2002; Ярмолюк и др., 2003; Vargy et al., 2003). На врезке показана возможная интерпретация данных



Тектонические события в зонах Индо-Азиатской и Тихоокеано-Азиатской коллизий в сопоставлении с тектоническими и вулканическими событиями в Байкальском рифте

**ЭПИЛОГ**

Так какой же все-таки Байкальский рифт — «активный» или «пассивный»?

Коровые деформации и растяжение, в основном, контролируются удаленными тектоническими событиями, происходящими на границах литосферных плит. Разогрев же, плавление и утонение литосферы осуществляются за счет глубинных источников тепла, или благодаря существованию в мантии легкоплавких областей. Это означает, что Байкальский рифт несет в себе черты как «активного», так и «пассивного» рифтогенеза.

Пытаясь рассмотреть развитие Байкальского рифта исключительно с позиций изучения коровых деформаций или эволюции вулканизма, или глубинной геофизики, мы оказываемся в положении слепых мудрецов, изучающих слона на ощупь в известной притче. Только интеграция различных направлений исследований позволит нам дать ответ, какой из механизмов рифтогенеза преобладал, менялось ли их соотношение во времени, связаны ли процессы растяжения коры и магмообразования или это два независимых процесса. Необходимость объединения своих усилий сегодня осознается практически всеми исследователями, а это означает, что когда-нибудь, начиная статью о Байкальском рифте, можно будет сказать «мы знаем, как и почему он образовался».







Наиболее известными из существующих древних озер являются: Байкал (Сибирь), Танганьика, Виктория, Малави и другие озера Большой Африканской рифтовой зоны, Бива (Япония), Охрид (Македония, Албания), Каспийское море (Евразия), Хубсугул (Монголия), Титикака (Южная Америка). Второй по значимости характеристикой этих озер, кроме возраста, является необычайное разнообразие их животного и растительного мира. При этом с точки зрения биоразнообразия Байкал занимает первое место в мире.

**Сотворение неповторимого**

Байкальская впадина является центральным звеном Байкальской рифтовой зоны, простирающейся более, чем на 2000 км от озера Хубсугул до Южной Якутии. Современное озеро состоит из трех бассейнов — Южного, Среднего и Северного Байкала, которые разделены естественными барьерами.



Акантогаммарусы и длинноусые горяйеви, выловленные при глубоководном тралении в районе Селенгинского мелководья (фото О. А. Тимошкина)

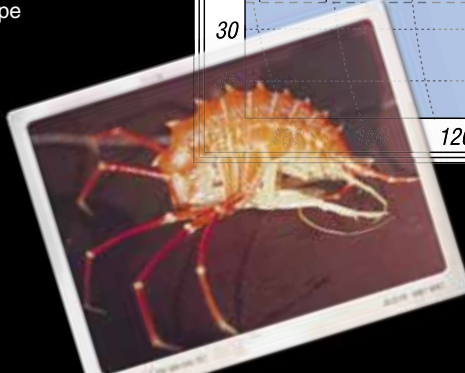
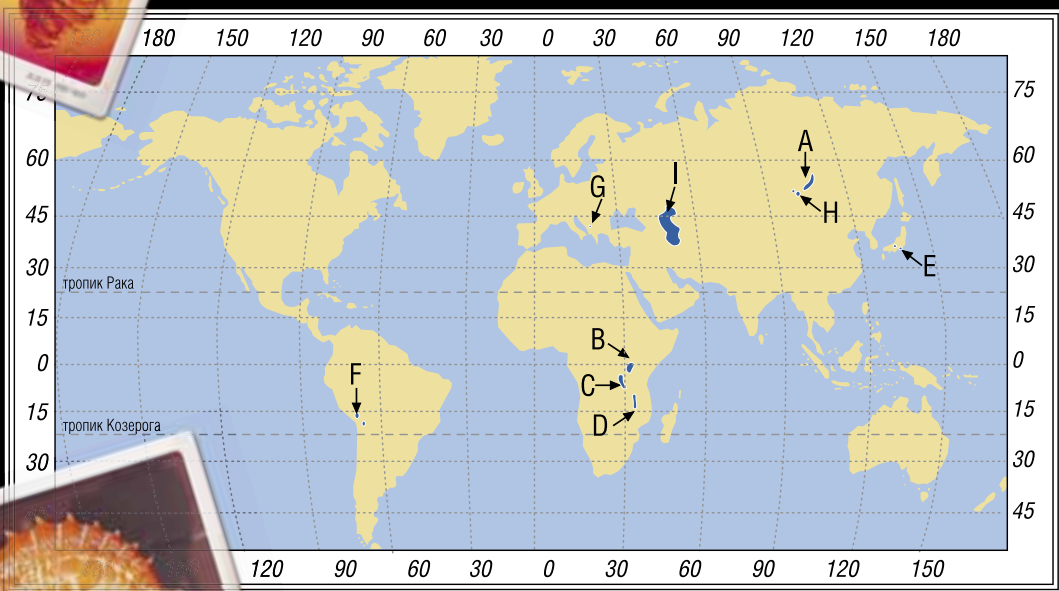
Байкал является областью высокой тектонической активности. Только несколько тысяч лет назад здесь погасли последние вулканы. Более десятка землетрясений с амплитудой от 8 до 11 баллов произошло на Байкале за последние 150 лет. Одним из сильнейших было Цанганское землетрясение в середине XIX века, в дельте реки Селенги, когда за одну ночь под воду погрузилось около 200 км<sup>2</sup> земли. Геологи отмечают, что котловина озера ежегодно расширяется, а его впадина углубляется по отношению к окружающим горам на 20 и 6 мм соответственно.

Геологическую историю Байкала можно представить в виде последовательности озер-предшественников, существовавших на протяжении кайнозоя. Согласно данным палеолимнологических исследований, Байкал приобрел современные очертания «всего лишь» несколько миллионов лет назад. Образование целостного сверхглубокого озера явилось результатом новейшей тектонической активности и, по-видимому, произошло менее, чем 1 млн лет назад.



Головной конец тела байкальской эндемичной полихеты-манаюнки (фото О. А. Тимошкина)

Наиболее известные древние озера мира:  
 А — Байкал;  
 В — Виктория;  
 С — Танганьика;  
 D — Малави;  
 E — Бива;  
 F — Титикака;  
 G — Охрид;  
 H — Хубсугул;  
 I — Каспийское море



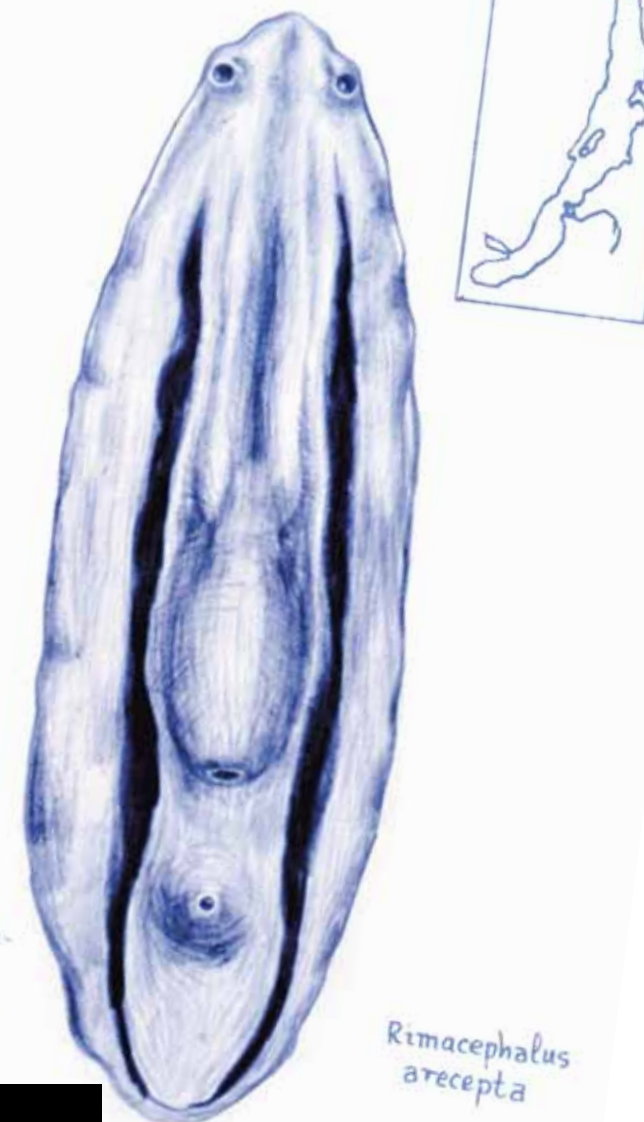
Один из видов акантогаммарусов, обитающих в аванделете р. Селенги (фото О. А. Тимошкина)

Таким образом, можно предположить, что уникальность животного и растительного мира Байкала обусловлена, во-первых, длительной непрерывной историей формирования озера, существованием нескольких водоемов-предшественников, позднее объединившихся в единый водоем; во-вторых, интенсивной тектонической деятельностью, которая могла приводить к формированию географических барьеров, резкому изменению факторов внешней среды и т. д.

**«Книга» биологических рекордов**

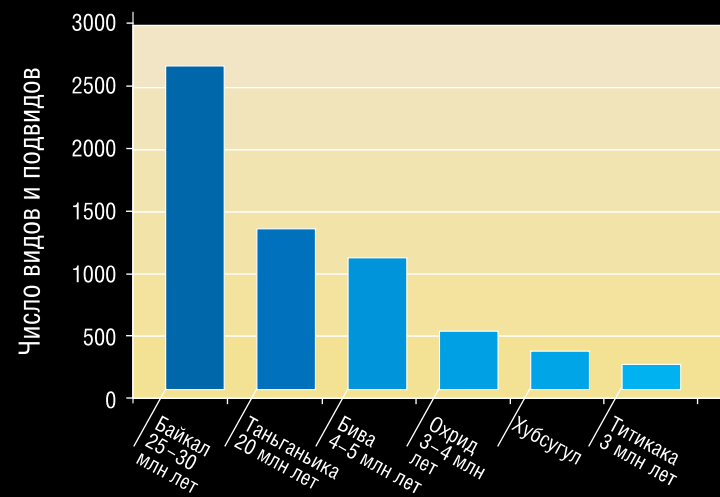
По современным подсчетам, Байкал населяет 2595 видов и подвидов животных (Тимошкин, 2001). Это число практически в два раза больше, чем у его ближайшего «соперника» — Танганьики. При этом нелишне заметить, что список байкальской фауны далеко не полон и далек от завершения. В течение последних 7–10 лет только коллективом лаборатории гидробиологии и систематики водных организмов Лимнологического института СО РАН в среднем открывалось и описывалось свыше 20 новых таксонов ежегодно! Есть веские основания считать, что общее число видов байкальских животных может достигнуть в будущем 3500, а растений — до 1500 видов и подвидов.

Уже сейчас видовое разнообразие фауны Байкала сопоставимо с видовым разнообразием сотен и тысяч озер Евразии, вместе взятых. Если учесть, что около 60 % видов животных Байкала эндемичны (т. е. больше



*Rimacephalus arecepta*

Гигантская планария Байкала — восемнадцатисантиметровая *Rimacephalus arecepta* из района Селенгинского мелководья. Вид с брюшной стороны тела. Червь — прожорливый хищник, питающийся ослабленной рыбой, — частый, но непрощенный «гость» рыболовецких сетей. На переднем конце тела видны две округлых присоски, которыми он «захватывает» добычу. Две темных полосы вдоль тела — ползательные валики, помогающие ему передвигаться по мягкому илистому дну. Эти органы известны только у крупных планарий Байкала (рис. О. А. Тимошкина)



Название	Количество
Байкал	2595
Танганьика	1290
Бива	1074

Название	Количество
Охрид	430
Хубсугул	285
Титикака	200

Биоразнообразие некоторых древних озер



нигде не встречаются), то логичен вывод, что озеро Байкал является настоящим центром биоразнообразия Евразийского континента, научную значимость которого трудно переоценить.

Открытие новых видов животных и растений — весьма почетное занятие, которое сродни открытию новых островов или галактик. Однако на Земле осталось совсем немного мест, фауна которых хранит подобные таксономические загадки. И совсем редко это происходит в пресных водах. Байкал и здесь «имеет собственное мнение» — в нашем институте работает несколько ученых-зоологов, таксономические трофеи которых насчитывают 100–150 видов!



Эндемичные моллюски-гастроподы рода *Megalovalvata*, одни из самых аккуратных «уборщиц» дна. Моллюсков часто можно видеть на корковых губках-любомирскиидах, с поверхности которых они соскребают питательную смесь, состоящую из осадков и слизистых выделений губки. После такой «уборки» губки напоминают зеленую лужайку после дождя (фото С. Г. Глущенко и О. А. Тимошкина)



Озеро является настоящей «книгой рекордов Гиннеса», установленных самой природой. Кроме геологических, палеоклиматических и гидрологических «достижений», Байкал демонстрирует многочисленные примеры биологических рекордов. Например, в озере обитают гиганты и карлики. Самые крупные представители многих отрядов свободноживущих ресничных червей найдены именно в Байкале. Некоторые виды донных бокоплавов больших глубин также являются настоящими гигантами как, например, *акантогаммарусы*. В их выводковых камерах довольно часто можно найти неприятного вида паразитов — *пахисхезисов*. Это — единственный случай паразитизма одного вида бокоплавов на другом, известный для пресных вод.

За последнее время на Байкале были открыты не только новые виды и роды, но даже новые, не типичные для пресных вод, сообщества организмов! Например, *цилиопсаммон*, интереснейшее сообщество инфузорий,

специализированных обитателей песчаных грунтов. Или сообщество *подводного гидровента* (организмов, обитающих в районах выходов подводных гидротермальных источников); *криофильное сообщество*, живущее в толще льда (Оболкина, 1995; Оболкина и др., 2000). Перечень биологических рекордов Байкала мог бы занять объем небольшой книги.

Невозможно уместить все сведения о разнообразии уникальной озерной экосистемы в рамки одной небольшой работы. Поэтому ограничимся только некоторыми, наиболее яркими группами, на примере которых можно проиллюстрировать весь спектр классических проблем, связанных с разнообразием и происхождением уникального фаунистического комплекса Байкала.



Один из мелководных видов бокоплавов среди водной растительности (фото М. Файерабенда)



Губки

Озеро населяют представители двух семейств *губок* — Spongillidae, к которому относятся виды, широко распространенные практически по всему миру, и эндемичное семейство Lubomirskiidae, обитатели открытого Байкала.

В видовом отношении пресноводные губки довольно малочисленная группа, что справедливо и для Байкала, в котором обнаружено 14 видов *любомирскиид* и 2 вида *спонгиллид* (Ефремова, 2004). Несмотря на относительную бедность видового состава, губки являются одной из самых распространенных и необычных групп байкальских организмов. Они — неотъемлемый компонент биоценозов каменистых грунтов на глубинах до 600 м. Их корковые, шарообразные и особенно древовидные колонии придают неповторимый облик ландшафтам западного побережья озера. Зеленые кусты *Lubomirskia baikalensis*, достигающие 1 м в высоту, иногда образуют настоящие подводные «леса».

Губки встречаются в Байкале практически повсеместно. Корковые формы могут быть найдены вблизи уреза

воды, в зоне прибоя; их гигантские ярко-зеленые пятна, площадью до одного квадратного метра, покрывают поверхности подводных скал. Глядя на байкальских губок, просто невозможно поверить, что это — животные, настолько поразительны их древовидная форма тела и цветовая гамма: все оттенки зеленого цвета, иногда — с фиолетовым, розоватым оттенком, цвета слоновой кости и кофе с молоком.... В Малом море встречаются губки-«мячики» — шарообразные особи, свободно катающиеся по поверхности песчаного грунта.

Губки сами являются средой обитания для многих видов животных и растений Байкала. Некоторые виды бокоплавов выгрызают небольшие «пещерки-квартиры» в теле губок; паразитические *брандтии* гроздьями «облепляют» тело ветвистых *любомирский*. В основаниях губок находят «приют» многие виды плоских червей, нематод и олигохет. Крупные брюхоногие моллюски — *мегаловальваты*, выполняя роль уборщиц, выстроившихся рядами, собирают с поверхности корковых губок питательный «коктейль», состоящий из отфильтрованных органических остатков, скрепленных слизистыми выделениями самой губки. После такого «ухода» каждая губка приобретает вид хорошо ухоженного газона.

Несмотря на более чем 150-летнюю историю исследований, в наших знаниях по биологии байкальских губок остается много тайн и загадок. До сих пор не исследованы их жизненные циклы, сроки размножения, неизвестна даже продолжительность их жизни.



**Ресничные черви**

Эндемичные букеты видов свободноживущих ресничных червей (*Turbellaria*) — явление, весьма необычное для пресноводных экосистем. Большинство крупных озер Земли, не исключая древние, заселены банальными, широко распространенными видами *турбеллярий*.

Разнообразие же байкальских турбеллярий просто поразительно. В озере представлены все отряды свободноживущих ресничных червей, за исключением

*Turbellaria* является одной из центральных и интереснейших групп байкальских беспозвоночных, которая может служить модельной группой для изучения процессов видообразования и эволюции (Timoshkin, 1994). Фауна турбеллярий включает гигантские, карликовые и специализированные глубоководные формы, группы предположительно морского происхождения и т.п. Это дает возможность проследить наиболее вероятные варианты «сценариев», по которым развивались байкальские беспозвоночные.



Глубоководная планария-гигант *Bdellocephala bathyalis* длиной около 10 см обитает на глубинах 600–1100 м. Вид с брюшной стороны тела. «Белая горошина» посередине тела — выпятившаяся глотка (фото О. А. Тимошкина)

Пример наиболее «свежих» таксономических открытий: новый, пока еще «анонимный» вид планарий рода *Rimaccephalus*. Длина тела половозрелых особей 1,5–2 см (фото О. А. Тимошкина)

Переливающиеся всеми цветами радуги глубоководные люмбрикулиды (*Oligochaeta*) (фото О. А. Тимошкина)

типично морских: 8 отрядов и подотрядов, включающих 11 семейств и подсемейств, 41 род, 164 вида и подвида. Из них большая часть — около 73 % родов и 99 % видов — эндемики озера! При этом есть основания считать, что к настоящему времени описано не более 2/3 от реального числа видов байкальских турбеллярий. Столь многочисленная, разнообразная и эндемичная фауна *Turbellaria*, обитающая в пресном озере, с полным правом может быть отнесена к числу уникальных биологических феноменов.

Большая часть видов (более 70 %) обитает в прибрежной зоне озера, где они составляют весьма многочисленный компонент большинства биоценозов. Они освоили практически все глубины озера: максимальные глубины обнаружения турбеллярий из разных семейств составляют от 380 до 1620 метров!

Глубоководным видам свойственна некоторая депигментация тела и редукция глаз, вплоть до их полного исчезновения. Наличие глубоководной фауны турбеллярий, которую обычно можно наблюдать только в морях — также уникальное явление для пресноводного водоема.



Симбиотические рачки *Brandtia parasitica* на ветвистой губке *Lubomirskia baicalensis* (фото О. А. Тимошкина)

Наиболее обычный вид мелководных планарий Байкала — *Baikalobia variegata*, с «размытыми» беспигментными пятнами со спинной стороны тела (фото С. Г. Глущенко и О. А. Тимошкина)



**Олигохеты**

Малощетинковые черви (*Oligochaeta*) — одна из наиболее богатых видами групп беспозвоночных Байкала. По современным сведениям, в озере обитают 204 вида и подвида олигохет, из которых 82 % эндемичны для Байкала (Семерной, 2001; 2004).



Олигохета тигровой окраски, эндемичная *Teleuscolex korotneffi* (фото О. А. Тимошкина)

*Олигохеты* населяют все типы грунтов Байкала (предпочитая мягкие, заиленные участки), встречаясь вплоть до максимальных глубин. В морфологическом отношении байкальские олигохеты также весьма необычны: среди них есть настоящие гиганты и карлики, ярко окрашенные черви «тигровой масти», *ринхельмисы*, переливающиеся всеми цветами радуги... Длина некоторых видов (например, *Rhynchelmis brachycephala*) может достигать 185 мм! Длина же половозрелых особей других видов может составлять всего 3–5 мм.

Совершенно необычен внешний вид червей-*байкалодрилюсов*, тело которых покрыто многочисленными выростами-«бородавками». Они могут иметь спинной гребень, напоминающий петушиный гребешок или гребень доисторического динозавра маленького размера. В свою очередь, выросты некоторых видов покрыты кристаллоидами. В результате только по едва заметным щетинкам и сегментированному телу можно понять, что перед нами — совершенно необычный родственник хорошо знакомых дождевых червей.

Как и в других водоемах, олигохеты Байкала являются излюбленным объектом питания для многих видов беспозвоночных и рыб.

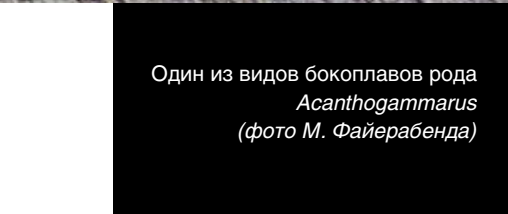




Бокоплав-акантогаммарус с эндемичными паразитическими пиявками, присосавшимися к коксальным пластинкам рачка (фото О. А. Тимошкина)



Полупрозрачные бокоплавы-макрогектопусы женского пола, только что выловленные из воды. Просвечивают яичники сиреневого цвета и оранжевое содержимое кишечника (фото О. А. Тимошкина)



Один из видов бокоплавов рода *Acanthogammarus* (фото М. Файерабенда)



Симбиотические рачки *Brandtia parasitica* на ветвистой губке *Lubomirskia baicalensis* (фото М. Файерабенда)



### Бокоплавы

По числу видов — 347–348 — амфиподы Gammaridae (иначе называемые *бокоплавами*) являются одной из наиболее многочисленных групп многоклеточных байкальских организмов (Тахтеев, 2000, Камалтынов, 2001). В озере живет 1/5 от общего числа мировой фауны видов гаммарид, причем все они — эндемики.

Изменчивость и разнообразие байкальских гаммарид столь высока, что ученые до сих пор не могут прийти к согласию даже относительно числа семейств, на которые их следует разделить! Проблема их происхождения также является объектом постоянного внимания ученых, поскольку трудно представить, что такое фантастическое разнообразие видов могло произойти от одного предшественника.

Среди бокоплавов встречаются хищники, фитобентосоеды, трупоеды, каннибалы, детритоеды и многие другие группы специализированных «гурманов». Внешний вид некоторых байкальских гаммарид также необычен. Акантогаммарусы имеют огромные заостренные кили по бокам тела. Предполагается, что помимо защитных функций, эти образования могут выполнять функции «крыльев» при плавании. Некоторые виды этого рода являются одними из наиболее крупных гаммарид не только Байкала, но и других пресных вод. Эти гигантские раки могут обитать и на больших глубинах, при этом тело их обесцвечивается, а глаза уменьшаются в размерах. Улов одного глубоководного траления может составлять несколько десятков килограммов бокоплавов-гигантов, к вящей радости голодных, но неопытных студентов-биологов. Они зачастую отваривают рачков, мечтая полакомиться деликатесом. Но обычно их ждет разочарование: столь аппетитный и крупный рак содержит всего 2–3 грамма мяса, хотя и напоминающего по вкусу крабовое.

*Макрогектопус (Macrohectopus branickii)* — полупрозрачное крупное ракообразное, единственный пресноводный вид гаммарид, обитающий исключительно в водной толще. «Прекрасная половина» у макрогектопусов почти в 4 раза превышает «сильную» по длине тела! Интересно, что самцы при этом в большей степени являются вегетарианцами, а самки — хищниками.

Еще один своеобразный бокоплав — *Spinacanthus parasiticus* — является симбионтом ветвистой губки *Lubomirskia baicalensis*. Причем его уже и бокоплавом-то можно назвать с большим трудом. Во-первых, он плавает редко и очень неуклюже, а его тело всегда, даже если он плывет или передвигается по губке, находится в строго вертикальном положении, а не на боку.

Довольно необычен, хотя и малопривлекателен внешний вид представителей рода *Ommatogammarus*, являющихся трупоедами. Эти глянцево-«тупоголовые» и довольно неразборчивые в пище рачки цвета слоновой кости пожирают трупы байкальских рыб, оставляя за собой чисто обглоданный скелет.

Гаммариды — одна из доминирующих групп большинства донных, а, нередко, и планктонных сообществ. Они являются также основным источником пищи для знаменитых байкальских рыб — омуля и голомянки, и даже — нерпы. Поэтому важность амфипод для экосистемы озера просто трудно переоценить.



Происхождение байкальской фауны: букет гипотез

Одной из наиболее интересных и активно обсуждаемых проблем является возраст байкальской фауны, ее происхождение и зоогеографические связи. В первой трети XX века было предложено три основных гипотезы ее происхождения, основанные на результатах сравнительно-морфологического анализа различных систем орга-



Байкальский омуль, попавший в сети 4–5 дней назад. Из-за шторма сеть не смогли вытащить раньше. Результат: рыба буквально нашпигована пирующими омматогамарусами (фото О. А. Тимошкина)

нов животных. Только во второй половине XX века систематики стали использовать более широкий спектр методов исследования, в том числе цитогенетические, биохимические, сравнительно-эмбриологические и другие.

Первая гипотеза была разработана Л. С. Бергом (1910, 1922 и др.), делавшим акцент на древнем и пресноводном происхождении байкальских организмов. Вторая гипотеза была предложена Г. Ю. Верещагиным (1935, 1940), который также рассматривал байкальскую фауну как очень древнюю, допуская при этом существование морских предков. И, наконец, В. Ч. Дорогостайский (1923), а позднее — Д. Н. Галиев (1955) и Е. И. Лукин (1986) предположили, что фауна озера в основном молодая, и что в действительности в ее составе нет групп, которые можно назвать реликтовыми.

При дальнейшем изучении животных Байкала гипотеза Верещагина о морском происхождении большинства байкальских животных не подтвердилась. Влияние морских предковых форм на байкальскую фауну действительно не могло быть существенным, поскольку озеро никогда не было напрямую связано с какими-либо морями.

Гипотеза о сравнительно недавнем и морском происхождении подтвердилась только в отношении одного из наиболее известных представителей позвоночных Байкала — нерпы (Кожов, 1962; Ламакин, 1964 и т. п.). А вот статус и видовую принадлежность байкальского омуля систематикам, по всей вероятности, придется пересмотреть, поскольку гипотеза о сравнительно недавнем проникновении предков омуля в Байкал из Северного Ледовитого океана не подтвердилась данными молекулярно-биологических исследований (Sukhanova et al, 2000). Не вполне ясными остаются зоогеографические связи некоторых других байкальских организмов, ближайшие родственники которых обитают в морях и солоноватых водах. Поэтому пока нельзя полностью отрицать влияние предков морского происхождения на формирование современного облика байкальской фауны.

Обилие эндемичных таксонов, очень своеобразный внешний вид и необычное внутреннее строение многих эндемиков, а также древний возраст самого озера делали гипотезу о «молодости» байкальской фауны наименее привлекательной для биологов. Тем не менее, именно эндемичные байкальские губки стали первой группой «классических» реликтов, чья «реликтовость» была опровергнута (Ефремова, Гуреева, 1989; Ефремова, 1994). Оказалось, что наиболее известная группа байкальских беспозвоночных, губки Lubomirskiidae, фактически реликтами не являются, но произошли от космополитного семейства пресноводных губок Spongillidae. Этот вывод основывался на данных по морфологии, эмбриогенезу и ультраструктуре клеток, которые у эндемичных и космополитных губок оказались очень сходными.



От более мелкого по размерам бычка-подкаменщика, также попавшего в сети, за это же время остались только «рожки да ножки» (фото О. А. Тимошкина)

Бычок *Cottinella bouleengeri*. В связи с глубоководным образом жизни, он приобрел равномерную, оранжеватую окраску тела и относительно крупные глаза (фото С. Г. Глущенко)



«Молекулярщики» спешат на помощь

Удивительные изменения в общепринятые представления о возрасте байкальской фауны внесла молекулярная биология, поскольку многие группы животных и растений за последние десять лет стали объектами молекулярно-филогенетических исследований. Несмотря на некоторую «разнокалиберность» оценок возраста одних и тех же букетов видов, сделанных на основе сравнения структуры геномов, можно сделать один четкий вывод. А именно: возраст (т. е. время существования с момента дивергенции от общей предковой формы) у большинства эндемичных групп, как правило, оказался гораздо менее древним, чем постулируемый геологами возраст самого озера.

Впервые несколько независимых исследовательских групп подтвердили гипотезу о молодом возрасте байкальских бычков (Слободянюк и др., 1994; Vowmaker et al, 1994, и т. д.). Даже наиболее специализированные из них — голомянки (Compheroridae) — оказались относительно «молодыми» (не древнее 1,5 млн лет). Вслед за этим появились данные о сравнительно молодом возрасте большинства эндемичных родов ресничных червей планарий (Кузнецелов, Тимошкин, Кумарев, 1996), моллюсков байкалиид и бенедиктиид (Zubakov et al., 1997). Существование общего предка всех современных байкалиид также, вероятно, не может быть датировано более ранним сроком, нежели 3 млн лет назад (Sherbakov, 1999).

В любом случае, эндемичные байкалииды Байкала оказались, по крайней мере, в несколько раз моложе, чем

Самки бокоплава-макрогектопуса: вид сбоку и со спины. Самцы у этого вида обычно в несколько раз мельче самок (фото О. А. Тимошкина)



само озеро. Для того чтобы как-то «примирить» новые оценки с популярным мнением о реликтовости и древности этих моллюсков, а также объяснить преобладание современной фауны моллюсков с палеофауной, было сделано допущение о периоде массового, хотя и не тотального вымирания байкальских гастропод (Зубаков 1999).

Идея о «нереликтовой» природе губок Lubomirskiidae также была подтверждена молекулярно-биологическими методами (Itskovich et al, 1998). Поразителен тот факт, что участки исследованного гена у Lubomirskiidae на протяжении около 630 базовых нуклеотидных пар отличаются от аналогичного участка гена у Spongillidae только одной



заменой! Такое количество нуклеотидных замен в некоторых группах животных соответствует межвидовым (изредка — межродовым), но уж никак не «межсемейственным» различиям.

Только у четырех фаунистических групп результатами молекулярно-биологических исследований была подтверждена древность происхождения: у брюхоногих моллюсков рода *Choanophalus*, почти у всех гаммарид,

у хирономид рода *Sergentia* и у части олигохет-люмбрикулид. Причем среди двух изученных букетов видов байкальских Lumbriculidae, первый, постулируемый древним (15–18 млн лет), состоит всего из нескольких видов (Kaigorodova et al, 1997). Зато второй, объединивший большинство современных эндемичных видов этого семейства, оказался молодым («всего» 2–3 млн лет).

Портрет большой голомянки — прожорливой хищницы. На такой «роток» не накинешь платок! (фото О. А. Тимошкина)



#### Параллельная история

Заметим, что возрастные оценки начала расхождения различных эндемичных групп, основанные на молекулярно-биологических данных, резко отличаются друг от друга и колеблются в пределах от одного до нескольких десятков миллионов лет! При этом многие эндемичные семейства, по-видимому, имеют сравнительно молодой или даже очень молодой возраст. Это означает, что глубокие и своеобразные морфологические преобразования, лежащие в основе выделения этих семейств, могли произойти за сравнительно короткий срок. И наоборот, время существования некоторых более близких таксономических групп, объединяемых морфологами в роды, исчисляется миллионами, даже десятками миллионов лет!

Попытки совмещения вышеприведенных оценок возраста с имеющейся палеореконструкцией Байкала (Попова и др., 1989) оставили больше вопросов, чем дали ответов. Как это ни парадоксально, но иногда создается впечатление, что геологическая и биологическая история озера протекала довольно независимо друг от друга.

Например, если признать, что Байкал стал ультраглубоководным только примерно 0,80–0,15 млн лет назад, то этот факт действительно хорошо согласуется с постулируемым началом дивергенции для голомянковых рыб. Но имело ли значение появление больших глубин для ракообразного обитателя водных толщ макрогектопуса, если возраст семейства Macrohectopodidae сопоставим с возрастом самого Байкала (Kamaltynov, 1999)? Если макрогектопус произошел от общих с озерным гаммарусом предков (Sherbakov et al., 1998), то почему он образовался только в Байкале, хотя в течение десятков миллионов лет он практически не отличался по глубинам от любых других озер? Ответа на этот вопрос, как и на многие другие, пока нет.

#### Эволюция — через катастрофы?

В заключение отметим: столь естественная одновременность возрастных оценок говорит о одновременности появления предковых форм в Байкале, или, по крайней мере, — о разном геологическом времени, в котором та или иная группа достигала расцвета или становилась эндемичной для озера. Это означает, что экосистема Байкала динамически развивалась на протяжении всей своей геологической истории. Одни фаунистические группы сменялись на другие, параллельно с периодами взрывного видообразования в той или иной группе существенно менялась и структура самой экосистемы.

Без сомнения, в наших знаниях о закономерностях видообразования все еще есть немало «белых пятен», и возрастные оценки, основанные только на гипотезе «молекулярных часов», не следует рассматривать, как единственно верные. Проблему оценки происхождения и возраста нельзя решить равнозначно для всех эндемиков: каждая группа могла иметь свою собственную, подчас неповторимую историю становления в озере.

Чтобы объяснить парадокс между «молодостью» многих фаунистических групп и древним возрастом озера, большинству ученых приходится использовать традиционный и хорошо известный подход, допускающий, что глобальные геологические катаклизмы ведут к тотальному вымиранию фауны и освобождению многих экологических ниш. Именно катастрофы считаются одной из основных причин «взрывного» видообразования.

Геологические катастрофы должны были приводить к изменению термального и газового режима озера, к образованию ядовитых (например, сероводородных) или аноксидных (безкислородных) зон на дне и т. д. Однако достоверных палеолимнологических указаний на такие явления не найдено до сих пор и факт существования катастроф в масштабах озера не доказан. Правда, обнаружены свидетельства, что небольшие участки дна озера, возможно, испытывали аноксидное воздействие, но подобное явление было локальным и никогда не переходило на территорию всего озера.

«Непопулярная» ранее гипотеза о преимущественно молодом возрасте байкальской фауны получила в последнее время много подтверждений, поэтому ее следует рассматривать как вполне реалистичный сценарий происхождения многих групп организмов. Оказалось, что «Байкальский фаунистический комплекс» с одной стороны, и современная широко распространенная палеарктическая фауна — с другой, гораздо более тесно связаны и не имеют такой глубокой «пропасти» между собой, как полагалось ранее.

Однако, несмотря на все успехи зоологов, систематиков и молекулярных биологов, вместо стройной теории происхождения байкальской фауны у нас «на руках» пока лишь набор гипотез. Нужно работать дальше, собирать факты и свидетельства, которые могут пролить свет на естественную историю и происхождение уникальной фауны такого удивительного феномена природы, как озеро Байкал. Но уже сейчас ясно, что Байкал будет играть все возрастающую роль не только в международной науке об озерах. Открытия, сделанные на его берегах, будут способствовать развитию или забвению многих общепринятых парадигм биологии, геологии и других естественных наук.

#### Литература

- Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна // отв. ред. Тимошкин О. А. — Новосибирск: «Наука», 2001. — Т. 1. — Кн. 1.
- Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна // отв. ред. Тимошкин О. А. — Новосибирск: «Наука», 2004. — Т. 1. — Кн. 2.
- Атлас и определитель пелагиобонтов озера Байкал // отв. ред. Тимошкин О. А. — Новосибирск: «Наука», 1995.
- Кожов М. М. Очерки по байкаловедению. — Иркутск: Восточно-Сибирское книж. изд-во, 1972.
- Kozhov M. M. Lake Baikal and its life. — Dr. W. Junk Publ., Weisbach and van Oye (eds). The Hague. — 1963.



Веками человек воспринимал ледяное царство как безжизненный мир — мир белого безмолвия и застывшего времени. Именно таким предстает образ Севера в известной сказке о Кае и Герде. Зима для нас — это время, когда природа замирает и погружается в сон до весны. Но так ли это на самом деле? Может быть, и нам правильно увидеть действительность мешает осколок волшебного зеркала Снежной королевы?

# Лед — хранитель жизни

Фото В. Короткоручко



**БОНДАРЕНКО** Нина Александровна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологии водных беспозвоночных Лимнологического института Сибирского отделения РАН (г. Иркутск)



**ОБОЛКИНА** Любовь Александровна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биологии водных беспозвоночных Лимнологического института Сибирского отделения РАН (г. Иркутск)



**ТИМОШКИН** Олег Анатольевич — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биологии водных беспозвоночных Лимнологического института Сибирского отделения РАН (г. Иркутск)

Биологическая наука до последнего времени мало интересовалась поисками жизни в условиях холода, так как считалось, что жизненные процессы протекают лишь при положительных температурах. При температуре 0°C вода замерзает, поэтому полагали, что никакие формы жизни не могут быть в ней активными. Они большей частью должны либо погибнуть, либо впасть в состояние анабиоза. Однако постепенно стали накапливаться сведения о пригодности мерзлых сред для жизни. Используя антифризы или находясь в жидких капсулах и капиллярах, организмы смогли приспособиться к суровым условиям существования. Удивительно, но жизнь была обнаружена в высокогорных снегах, арктических и антарктических льдах и ледниках





Пальцевидные полости в толще байкальского льда заполнены талой водой и оранжеватыми колониями динофитовых водорослей

### «Живой» лед

Открытия последнего времени позволили по-иному взглянуть на возможности льда как среды для обитания живых существ. Оказалось, что на вопрос: «Возможна ли жизнь во льду?», можно ответить: «Возможна, да еще какая бурная!».

Это явление впервые было обнаружено в морских льдах в конце XIX века экспедицией Ф. Нансена. Летом 1894 г. знаменитый исследователь и путешественник обнаружил на краях ледяных глыб скопления водорослей, спускающиеся в морскую воду. Сейчас мы многое узнали о полярном «кровавом» снеге, приобретающем эту удивительную окраску благодаря развивающимся в нем организмам, о богатом населении морских льдов Антарктиды и Арктики. Вместе с тем долгое время считалось, что в пресных льдах живые существа функционировать

не могут, поэтому эти льды содержат только вмёрзшие организмы. Предполагалось, что эти существа находятся там в состоянии анабиоза или в стадии покоя (споры, цисты, покоящиеся яйца и т. д.), и могут «оживать» только после таяния льда. В отличие от населения морских льдов эти пресноводные сообщества были выделены в специальный класс, получивший название *анабиоценоз*.

Причина неудач в исследовании жизни в пресных льдах кроется в следующем. Лед является сложной структурой и состоит из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Жидкая фаза морского льда представляет собой насыщенный солевой раствор, образующийся при замерзании морской воды. Он занимает относительно большой объем, заполняя развитую сеть полостей и каналов, и представляет собой хорошо защищенное, специфическое местообитание для живого сообщества.

В отличие от морского пресный лед монолитен. В обычном состоянии его жидкая фаза занимает слишком маленький объем, недостаточный для развития в нем организмов крупнее бактерий. В этом монолитном

(«черном») льду активная жизнь практически отсутствует. Однако в пресных ледовых покровах, где жидкая фаза занимает относительно большой объем (как, например, в снежно-ледовой «каше» Альпийских и Пиренейских озер), недавно было обнаружено ледовое сообщество, в которое входят разнообразные микроорганизмы, водоросли и простейшие.

Хорошо развитая система пор и каналов, заполненных талой водой, возникает между ледяными кристаллами и в рыхлом, тающем льду. Именно в период таяния «черного» льда возникает совершенно необычный биотоп, в котором способны развиваться пресноводные организмы. Кроме того, в период между интенсивным намерзанием и таянием пресного льда его нижняя поверхность может обрастать водорослями, что было впервые обнаружено на реке Амур. Недавно и в байкальском льду нами были обнаружены *криофильные* (греч., *крио* — холод, *фило* — любящий) организмы, успешно размножающиеся в межкристаллической воде. Кстати сказать, до этого ледяной покров Байкала не привлекал к себе пристального внимания исследователей, так как по вышеупомянутым причинам считалось, что жизни там быть не может.

### Байкальские полярники

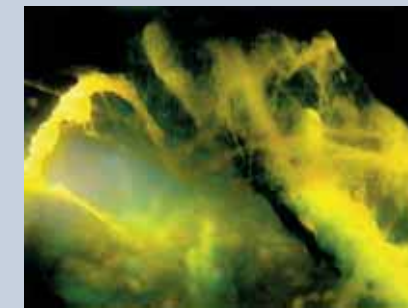
Основными «полярниками» озера являются его *эндемичные* (т. е. живущие только здесь и нигде больше в мире) низшие растения — водоросли. Уже в конце января, когда солнце поднимается выше над горизонтом, чуть-чуть растапливается лед вокруг организмов, вмёрзших при ледоставе. И водоросли начинают размножаться в образовавшихся водных «оазисах». Поглощая солнеч-

ную энергию, они способны затем и сами «плавить» лед вокруг себя.

Весной, когда солнце щедро дарит свое тепло пробуждающейся природе, эти вкрапления жизни создают внутри байкальского льда причудливые структуры. Водоросли, заселяющие вертикальные капилляры льда, свисают в воду в виде различных слизистых шнуров или «бород». Другие образуют в ледяной толще своеобразные «вазы», «бокалы» или «колбы», заполненные плотными слизистыми скоплениями бурого цвета. В слизи водорослей обитают разнообразные бактерии. Размножаясь и заполняя собой все новые объемы талой воды, водоросли, в конце концов, пронизывают всю метровую толщу льда и выпадают в подледную воду, продолжая там свое развитие.

Буйство жизни во льду и сразу под ним в это время — необычайное. На агрегациях водорослей «пасутся» разнообразные байкальские животные. В этих ледовых «джунглях» снуют туда-сюда деловитые инфузории и коловратки, скапливается молодь знаменитого байкальского рачка *эпишуры*, и даже мальки рыб и донные *бокоплавы* находят тут для себя кров и пищу.

И в крошащемся под весенним солнцем байкальском льду жизнь не прекращается, достигая апогея в апреле–мае. В это время длинные водоросли, свисающие с нижней поверхности льда, обрываются под влиянием подводных течений и собственной тяжести. Подобно мягким снежным хлопьям, они медленно оседают на дно. Обитатели дна, «раскрыв рты», ловят эту «манну небесную». На освободившейся нижней поверхности льда с большой скоростью развиваются все новые и новые группировки водорослей. Не менее двух–трех урожаев таких ледовых «грядок» оседает в прибрежье озера в течение полутора–двух весенних месяцев, поставляя обильный корм донным животным. Колонии водорослей в ледовых «бока-



Нитевидные колонии диатомовых водорослей свисают с нижней поверхности льда в воду в виде огромных длинных слизистых шнуров и «бород» длиной от нескольких десятков сантиметров до 2–3 метров. Под влиянием подводных течений и своей тяжести они обрываются и медленно оседают на дно, поставляя обильный корм донным животным

лах», разрастаясь и увеличиваясь в весе, постепенно опускаются (прогибаются) до нижней поверхности льда, способствуя его разрушению.

После таяния льда все ледовые организмы попадают в толщу воды, где затем живут длительное время и являются кормом для свободно живущих видов животных. По мере прогревания верхнего слоя воды водоросли постепенно оседают на дно озера, окутывая его огромными слизистыми «покрывалами». Осенью ледовые растительные организмы снова возвращаются на «зимовку» — годовой цикл замыкается, и все повторяется вновь.





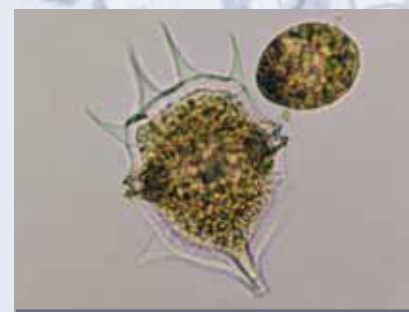
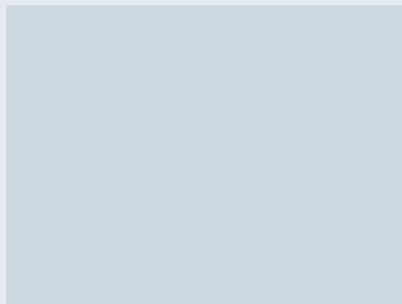
Кто и как живет во льду

В разные годы в системе пор и микротрещин тающего байкальского льда развиваются разные сообщества. Их структура зависит от состава массовых видов водорослей, обитающих в толще воды. К настоящему моменту нами выделены два варианта: первый — на основе эндемичных *динофитовых* водорослей родов *Gymnodinium* и *Peridinium*; второй — на основе эндемичных *диатомовых* водорослей рода *Aulacoseira*. Общее количество водорослей-криофилов, обитающих во льду толщиной 60–70 см, часто на два-три порядка превышает численность этих видов в подледном планктоне! Обращает внимание также очень неравномерное распределение этих сообществ в самом льду.

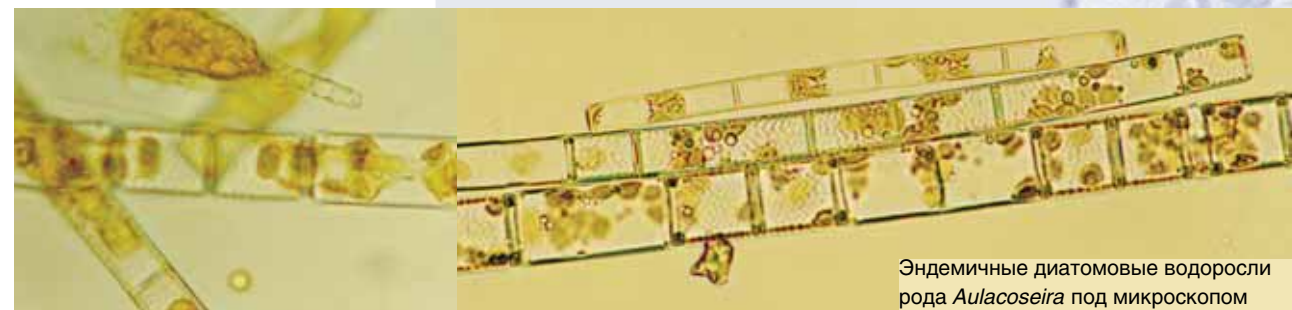
Любопытно, что в торосистой части, на неровной поверхности льда, в различных впадинках и трещинках развиваются преимущественно крупные донные водоросли, а не планктонные. Этот удивительный «лес» в изобилии заселяется и донными беспозвоночными животными.



Эндемичные динофитовые водоросли родов *Gymnodinium* и *Peridinium* под микроскопом

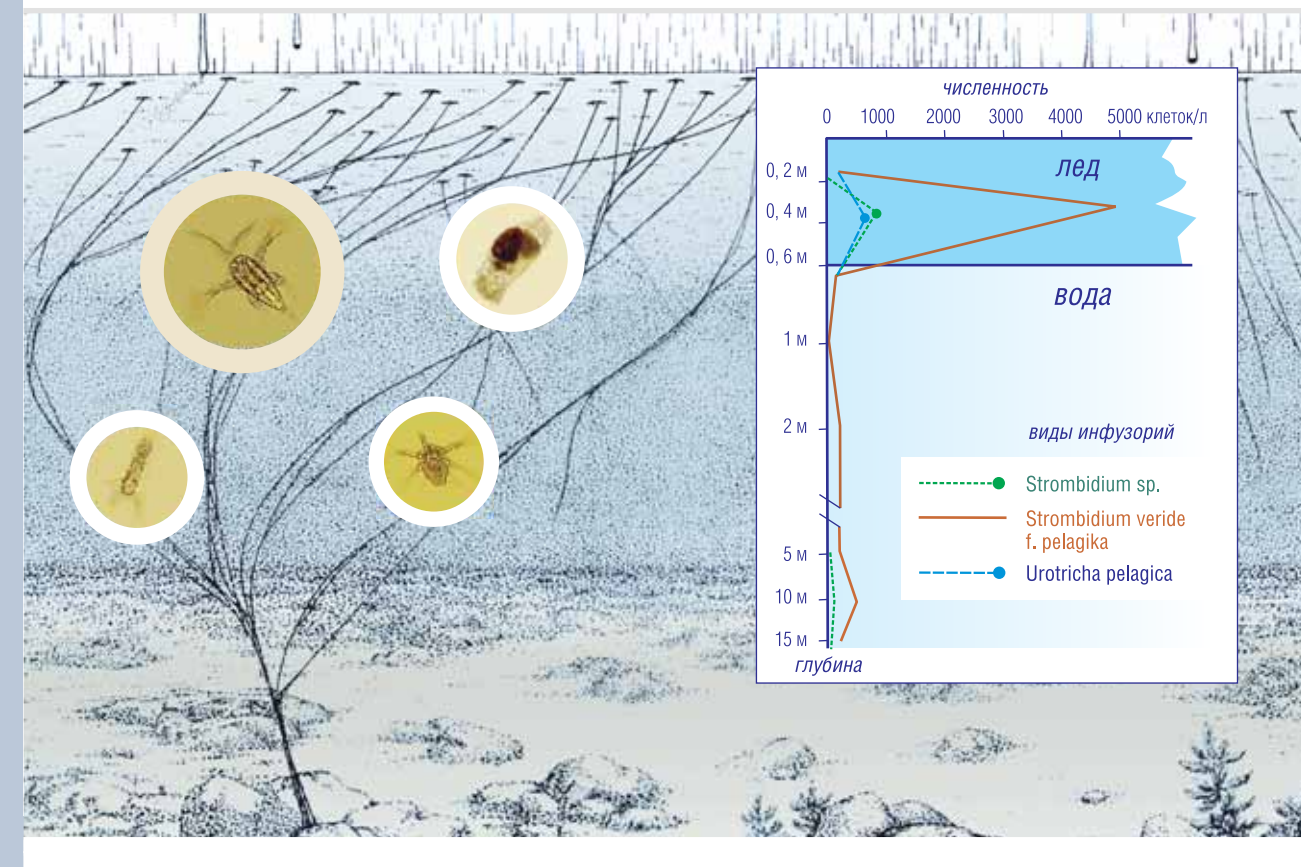


По основным структурным характеристикам ледовые сообщества Байкала похожи на сообщества организмов морского льда. В обоих случаях наблюдается выраженная ярусность вертикального и неравномерность горизонтального распределения организмов. Одни и те же или близкие роды водорослей, жгутиковых и инфузорий доминируют как в морском, так и пресном льду. Похож и состав других групп организмов, входящих в сообщества. Удивительно, что хотя среды их обитания достаточно полярны — соленая морская и практически дистиллированная талая байкальская вода — различия между членами морских и пресноводных сообществ существуют лишь на видовом уровне.



Эндемичные диатомовые водоросли рода *Aulacoseira* под микроскопом

Численность водорослей-криофилов и простейших в ледовых сообществах часто на порядки превышает численность этих же видов в подледной воде (по Оболкиной, 1999)



На Байкале можно открывать не только новые виды, роды и семейства, но даже — новые сообщества организмов!

Тем не менее, некоторые принципиальные различия между сообществами все же имеются. В первую очередь следует отметить относительную краткость, эфемерность существования сообществ в пресноводных льдах. Во-вторых, в пресной воде сообщества, обитающие в микротрещинах и на нижней поверхности льда, разнесены во времени. Вначале, пока лед еще монолитен, развиваются только обрастания, затем, по мере таяния льда, появляются сообщества в самой ледовой толще. В морском же льду все эти сообщества сосуществуют одновременно. Кроме того, в морских системах обнаружены специфические виды, которые живут только в криофильных сообществах. Несмотря на то, что почти половина видов, заселяющих байкальский лед, являются эндемиками, специфических криофильных видов, кроме бактерий, в Байкале не обнаружено.







Среди обитателей байкальских ледовых «лесов» — эндемичные виды бокоплавов *Pallasea cancellus* и *Eulimnogammarus*



### В ледовых объятиях

Основным поставщиком (донором) для эфемерных ледовых сообществ Байкала служит *планктон* озера (жители его толщи) и *бентос* (обитатели дна). Как показали наши эксперименты, главным из трех возможных путей заселения байкальского льда для сообществ микротрещин является *пагон* (вмерзшие в лед организмы, находящиеся в состоянии анабиоза или в стадии покоя), а для сообществ нижней части льда — подледная вода.

Колонизация через атмосферу не играет большой роли. Однако поступления неорганического и органического вещества с атмосферными осадками и с помощью ветра могут довольно сильно влиять на химический состав среды, в данном случае — талую воду. В отличие от морей лед и талая вода в Байкале настолько слабо минерализованы и бедны органикой, что близки по составу к чистой дистиллированной воде. Поэтому источники питания для столь обильного сообщества при столь бедной окружающей среде остаются под вопросом.



Эффект «двойного дна»: нижняя сторона торосного льда заселяется микроорганизмами и водорослями. Они служат кормом для «подледного» зообентоса, состоящего, в основном, из бокоплавов

Кажется невероятной и пока необъяснимой удивительно высокая скорость развития ледовых водорослей и простейших в байкальских ледовых сообществах. В литературе мы нашли лишь одно упоминание о подобном явлении в морских сообществах, к тому же допускающее двоякое толкование. Факт же ускоренного развития криофилов на Байкале не вызывает сомнений, поскольку ежедневный прирост колоний ледовых водорослей можно измерять чуть ли не в сантиметрах. И это происходит при почти полном отсутствии питательных веществ и температуре, близкой или равной нулю! Может быть, здесь сказывается пресловутый «феномен талой воды»? А может быть, в этих эфемерных сообществах приводятся в действие некие регуляторные механизмы (клеточные или популяционные) подобно тому, как это происходит в пустынях в сезон дождей, или в короткое полярное лето?

Открытие в ледяном покрове Байкала ранее скрытой бурной жизни поставило много вопросов, и не только перед биологами. Каковы физико-химические особенности среды обитания в пресном льду, который, на первый взгляд, лишен всех необходимых для жизни питательных веществ? В чем состоит особая притягательность капиллярной воды для организмов? И, наконец, как изучать биологические процессы в этой среде? На все эти вопросы пока нет исчерпывающих ответов. Но сама проблема настолько интересна и многообещающа, что требует привлечения широкого круга специалистов разного профиля: физиков, цитологов, физиологов, медиков.

Важное открытие недавно было сделано и в далекой Антарктиде. Под российской станцией «Восток» в ледяном панцире была пробурена скважина глубиной 4 км. В кернах льда, возраст которого насчитывает миллионы лет, были обнаружены живые микроорганизмы. Каким образом в таких условиях и на протяжении столь длительного времени они смогли сохранить жизнеспособность?

Еще много загадок хранит лед. Одну из них, самую важную, человеку удалось разгадать. Лед — не безжизненное царство жестокой Снежной королевы. Он — кладовая биоразнообразия, бережный Хранитель жизни. Жизни, которая процветает в теплых объятиях льда...

В статье использованы фотографии О. А. Тимошкина





Фото П. Репсторфа



Татьяна СИТНИКОВА,  
Петер РЕПСТОРФ

# Эти МОЛЛЮСКИ живут только В БАЙКАЛЕ



СИТНИКОВА Татьяна Яковлевна — доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории водных беспозвоночных Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск)



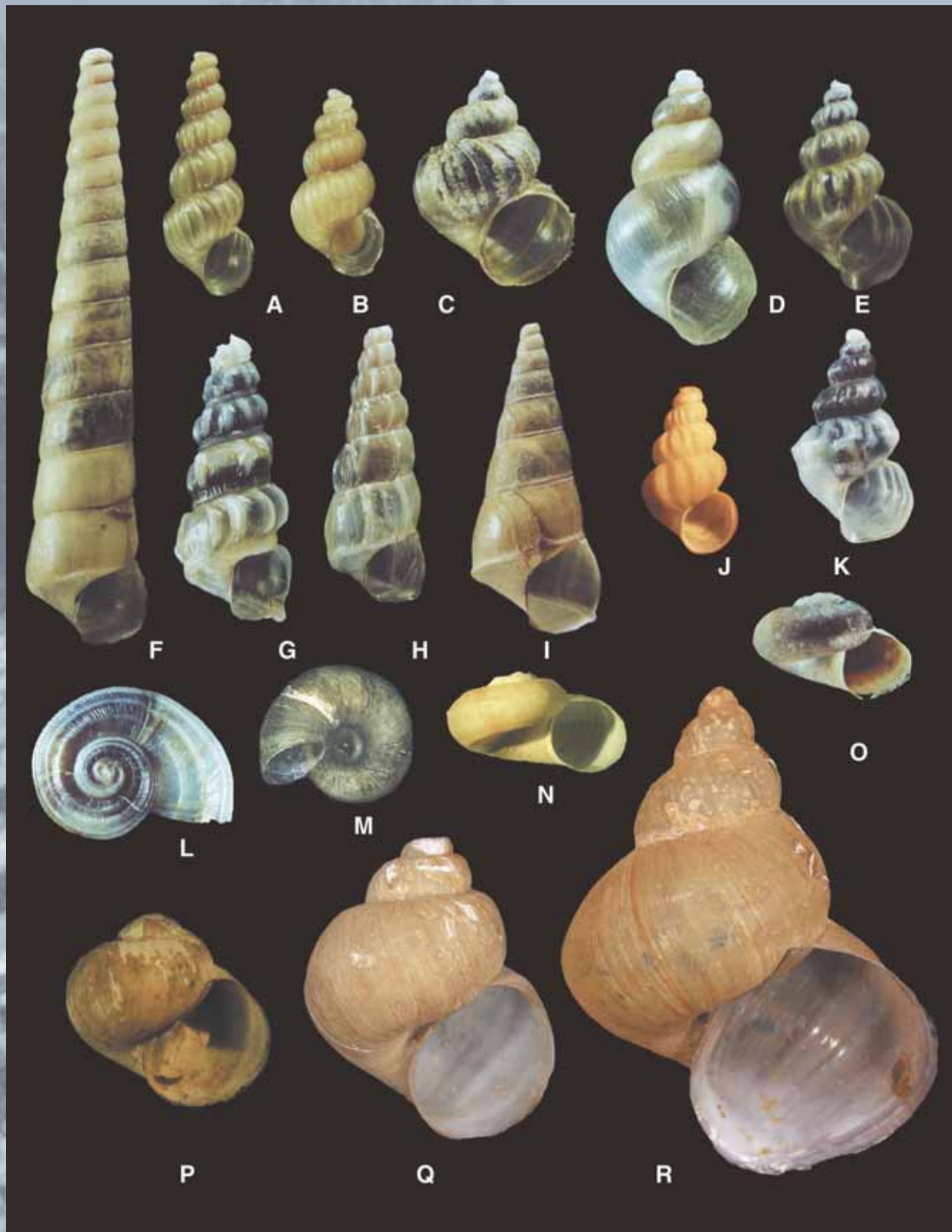
Петер РЕПСТОРФ — кандидат биологических наук, научный сотрудник Института геологических наук (отделение палеонтологии) при Свободном Университете (г. Берлин). Работал на Байкале в совместном проекте с ЛИИ СО РАН

В Байкале обитает 180 видов моллюсков, принадлежащих двум классам: брюхоногих (Gastropoda) и двустворчатых (Bivalvia). При этом наблюдается интересный феномен: палеарктические виды моллюсков, живущих в других водоемах северного полушария, как правило, в Байкал не внедряются. Они встречаются только в его мелководных участках бухт и заливов. И наоборот, байкальские моллюски не распространяются за пределы озера, если не считать скромное число видов, населяющих вытекающую из Байкала Ангару.

Большая часть байкальских моллюсков — 79 % брюхоногих и 52 % двустворчатых — являются **эндемиками**, т. е. нигде в мире больше не встречаются! «Чемпионами» по числу видов являются брюхоногие, они же составляют и значительную часть всей биомассы обитателей байкальского дна. Байкальские Gastropoda представлены двумя эндемичными семействами переднежаберных — Baicaliidae и Benedictiidae, и тремя семействами — разножаберные (Valvatidae) и легочные (Planorbidae, Acroloxidae) — включающими эндемичные роды, которые и станут объектом нашего внимания.







#### ХЛЕБА И ...

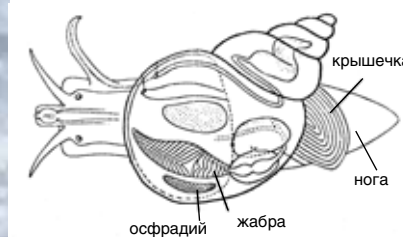
Что бы мы ни думали о высоких материях, но основными, жизненно важными функциями любого организма являются вполне «приземленные» — питание и размножение. Как и чем питаются, как плодятся байкальские улитки, и отличаются ли они по этим функциям от гастропод других водоемов нашего полушария?

В отношении способа питания моллюски проявляют немалую изобретательность. Например, виды семейства Valvatidae являются факультативными фильтраторами. Они достаточно быстро передвигаются по субстрату и с помощью ресничек, окружающих ротовые губы и ротовое отверстие, как «пылесос» собирают со дна пищевые частички.

Представители других семейств — Benedictiidae, Planorbidae и Acroloxiidae — просто пасутся на дне, соскребая пищу с твердого субстрата. А вот для того, чтобы понять, каким образом питаются байкальи (сем. Baicaliidae), необходимо вкратце ознакомиться с общим строением переднежаберных моллюсков.

Кстати сказать, свое название они получили потому, что дышат жаброй, находящейся, соответственно, на переднем крае тела. Вода поступает в мантийную полость моллюска благодаря биению ресничек по краю мантии и жабры, состоящей из жаберных лепестков. Справа от жабры лежит **осфрадий** — орган чувства, распознающий химический состав воды. Если эта «мини-лаборатория» установит, что вода не пригодна для дыхания, — моллюск прячется внутрь раковины и закрывается крышечкой, находящейся на верхней стороне ноги. В случае «положительного анализа» вода проходит в мантийную полость и затем выбрасывается наружу с другой стороны. При этом различные частички, находящиеся в воде, обволакиваются слизью, вырабатываемой специальной железой, и затем также «выбрасываются» наружу, что характерно для большинства переднежаберных моллюсков. Но только байкальи среди всех байкальских гастропод являются настоящими «гурманами»! Если попавшая взвесь оказывается «вкусной», в мантийной полости формируются особые слизевые шнуры с пищей, которые проходят по ресничному желобку справа от **рострума** ко рту и затем поедаются.

Раковины байкальских брюхоногих эндемичных моллюсков различаются формой, размерами и скульптурой:  
 A — *Godlewskia wrzesniowskii*;  
 B — *Pseudobaicalia pulla tenuicosta*;  
 C — *Teratobaicalia macrostoma*;  
 D — *Korotnewia semenkevitschi*;  
 E — *Maackia herderiana*;  
 F — *Godlewskia pulchella*; G — *Baicalia dybowskiana*; H — *B. carinatocostata*;  
 I — *B. carinata*; J — *Pseudobaicalia pusilla*; K — *Maackia variesculpta*;  
 L — *Megalovalvata piligera*;  
 M — *M. baicalensis* (вид со стороны пупка); N — *M. demersa*;  
 O — *Choanomphalus maacki*;  
 P — *Kobeltocochlea olchonensis*;  
 Q — *Benedictia maxima*; R — *B. fragilis*  
 (A–I, K, L, O — фото С. Дидоренко, M — фото К. Nakai, J, N, P–R — фото Т. Ситниковой)



Основной план строения переднежаберных брюхоногих моллюсков (Иванов, 1940)



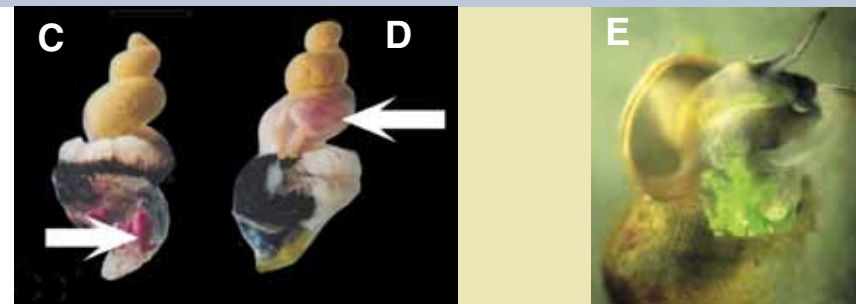
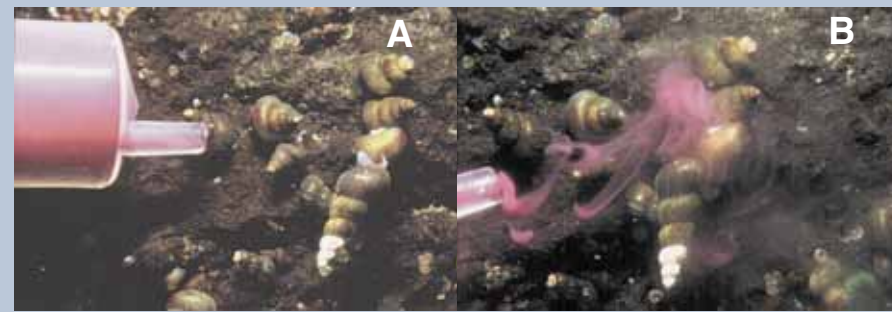
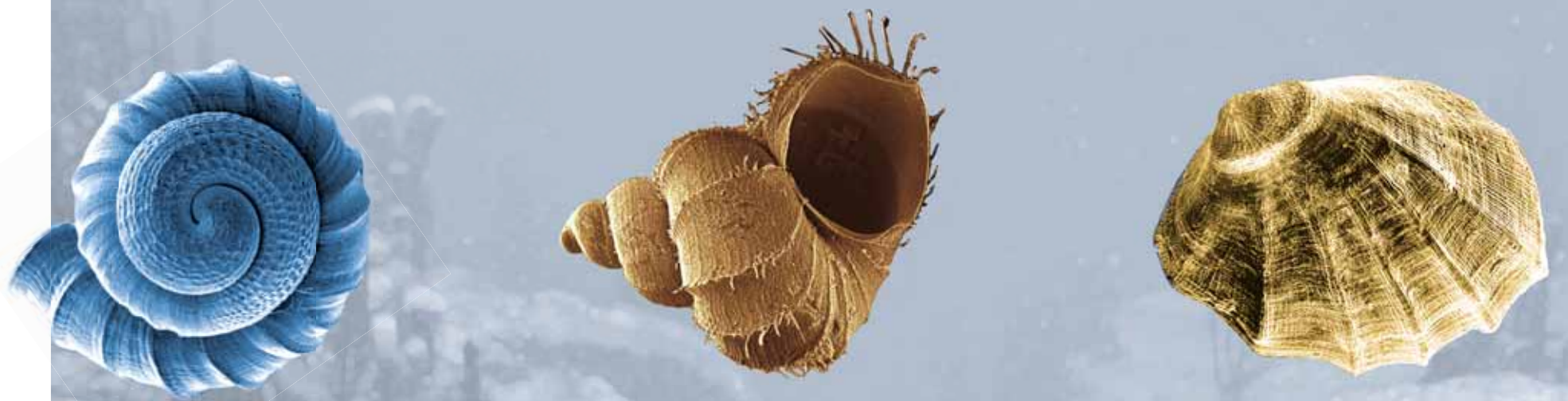
**БРЮХОНОГИЕ ЗУБАСТИКИ**

Захват пищи у всех брюхоногих моллюсков происходит одинаково — с помощью **радулы**. Сама радула по внешнему виду больше всего напоминает обычную терку. Это своеобразный орган пищеварительной системы, лежащий в глотке и состоящий из длинной ленты зубов. У разных моллюсков количество поперечных зубных рядов и число зубов в ряду также различается. Зубы переднего края радулы со временем изнашиваются, но в этом смысле моллюскам повезло! Им не требуется помощь стоматолога: по мере разрушения зубы замещаются новыми, образующимися в особом радулярном влагалище.

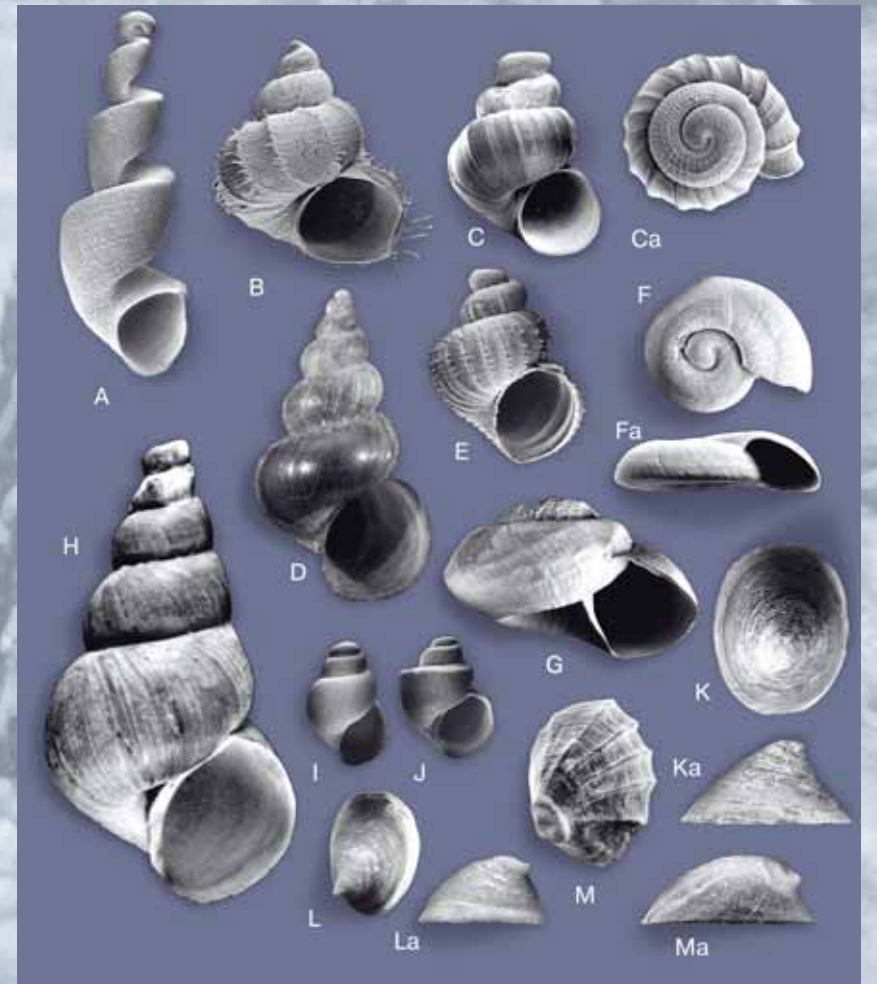
Из чего же состоит «меню» байкальских гастропод? Следует заметить, что о вкусах они не спорят. Так, два вида (*Megalovalvata baicalensis* и *Kobeltocochlea martensiana*) питаются тем, что осаждается на поверхности зеленых губок. При этом вместе с кормом в виде различных водорослей, главным образом диатомовых, и небольшого количества инфузорий в желудок моллюсков поневоле попадает и большое количество спикул губок.

Для того, чтобы подтвердить наблюдаемый в лабораторных условиях механизм потребления пищи у байкалийд, проведено кормление *Baicalia turriformis* непосредственно в Байкале. А–В — впрыскивание водолазом подкрашенного раствора дрождей в воду рядом с особями;

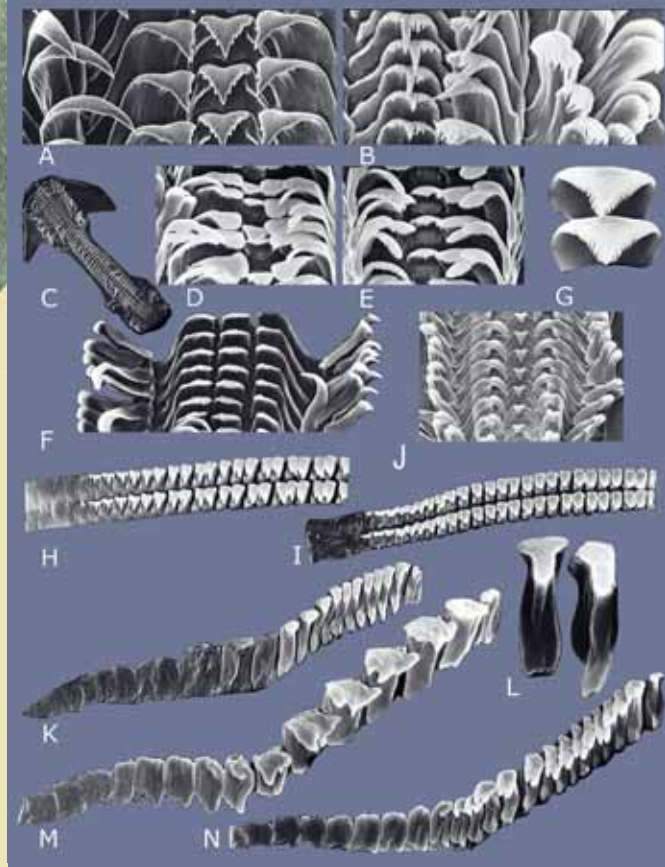
С — вскрытая особь через 5 минут после кормления, подкрашенная взвесь находится в глотке и пищеводе; D — через 20 минут, подкрашенная взвесь находится уже в желудке; E — кормление *Chlorella sp.* (фото П. Репсторфа)



Раковины байкальских эндемичных брюхоногих моллюсков:  
 A — *Liobaicalia stiedae*;  
 B — *Teratobaicalia ciliata*;  
 C — *Yaroslaviella eximia*;  
 Ca — *Yaroslaviella eximia* (вид сверху);  
 D — *Maackia costata*;  
 E — *Teratobaicalia duthiersii*;  
 F — *Choanomphalus planorbiformis*;  
 Fa — *Choanomphalus planorbiformis* (вид сбоку);  
 G — *Ch. maacki*; H — *Parabaicalia florii*;  
 I — *Baikaliella clandestina*;  
 J — *B. humerosa*;  
 K — *Gerstfeldtancylus kozhovi* (вид сверху); Ka — *G. kozhovi* (вид слева);  
 L — *Pseudancylastrum beckmanae* (вид сверху);  
 La — *P. beckmanae* (вид слева);  
 M — *Baicalancylus boettgerianus* (вид сверху);  
 Ma — *B. boettgerianus* (вид слева) (фото П. Репсторфа)

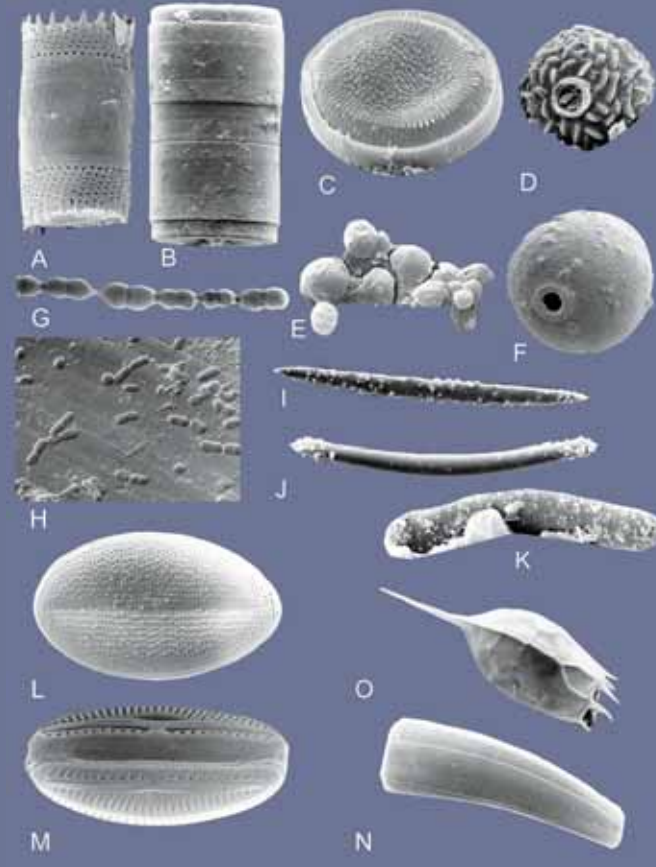
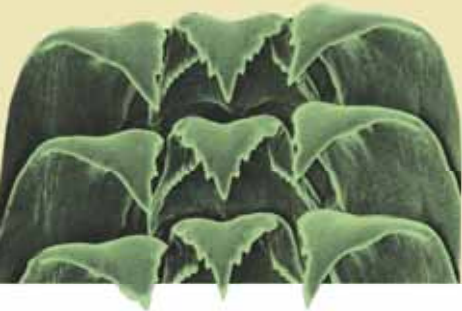






На фотографии изображены зубы радулы байкальских эндемичных моллюсков так, как они выглядят в сканирующем электронном микроскопе:  
 A — *Benedictia baicalensis*; B — *Megalovalvata demersa* (Valvatidae); C, F — *Liobaicalia stiedae* (C — внешний вид всех зубов радулы); D — *Maackia costata*; E — *M. herderiana*; G — *M. bythiniopsis* (Baicaliidae); H — *Choanomphalus amauronius*; I — *Ch. maacki* (Planorbidae); J — *Benedictia fragilis* (Benedictiidae); K — *Baicalancylus kobelti* (половина поперечного зубного ряда); L — *B. kobelti* (центральный и первый латеральный зубы); M — *Pseudancylastrum sibiricum*; N — *Gerstfeldtancylus renardii* (Roepstorf et al., 2003)

Радула вальватид, бенедектиид и байкалиид состоит из 7 зубов в поперечном ряду, а у планорбид и акролоксид количество зубов в поперечном ряду может быть более 50, при этом по бокам от центрального единственного зуба располагаются в зеркальном порядке остальные зубы



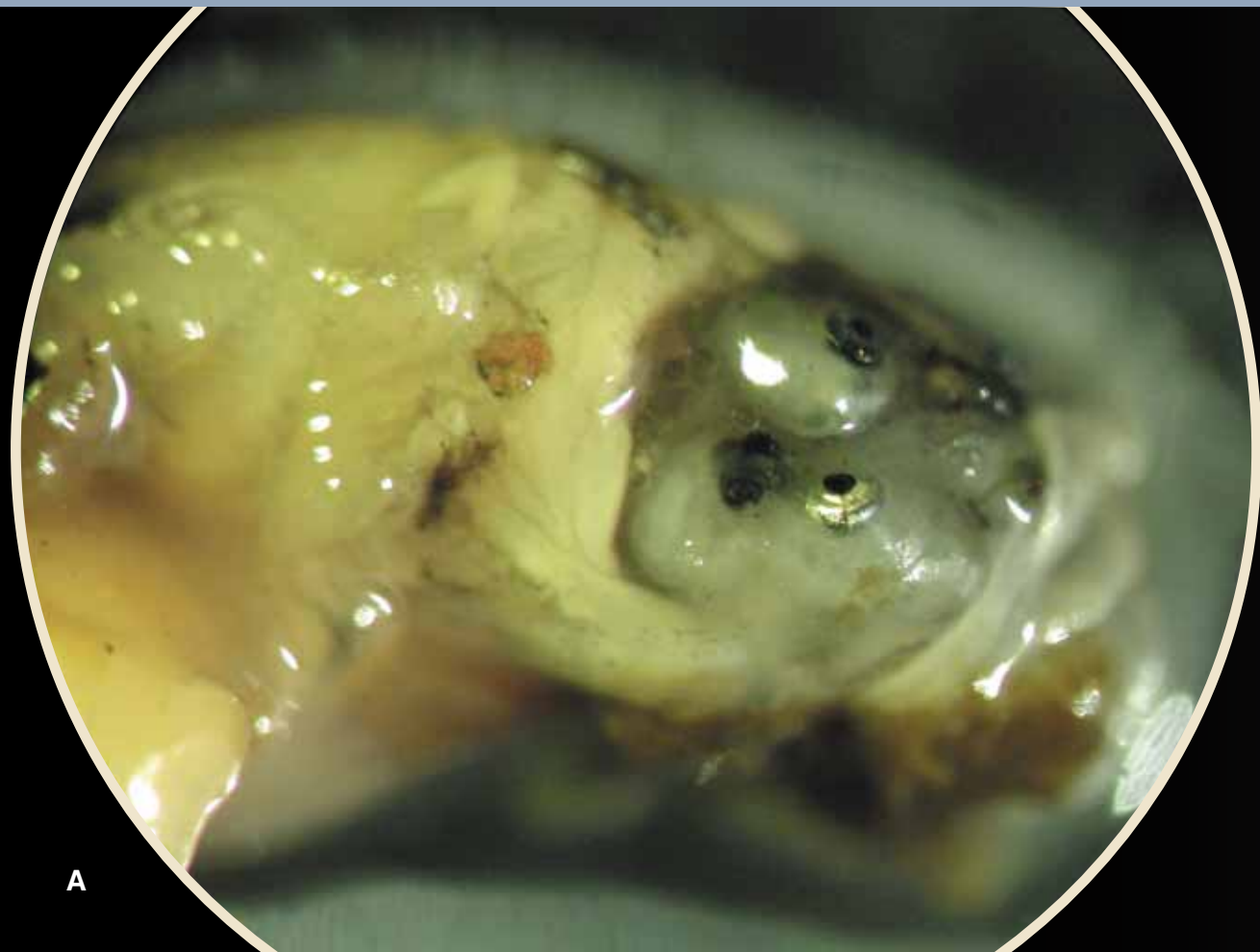
«Меню» байкальских гастропод (фото в электронном сканирующем микроскопе):  
 A–C — планктонные диатомовые водоросли:  
 A — *Aulacoseira subarctica*;  
 B — *Ellerbeckia teres*; C — *Cyclotella minuta*;  
 D и F — цисты золотистых водорослей;  
 E — колония зеленых водорослей; G — дрожжи;  
 H — бактерии;  
 I, J, K — спикулы губок;  
 L–N — бентосные диатомовые водоросли:  
 L — *Cocconeis placentula*;  
 M — *Amphora ovalis*; N — *Rhicosphenia curvata*;  
 O — планктонная коловратка *Keratella quadrata* (Roepstorf et al., 2003)



Моллюски, питающиеся на губках (Фото П. Репсторфа)







А



Б

Зеленый улотрикс (Б) и мальки рыб (А) в желудке бенедиктии (фото О. Тимошкина)



Интересно, что родственник *M. baicalensis* — *Megalovalvata demersa*, обитающий на песчаных и каменистых грунтах, предпочитает питаться на свободных от губок пространствах. Почти половину его «обеда» составляют диатомовые и золотистые водоросли.

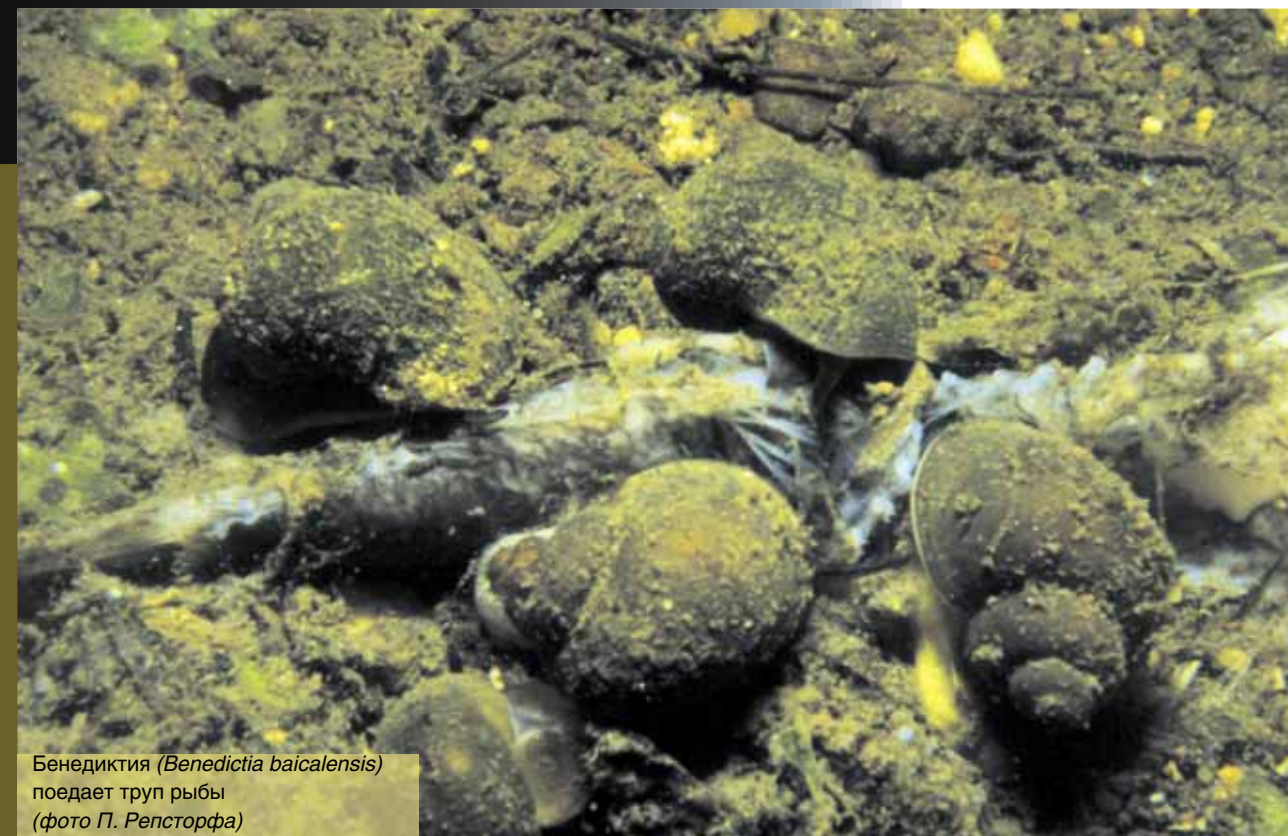
Основным «блюдом» байкалиид являются планктонные диатомовые водоросли (до 90 % желудочного содержимого). «Меню» дополняют цисты, отдельные клетки и колонии других водорослей, коловратки, инфузории, микроорганизмы. Иногда в их желудочном пищевом комке встречаются и спикулы губок. При этом у видов, населяющих мягкие грунты, наблюдаются сезонные изменения в «меню», а у обитателей твердых грунтов пища круглый год достаточно однообразна.

В отличие от байкалиид некоторые виды бенедиктиид являются поистине всеядными. Они способны поедать все, в том числе детрит (мертвую органику из донных отложений), растительную и даже животную пищу — мальков и разлагающиеся трупы рыб. У байкальских моллюсков-гигантов с высотой раковины 30–40 мм, способных вырвать кусок ткани из тела мертвой рыбы,

ротовой аппарат выглядит устрашающим. Зубы радулы у них лишены мелких зубчиков и имеют вид длинных острых крючьев.

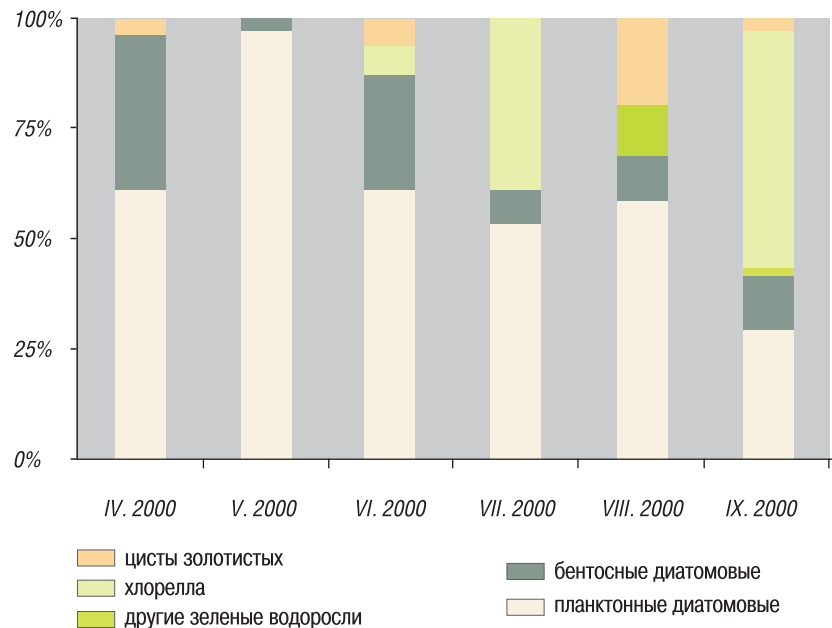
В отличие от переднежаберных легочные брюхоногие моллюски дышат не жабрами, а легкими, приспособленными усваивать кислород из водной среды. Эти медленно передвигающиеся по субстрату улитки питаются в основном донными диатомовыми водорослями.

К чему же приводят такие разнообразные и, по сути, непритязательные пищевые привычки? Благодаря фильтрующему способу питания многочисленные виды байкалиид используют самый обильный и доступный в Байкале источник питания — планктонные водоросли.



Бенедиктия (*Benedictia baicalensis*) поедает труп рыбы (фото П. Репсторфа)





Скребущие же виды моллюсков собирают пищу разными способами и с самых разных мест (губок, скал, песка). Результат — в одном месте обитания могут мирно уживаться более двадцати видов брюхоногих моллюсков, принадлежащих к различным семействам! И всем в Байкале хватает пищи.

Пример сезонной динамики компонентов пищевого комка у байкалиид. Вид *Liobaicalia stiedae*, населяющая песчаную литораль у пос. Култук (по Roepstorf, Sitnikova, 2003)

### СНЕСЛА ГАСТРОПОДА ЯИЧКО, ДА НЕ ПРОСТОЕ

Разделение на «прекрасную» и «сильную» половины у брюхоногих моллюсков весьма условно. Бенедиктииды и байкалииды являются раздельнополыми животными. Зато представители других семейств (вальватиды, планорбиды и акролоксиды) — гермафродиты, исповедующие принцип «два в одном». У таких особей в принципе возможно самооплодотворение. Однако в природе этого обычно не происходит, поскольку чаще всего сначала у моллюска созревают мужские половые продукты, и только потом — женские. К сожалению, подробностей «интимной» жизни байкальских брюхоногих известно крайне мало. Каким образом находят друг друга для спаривания особи одного вида, существуют ли у них «брачные игры» — пока неизвестно. Известно только, что копуляция у большинства видов происходит в весенне-летний период. Образующиеся «любвные» пары так тесно прикрепляются друг к другу, что порой их очень трудно разъединить.

Все брюхоногие моллюски Байкала — яйцекладущие, причем внешний вид кладок у каждой группы весьма своеобразный. Например, у вальватид кладка представляет собой овальный мешочек, содержащий до 40 и более яиц, покрытых оболочкой и соединенных между собой особыми нитями. Перед выходом «молодежи» капсула лопается по боковому шву. Кладки планорбид и акролоксид содержат меньше яиц — до 10–12-ти.

У первых перед выходом молодежи капсула открывается сверху, как крышечка консервной банки, а вот юным акролоксидам приходится самим прогрызать себе выход на свет.

Байкалииды и бенедиктииды откладывают капсулы, содержащие только один эмбрион. Форма и цвет кладок различны: гладкие и морщинистые, темные и светлые, в виде линзы, подушечки, чашечки...

Главное, что объединяет всех байкальских брюхоногих — настоятельная потребность в твердом субстрате для прикрепления яиц. И тут уж приходится выкручиваться — где только не встретишь кладки вездесущих гастропод! Моллюски, обитающие на мягких грунтах, прикрепляют яйца на раковины особей как своего, так и чужого вида, на частички песка, гальку, затонувшие куски древесины. На скальных и каменистых породах кладки можно встретить у оснований губок, в пустых домиках ручейников, на гладких поверхностях, в щелях и ямках валунов, а также между колониями сфероностока. Чаще всего байкалииды и бенедиктииды откладывают одиночные капсулы, у некоторых видов кладка состоит из нескольких яиц, а несколько видов рода *Benedictia* создают настоящие «гнезда», состоящие из 100 и более яйцевых капсул, отложенных несколькими самками.

Пик размножения у байкальских улиток приурочен к летнему времени (июнь–июль). Однако в отличие от других пресноводных улиток северного полушария кладки байкальских гастропод можно находить практически круглый год. Еще одна удивительная особенность: молодежь байкальских моллюсков может «вылупляться» в течение довольно длительного времени (от 3 до 12-ти месяцев после откладки яиц), тогда как у обычных пресноводных улиток — уже через 3–4 недели!

Продолжительность эмбриогенеза определяется сезонной изменчивостью температуры придонного слоя воды, где обитают улитки. Поэтому быстрее всего развиваются эмбрионы из кладок, отложенных в начале лета, но в целом выход молодежи очень растянут. Интересно, что пики выхода молодежи некоторых близкородственных видов не совпадают. Подобная одновременность, вероятно, уменьшает конкуренцию за пищевые ресурсы, качество и количество которых также подвержено сезонным колебаниям.

### В ТЕСНОТЕ, ДА НЕ В ОБИДЕ...

Изучая образ жизни брюхоногих моллюсков, мы обнаружили большие различия между байкальскими и палеарктическими видами, живущими в обычных, неглубоких озерах северного полушария.

Поскольку даже в летнее время вода в Байкале достаточно холодна, развитие эмбрионов происходит медленно, да и растут улитки долго. Поэтому, чтобы достигнуть зрелого возраста, им нужен не один год, зато у некоторых палеарктических видов за теплый сезон успевает появиться одно–два поколения!

Улитки из обычных пресноводных водоемов предпочитают питаться



*Benedictia fragilis*. Один из самых больших видов. На раковине находятся яйцевые капсулы, отложенные другими самками (фото П. Репсторфа)



Копулирующая пара акролоксид (фото О. Тимошкина). У акролоксид отмечено несколько типов копуляции\*: I тип — «раздельнополая» или односторонняя копуляция, при которой один из копулирующих моллюсков выступает как «самец», второй — как «самка»; II тип — копуляция цепочкой, при которой моллюск, находящийся на одном краю цепочки выступает как «самец», моллюск на другом конце цепочки — как «самка»; особи, находящиеся между ними, выступают как «самец» и «самка» одновременно. Число особей в цепочке составляет 3–4.

\* Типы копуляции приведены по классификации Г. В. Березкиной и Я. И. Старобогатова (1988)



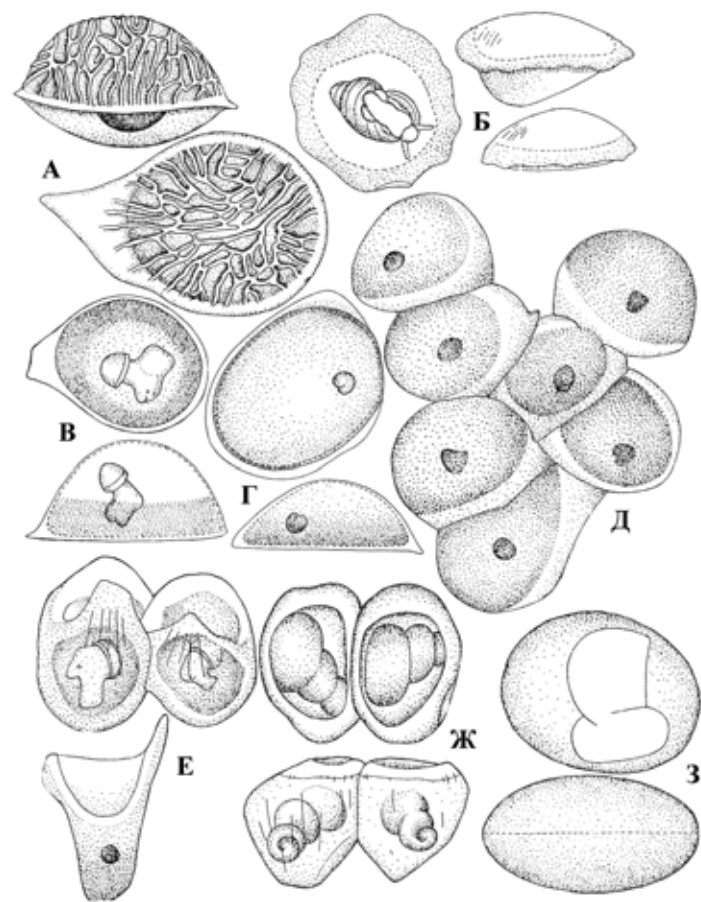
Кладка *Megalovalvata demersa*,  
содержащая несколько яиц  
(фото П. Репсторфа)



Яйцевая капсула и вылупившийся  
моллюск *Baicalia carinata* (Baicaliidae)  
(фото П. Репсторфа)



Кладки эндемичных  
родов акрококсовид  
*Pseudancylastrum*  
и *Gerstfeldtancylus*  
(фото П. Репсторфа)



детритом и высшей водной растительностью, а все байкальские гастроподы в той или иной степени перешли на самый доступный источник пищи — одноклеточные водоросли, обитателей водной толщи и дна. К тому же среди палеарктов отсутствуют виды-трупоеды.

Такие особенности образа жизни байкальских эндемичных моллюсков сближают их скорее с морскими, нежели пресноводными палеарктическими брюхоногими. Как и в морях, древние по происхождению байкальские улитки смогли пережить неблагоприятные для них периоды изменений климата, оледенения,

Яйца байкалид:  
А — *Maackia bythiniopsis*;  
Б — *Teratobaikalia ciliate*;  
В — *Pseudobaikalia zachwatkini*;  
Г — *Liobaikalia stiedae*;  
Д — *Parabaikalia oviformis*;  
Е — *Baicalia turrimiformis*;  
Ж — *B. dybowskiana*;  
З — *Teratobaikalia macrostoma*  
(Sitnikova et al., 2001)

повышения тектонической активности. Ныне живущие гастроподы заняли все возможные биотопы Байкала, в том числе и находящиеся на больших глубинах. В Байкале, как и в морях, улитки могут обитать на глубинах свыше 400 м, а один вид был обнаружен даже на глубине свыше 1000 м.

А уж в зоне байкальского мелководья моллюски просто поражают своим обилием и разнообразием. Чтобы удостовериться в этом, достаточно лишь взглянуть на байкальское дно в каньоне Жилище, где на квадратном метре комфортно разместилось более 60 тысяч вполне довольных жизнью брюхоногих!



Гастроподы  
в каньоне Жилище  
(фото П. Репсторфа)



Краткие сведения  
о **первых** исследователях  
малакофауны Байкала

Первые байкальские моллюски попали в руки ученых в середине XIX столетия. Р. Маак собрал улиток с прибрежной зоны Байкала у истока р. Ангары и передал их зоологу Г. Герстфельдту. Последний обратил внимание на их уникальность и непохожесть на всех других пресноводных брюхоногих, известных к тому времени, и выделил 5 новых для науки видов (Gerstfeldt, 1859).

Почти в это же время ссыльный поляк Бенедикт Дыбовский работал в поселке Култук, расположенном на южной оконечности озера. В течение нескольких лет он собирал и изучал разных животных Байкала, в том числе и брюхоногих. Всех найденных моллюсков он отправлял своему брату, профессору Львовского университета. В. Дыбовский (Dybowski, 1875–1912) обнаружил, что большинство из них являются новыми для науки видами и родами. Для 36-ти новых видов и подвидов он сделал подробные описания раковины, сопроводив прекрасными иллюстрациями, а у некоторых — изучил расположение внутренних органов и морфологию зубов радулы. Его рисунки поражают точностью воспроизведения, особенно если учесть, что радула байкалийид практически не видна даже под современным стереоскопическим микроскопом! Созданные более 150-ти лет назад, эти рисунки до сих пор переходят из одного научного издания в другое.

В начале XX-го столетия на Байкале работала экспедиция под руководством А. Коротнева, направленная Российской Академией наук. За два года ее участники объехали озеро вдоль всего побережья и собрали уникальный материал, который был передан Зоологическому институту (Санкт-Петербург) и обработан знатоком пресноводной фауны В. Линдгольмом. Он еще больше «увеличил» биоразнообразие байкальских моллюсков, описав 47 новых для науки видов и подвидов (Lindholm, 1909–1927), и выявил пространственную неравномерность



Живой представитель эндемичного семейства Baicaliidae (фото П. Репсторфа)

распределения моллюсков в озере.

После возвращения из ссылки Б. Дыбовский совместно с Я. Грохмалицким продолжили изучение собранных в Байкале брюхоногих моллюсков. Они первыми отметили величайшую внутривидовую изменчивость их раковины и выделили уже около 130-ти видов и подвидов с разновидностями (Dybowski, Grochmalicki, 1912–1925). Исследования видового состава и распределения моллюсков продолжили Старостин (Starostin, 1926)

и М. Кожов (1928–1971). Изучая сборы сотрудников Байкальской лимнологической станции, Кожов провел ревизию байкальских моллюсков и описал 22 новых вида и подвида. Благодаря его исследованиям знания о байкальских гастроподах пополнились сведениями об их морфологии и биологии, а также об эволюционных преобразованиях, в результате которых возникли «букеты» близкородственных видов.

Как и небесные тела, многие виды, роды и семейства байкальских моллюсков были названы в честь их первооткрывателей. Имена Маака, Герстфельдта, братьев Дыбовских, Кожова и других ученых навсегда сохранились в многочисленных «созвездиях» уникальных байкальских организмов.



Прозрачные и холодные воды Байкала щедро наделены удивительной животной жизнью. Озеро — воплощенная мечта любого страстного рыбака и натуралиста. Поскольку байкальская вода насыщена кислородом до максимальных глубин, рыбы в нем живут повсеместно: на дне и в толще воды. И только здесь существует такой феномен, как глубоководные пресноводные рыбы.

Одними из самых интересных рыб Байкала являются уникальные *коттоидные* рыбы, больше известные под именем *бычков-подкаменщиков*. В ближайшем номере нашего журнала у читателя будет возможность поближе познакомиться с их необычной внешностью, удивительными привычками и «шестым» органом чувств, позволившим им «обжить» темные байкальские глубины. Секретами «бычковой» жизни с нами поделится доктор биологических наук *Валентина Сиделева* из Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) в статье «**Длиннокрылка, желтокрылка, широколобка и другие... рыбы Байкала**».

Наверное, не будет преувеличением сказать, что байкальский омуль так же широко известен, как и сам Байкал. Для многих людей эти понятия неразделимы и обозначают нечто, единственное в своем роде. Согласно современной научной классификации байкальский омуль является разновидностью *омуля арктического*, обитателя Северного Ледовитого океана. Однако с помощью молекулярно-филогенетических методов удалось доказать, что байкальский омуль есть не что иное, как форма *обыкновенного сига*,

В следующем номере

приспособившаяся к специфическим условиям обитания. Произошло это, согласно «диатомовой летописи», не позднее 11—9 тысяч лет назад. Об этих удивительных «превращениях» байкальского омуля читайте в следующем номере в статье «**Байкал — омулевая бочка**» *Любови Сухановой*, потомственного ихтиолога (Лимнологический институт СО РАН, Иркутск).

Еще один уникальный, но гораздо менее известный обитатель Байкала — *макрогектопус*. Это полупрозрачное ракообразное, в анфас напоминающее персонажа из известного американского фильма «*Хищник*», является единственным из всех пресноводных бокоплавов, кто выбрал своей обителью водную толщу озера. Об этом чрезвычайно чувствительном к свету хищнике, в поведении и биологии которого так много загадочного, расскажет в статье «**Ракообразие байкальских вод**» кандидат биологических наук *Наталья Мельник* из Лимнологического института СО РАН (Иркутск).

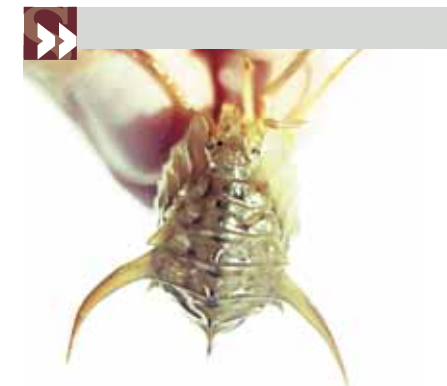


Фото М. Файерабенда, С. Глущенко, О. Тимошкина, В. Короткоручко





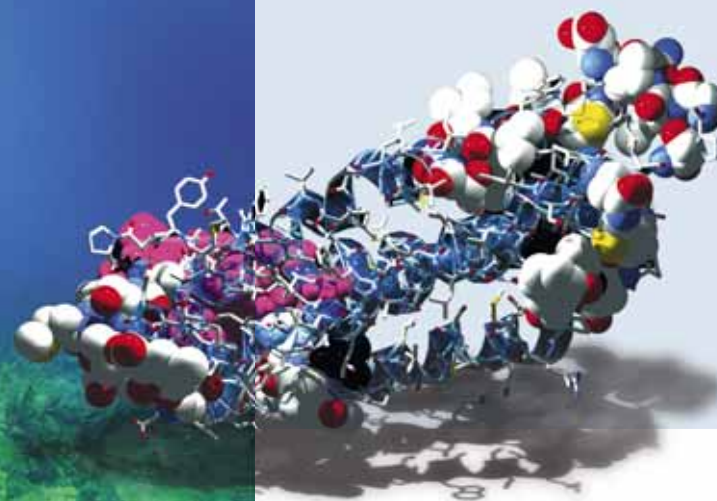
# Х НУКЛЕОТИДНЫЕ РОНИ КИ «СМУТНОГО ВРЕМЕНИ»

Дмитрий ЩЕРБАКОВ,  
Сергей СЕМОВСКИЙ

Дмитрий Юрьевич ЩЕРБАКОВ —  
доктор биологических наук,  
заведующий лабораторией  
геносистематики Лимнологического  
института СО РАН, преподаватель  
Иркутского государственного  
университета (г. Иркутск)



Сергей Валерьевич СЕМОВСКИЙ —  
доктор физико-математических  
наук, главный научный сотрудник  
лаборатории геносистематики  
Лимнологического института СО РАН  
(г. Иркутск)



*Ученых — по крайней мере, биологов — можно условно разделить на две категории. Первые (их в детстве зовут «ботаниками») однажды в жизни встречаются с большой любовью — к объекту своих научных занятий. По сути и по духу они — страстные коллекционеры, и мир для них — лишь огромный «музей», в котором, к сожалению, не все «экспонаты» снабжены подробными ярлычками. Другие — назовем их любознательными натурами — на всю жизнь сохраняют живой интерес к процессам и механизмам природных явлений. И какая, в конце концов, разница, кто будет объектом исследования — кит или неприметная мушка дрозофила, если все начинается с прозрачной капельки раствора ДНК...*

Когда мы говорим о нашем Озере, все эпитеты приходится использовать в превосходной степени. Самое древнейшее, самое глубочайшее, а что касается видов животных, то им на Байкале просто «несть числа». Причем в самом прямом смысле, поскольку точное их количество неизвестно. И если завтра вдруг обнаружится, что число видов байкальских животных «приросло» на пару тысяч, то этот потрясающий факт научная общественность воспримет с олимпийским спокойствием.

Выявление механизмов, создавших такое огромное биоразнообразие в относительно замкнутой озерной экосистеме, важно для эволюционной теории в целом



Что же тревожит умы этой общественности? Вполне «простой» вопрос: как и когда возникло это поразительное видовое разнообразие фауны? Другими словами, чтобы что-то сделать и понять на Байкале, необходимо восстановить последовательность событий, понять, кто есть кто, и кто от кого «взялся». Выявление механизмов, которые создали в относительно ограниченной замкнутой экосистеме такое огромное биоразнообразие, важно не только для познания самого Байкала, но и для эволюционной теории в целом.

Однако когда мы имеем дело с настоящими букетами близкородственных видов, состоящих из десятков и сотен единиц, то разобраться в их эволюционном родстве на основе обычных морфологических критериев (усиков, шипиков и т. п.), принятых в систематике, исключительно сложно, поскольку для таких групп характерно множество параллелизмов. И совсем невозможно на основе этих признаков оценить время расхождения этих групп в далеком прошлом, особенно если благодаря своей «мягкотелости» организмы не оставляют никаких палеонтологических «улик». Но если мы не в состоянии увязать процессы видообразования с изменениями самой экосистемы, то о каком эволюционном механизме может идти речь?

К счастью, в прошлом веке генетика и молекулярная биология породили новую научную дисциплину — молекулярную систематику, которая дает нам объективный, а часто и единственно возможный способ разобраться в эволюционных связях между организмами. Иначе говоря — сравнить не только их внешний облик, но и их наследственность, *геном*, т. е. оценить степень генетического родства.

#### ЗЕМЛЯ ОБЕТОВАННАЯ

Байкал всегда являлся настоящей Меккой для зоологов и систематиков. На протяжении последней сотни лет сюда приезжали ученые-натуралисты, ловили разных животных и смотрели, как они устроены. Достаточно было поймать с десятков внешне похожих живых тварей, отличных от ранее описанных, и, пожалуйста, — новый вид открыт! Практически сразу же стало ясно, что многие виды в Байкале, особенно принадлежащие к эволюционным букетам, очень изменчивы: между видом *A* и видом *B* может лежать непрерывный спектр переходных форм так, что граница между видами становится весьма размытой. Для Байкала характерно

фантастическое внутривидовое морфологическое разнообразие, поэтому различить по внешним признакам, например, *гамарусов* разных видов может только очень квалифицированный зоолог после долгой кропотливой работы с микроскопом. Неудивительно, что после таких занятий поневоле задумываешься о том, что же стоит за самим понятием *вид*.

Проблемы в систематике начались как раз в процессе изучения биоразнообразия древних африканских озер — собратьев Байкала. В широко известных исследованиях на *цихлидовых* рыбах было обнаружено, что



На этой «сцене» разворачивались незаметные эволюционные «драмы» Байкала (фото Д. Щербакова)

организмы, четко различающиеся по морфологическим и поведенческим признакам, могут иметь очень схожие геномы и при изменении внешних условий прекрасно между собой скрещиваться. Это означает, что в данном случае классическое генетическое определение *вида*, подразумевающее генетическую обособленность (иначе — репродуктивную изоляцию), не работает. В дискуссию по этому поводу подлили масло дальнейшие успехи молекулярной биологии. Были обнаружены обратные случаи, когда между организмами, совершенно сходными по внешнему виду и условиям обитания, существовали очень большие генетические расстояния.



Байкалиды — эндемичное семейство байкальских моллюсков — оказались на удивление молодой группой видов, подвергшейся «взрывной» эволюции (фото В. Короткоручко)

В итоге стали подвергаться сомнениям даже такие основополагающие вещи, как, например, *относительность* вида: ранее и генетики, и морфологи определяли вид как нечто, отличающееся от другого вида. В результате попыток уточнить, что же является биологическим видом, появились *коалесцентные* определения, когда видом стали считать некую группу особей, внутри которой действуют механизмы, поддерживающие ее единообразие.



## НЕ САЧКОМ ЕДИНЫМ...

Как сравнить между собой гены? Принцип сравнительного анализа ДНК очень прост. Состоит он в том, что у живых организмов одну и ту же функцию выполняют, как правило, сходные, т. е. *гомологичные*, белки. Например, гемоглобины, белки крови. Гемоглобин есть у мышки, у кошки и у хозяина кошки. И все эти белки обычно ведут свое происхождение от общего предка. При этом чем древнее был наш общий предок, тем больше наши гемоглобины будут отличаться друг от друга. А при чем же здесь ДНК?

Вспомним уроки общей биологии. Строение любого белка записано в определенном участке хромосомной ДНК, который зовется *геном*. Каждая аминокислота белка кодируется триплетом *нуклеотидов*, которые являются «элементарной единицей» ДНК. И с помощью молекулярных методов мы можем «прочитать» определенные фрагменты генов, сравнить их нуклеотидные последовательности между собой, подсчитать количе-

ство замен и после этого оценить вероятную степень родства. Конечно, это проще сказать, чем сделать, но, тем не менее, это возможно.

Теперь обратимся к гипотезе «молекулярных» часов. Если допустить, что частота мутаций гена остается достаточно постоянной в течение длительного времени, то по количеству аминокислотных замен в молекуле белка (т. е. по числу соответствующих нуклеотидных замен в гене) мы можем примерно определить время существования общего предка.

Такой молекулярно-филогенетический подход дает нам возможность не только оценить время основных эволюционных событий, но и подобрать к объяснению причин исключительно высокого биоразнообразия, характерного для всех древних озер. Конечно, в отличие от обычного систематика, вооруженного сачком, скальпелем и лупой, молекулярщику в дополнение к сачку необходимо иметь хорошо оснащенную лабораторию и любить математику.

## ВЗЯЛИ НА МУШКУ

Есть проблема — фантастическое биоразнообразие, есть методы — молекулярно-генетические. Выбор объекта также был не случаен. Под прицел попали различающиеся по своим экологическим характеристикам, широко распространенные и многочисленные виды байкальских организмов, в том числе беспозвоночные: *рачки амфиподы, моллюски и олигохеты* — близкие родственники дождевого червя. Амфиподы являются свободноживущими организмами, обитателями водной толщи, остальные же ведут придонный образ жизни.

Древние предки этих групп обитали в древнем Байкале, который, с одной стороны, имел постоянную документированную прописку в течение примерно 30 млн лет, а с другой — не отличался постоянством характера. На Байкале происходили то похолодания, то потепления; менялся уровень воды, сходили ледники; возникали тектонические подвижки и другие геологические процессы. Еще одна проблема: в настоящее время байкальские воды почти до самого дна насыщены кислородом, но так было не всегда. Древний Байкал, вероятно, напоминал современное Черное море: только верхний 200-метровый слой воды содержал кислород.

Именно в таких условиях пришлось жить предкам наших животных. Вопрос о путях заселения Байкала вызвал среди классических биологов жаркие дискуссии: одни считали, что Байкал заселялся реликтовой мезозойской фауной, другие — что заселение должно было происходить позднее, поскольку озеро сковывали ледники. И только молекулярная биология позволила взглянуть на этот вопрос с совершенно новой точки зрения.

## РОЖДЕННЫЙ ПОЛЗАТЬ — УБЕЖАТЬ НЕ МОЖЕТ

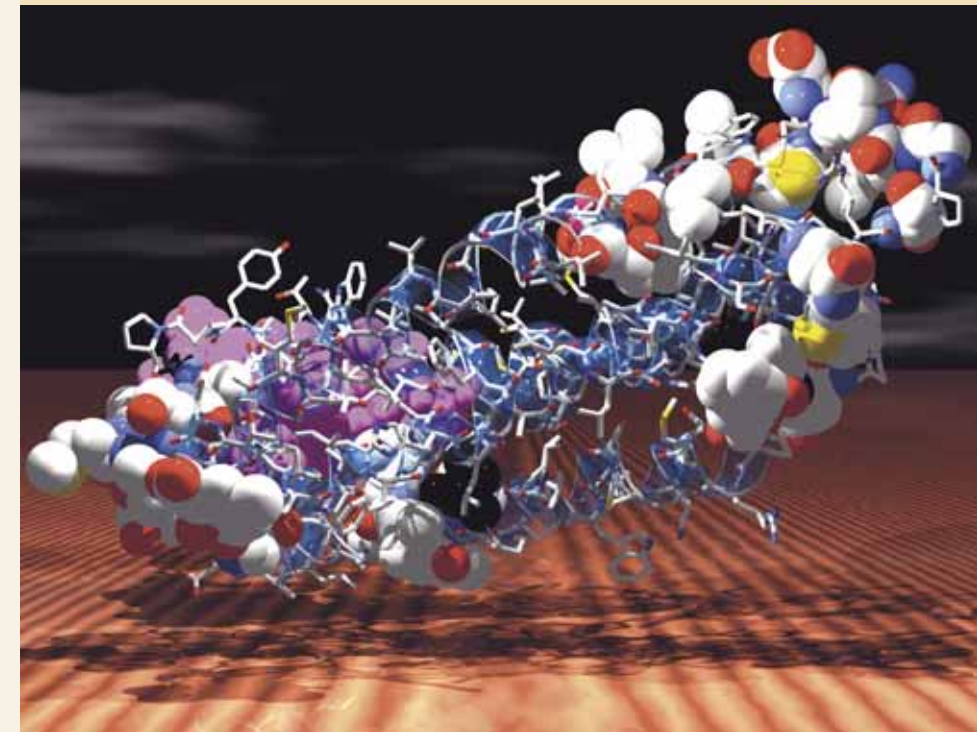
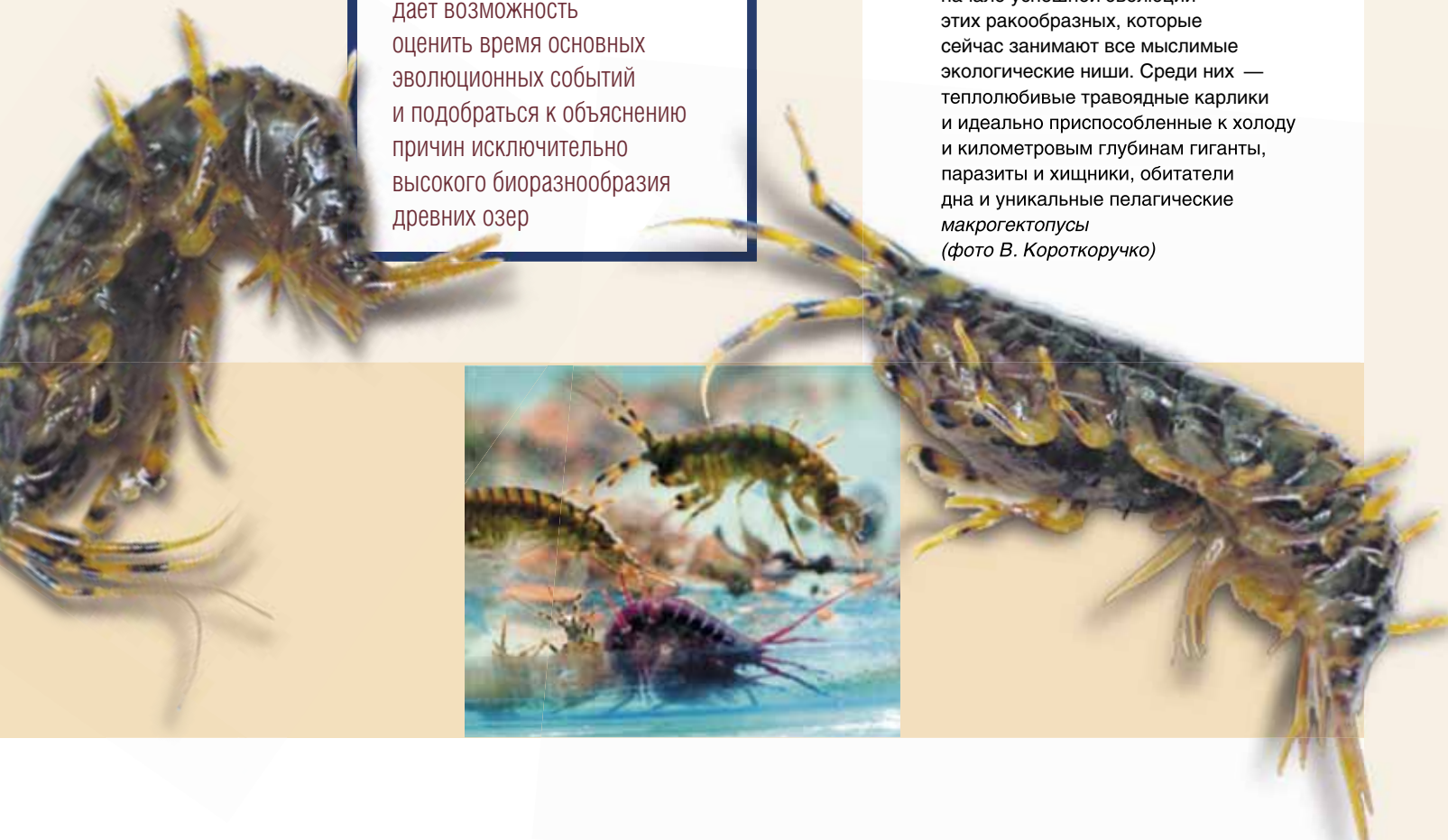
Как все началось? Молекулярная филогенетика — дело само по себе непростое, особенно же для начала девяностых годов. Молекулярно-филогенетические исследования в Лимнологическом институте начались еще под руководством С. Я. Слободянюка, который ныне работает в новосибирском Институте цитологии и генетики. Объектом этих исследований были *коттоидные рыбы* — байкальские *бычки*. Мы же продолжили это направление, выбрав в качестве объекта бентосных беспозвоночных.

В то время такими исследованиями почти никто не занимался, методы массового чтения нуклеотидных последовательностей только-только появились, так

Молекулярно-филогенетический подход дает возможность оценить время основных эволюционных событий и подобрать к объяснению причин исключительно высокого биоразнообразия древних озер

*Амфиподы* или *бокоплав*ы — одна из самых древних и разнообразных групп байкальских организмов. Несколько волн заселения положили начало успешной эволюции этих ракообразных, которые сейчас занимают все мыслимые экологические ниши. Среди них — теплолюбивые травоядные карлики и идеально приспособленные к холоду и километровой глубине гиганты, паразиты и хищники, обитатели дна и уникальные пелагические *макрогектопусы* (фото В. Короткоручко)

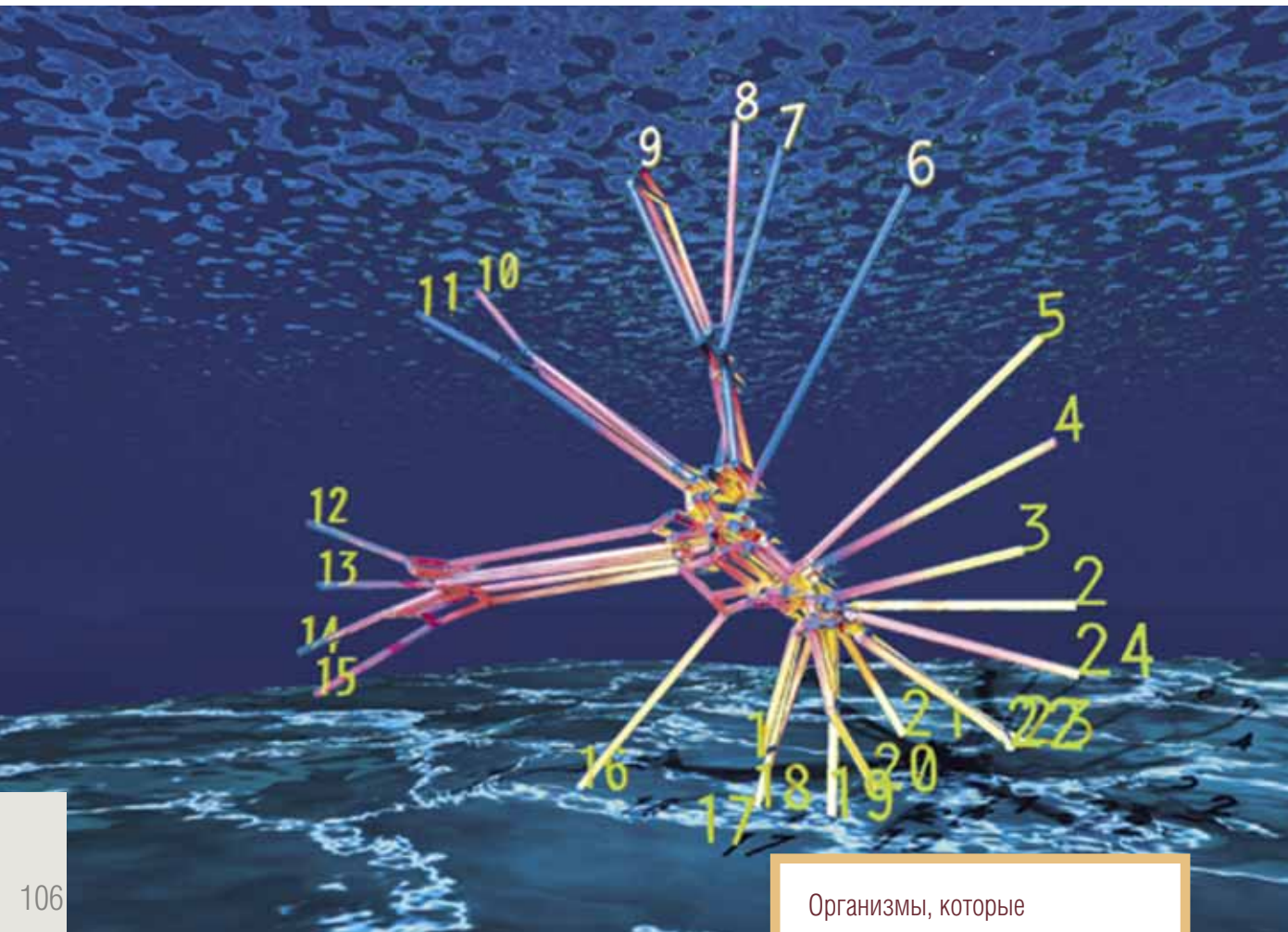
Модель фрагмента первой субъединицы *митохондриальной цитохромоксидазы*. Именно этот белок использовался для определения степени генетического родства в подавляющем большинстве молекулярно-филогенетических работ на байкальских беспозвоночных. На рисунке «шариками» обозначены аминокислотные остатки, которые претерпели изменения в процессе видообразования





же, как и метод *полимеразной цепной реакции (ПЦР)*, позволяющий в неограниченном количестве тиражировать участки ДНК. Пережили мы и довольно «нервные» моменты — пока для каждой группы животных не удалось подобрать подходящие для анализа «модельные» гены.

В результате наших трудов стала вырисовываться следующая картина. Выяснилось, что общий предок современных моллюсков из сем. *Baicaliidae* обитал в Байкале не позднее 3,5 млн лет назад. В это время в результате «взрывного» видообразования внутри семейства его родословное древо разделилось на два основных ствола.



Организмы, которые медленно перемещаются по дну и никогда от него не отрываются, оказались относительно «молодыми» по сравнению с возрастом самого Байкала

Эволюционное древо олигохет сем. *Lumbriculidae* — наглядный пример «взрывного видообразования». В отличие от обычного, на этом древе представлены все возможные пути, ведущие от общего предка к ныне существующим видам

Кстати сказать, прочный панцирь этих крошек стойко сопротивляется времени на радость палеонтологам, которые нашли восемь видов этого семейства в осадочных отложениях, возраст которых — более 20 миллионов лет! Возникло кажущееся противоречие с нашими данными. Может быть, это — ошибка палеонтологов, которые были обмануты внешним сходством раковин, поскольку мягкие части тела моллюска в отложениях не сохраняются. А может быть, и мы, и они — правы. Как это можно совместить? Довольно просто — с помощью гипотезы о том, что произошло массовое вымирание, а современные виды произошли от немногих уцелевших.

У олигохет из сем. *Lumbriculidae* родословное древо разделяется на несколько предковых ветвей, очень древних и удаленных друг от друга. Время их расхождения оценивается в 28–30 млн лет. Но самая молодая веточка, от которой образовался пышный букет видов группы *Lamprodrilus*, отпочковалась «всего лишь» 3,8–2,8 млн лет назад. И опять это магическое число 3 млн, как и в случае с байкалидами!

А вот с амфиподами в это время ничего примечательного не происходило. Большая часть современных видов амфипод, вероятно, является потомками одной предковой формы, существовавшей не менее 28–30 млн лет назад. Эта дата соответствует достоверному возрасту озера, как непрерывно существующему во времени относительно глубоководному водоему. Сходные результаты получили и наши коллеги, работающие с другими группами байкальских организмов. В целом же можно резюмировать, что организмы, которые медленно перемещаются по дну и в течение всего жизненного цикла никогда от него не отрываются, оказались относительно «молодыми» по сравнению с возрастом Байкала.

Можно предположить, что около 3–4 млн лет назад на озере происходили какие-то катастрофические явления, достаточно частые. И ползающие виды попадали под «удары» среды, которых свободноплавающие амфиподы смогли легко избежать. А обитатели дна пострадали, от них остались отдельные «островки», которые и дали затем начало новым группам и видам.

Одни и те же события — модели — можно описать как набором дифференциальных уравнений, так и набором конкретных «судеб»

## ПАРАД МОДЕЛЕЙ

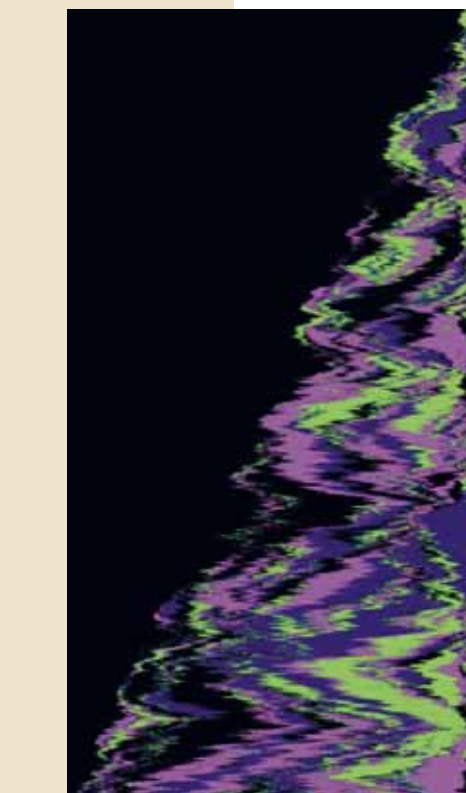
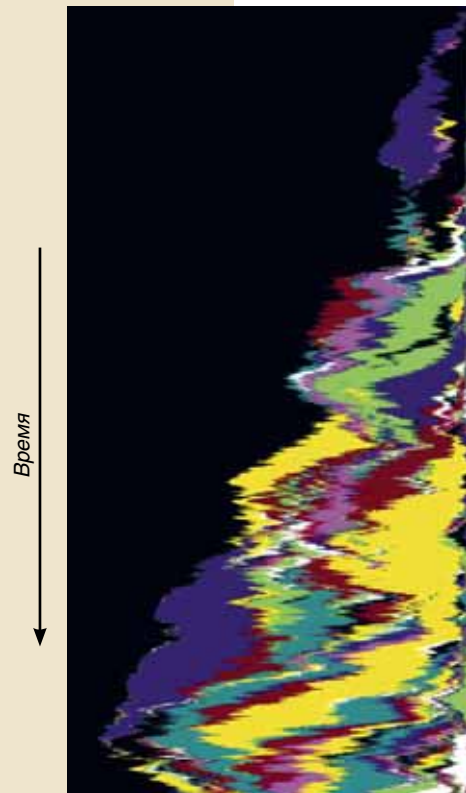
Когда мы, наконец, получили эту картину, нам захотелось в ней разобраться основательнее, поскольку прелесть каждой истории — в деталях. Ведь подход, который был использован — сугубо молекулярный — дает только канву, факты. Более точно — последовательность эволюционных событий. Это сравнимо с набором улики, с которым сталкиваются следователи. А потом необходимо задействовать и «серое вещество», чтобы самому понять и убедить судью в своей правоте.

К счастью, к концу 90-х годов появились мощные компьютеры. Наряду с молекулярной биологией развивались *биоинформатика* и *математическая биология*. Биоинформатики идентифицируют и сравнивают гены в геномах разных организмов, матбиологи — строят модели. Однако главная проблема для классических биологов — в применимости результатов, полученных в рамках этих дисциплин, к своей работе. Молекулярный систематик, например, видит живой мир через «лес» эволюционных деревьев. И совместить такую «картину» мира с математическими кривыми, прослеживающимися во времени и пространстве судьбы совершенно неизмеримых величин типа «обобщенной индивидуальной приспособленности», далеко не просто. Наша дальнейшая работа была попыткой объединения этих областей знания, построения своеобразного биолого-математического альянса. И математика в этом случае послужила инструментом *понимания*, каковым она и являлась изначально.

Приглянувшийся нам подход называется «Индивидуально ориентированное моделирование». В принципе, одни и те же события — модели — можно описать как набором *дифференциальных уравнений*, вид которых привычен для всех математиков, так и набором *конкретных судеб*. Похоже на компьютерную игру: машину заселяют животными, обладающими рядом свойств, и как бы «отпускают их на волю» Они конкурируют между собой, умирают от голода, размножаются, передают потомству свои гены, которые проходят через ряды поколений и ряды случайных встреч. А по пути гены мутируют.

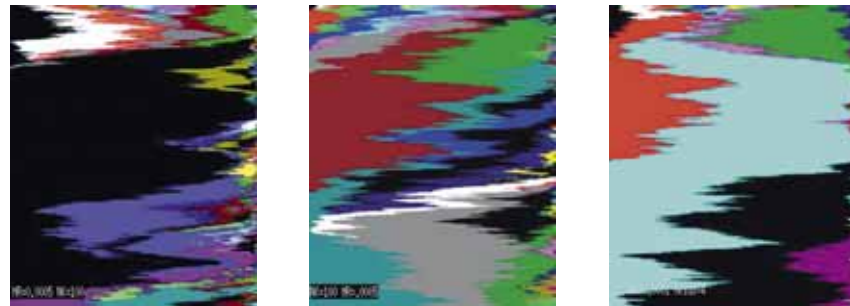
Для примера вспомним о наших *лумбрикулидах* и *байкалидах*: по сути, это организмы, живущие на глубине 20 метров, в полосе шириной 15 метров, т. е. узкой замкнутой ленте, опоясывающей озеро. Они ползают, грубо говоря, по кругу: родились, поползли, определились, с кем поделиться генами (если повезло, и на этом пути им было что поесть, да и самих не съели). А для наших целей в эти компьютерные





модели мы добавили возможность нейтральной эволюции генов, т. е. встроили молекулярные часы.

Сначала был создан программный аппарат, который приводит результаты этих моделей к виду, идентичному экспериментальным данным, получаемым молекулярными биологами и экологами. Далее, на основе сведений о реальных преобразованиях нашей экосистемы стали



Результаты моделирования: эволюционная буря в компьютерной «пробирке». Каждая горизонтальная линия — поколение, каждая точка — индивидуум. Время течет «сверху вниз». Особи с одинаковым генотипом показаны одним цветом, мутировавшие — контрастными цветами

моделироваться те или иные обстоятельства, которые могли привести к современному состоянию биоразнообразия. Сейчас наша модель обладает определенной предсказательной силой: имея свои данные, мы можем выбрать наиболее вероятный сценарий событий далекого прошлого.

Наша модель обладает предсказательной силой: на основе своих данных мы можем выбрать наиболее вероятный сценарий событий, происшедших в далеком прошлом

С утилитарной точки зрения модель хороша еще и тем, что позволяет спланировать объем работ и оценить затраты. Нелишне напомнить, что молекулярная систематика — дело хотя и рутинное, но дорогое, особенно в нашей, не самой лучшей ситуации.

### КАКОГО ВЫ ВИДА, СУДАРЬ?

Вопросы, которые можно задавать нашей модели относительно процессов видообразования, оказались достаточно интересными. Вообще, понять, что такое видообразование, непросто. Потому что с точки зрения данного поколения его вообще не существует. Возможно, среди человечества уже появились другие виды. Ното, но уже не *sapiens*. Может быть, они уже изолированы, но этого никто не замечает. Потенциально каждый из нас — новый вид. Но заметить это можно только через очень существенное число поколений. Считается, что в зависимости от конкретных механизмов процесс образования нового вида занимает от двух до ста тысяч лет.

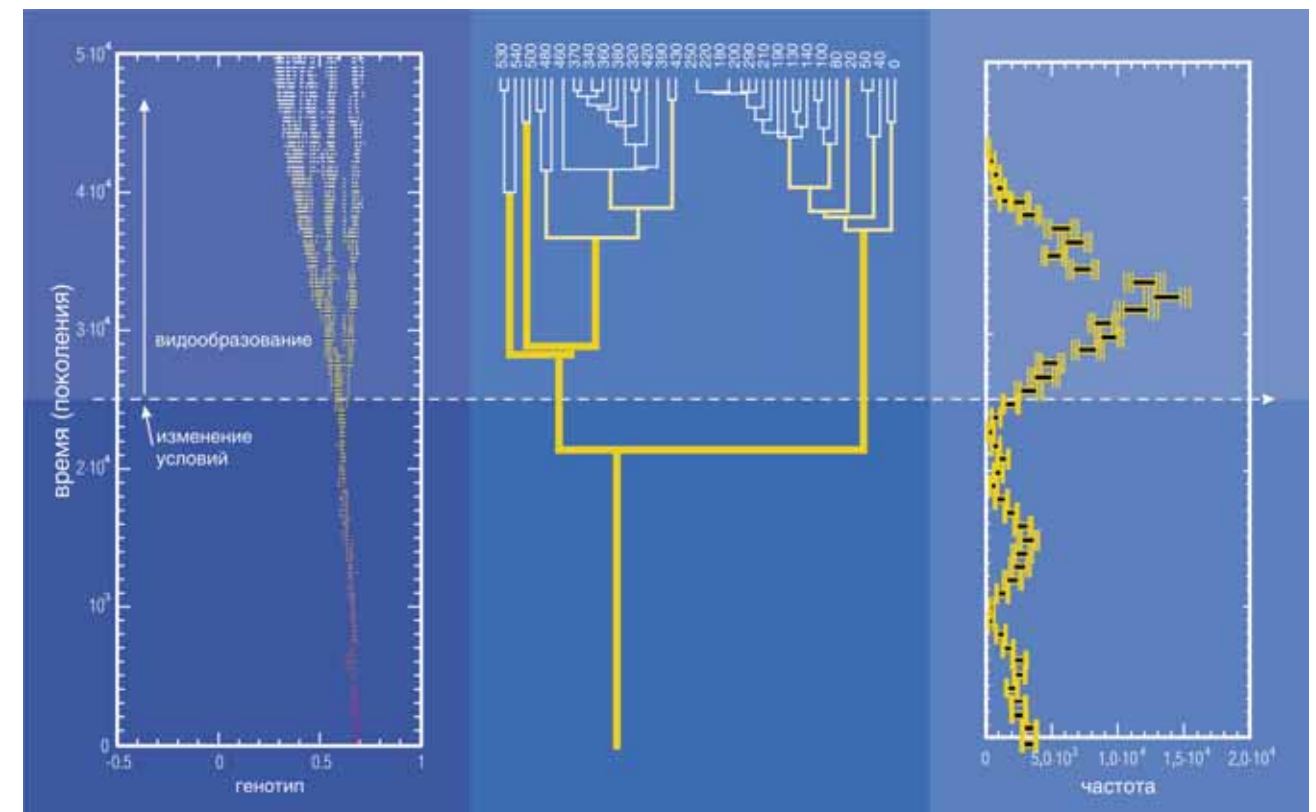
Возможно, среди человечества уже появились другие виды. Ното, но уже не *sapiens*. Потенциально каждый из нас — новый вид

Смоделировать процессы такого «ураганного» образования, которое наблюдалось на Байкале — достаточно большая проблема. А чтобы оценить адекватность подобной модели реальным событиям, приходится привлекать самые разные данные. Например, по древним африканским озерам, которые даже географически

очень напоминают Байкал. И глобальные изменения климата должны были, хотя и по-разному, одновременно на них повлиять.

Игра с моделями — вещь увлекательная. Достаточно простыми моделями удается объяснить такие удивительные вещи, как, например, явление *партеногенеза*, при котором вид отказывается от полового размножения. А еще есть интереснейшая проблема *коэволюции* (совместной эволюции) хищника и жертвы, когда у видов идет настоящая «гонка вооружений». Да мало ли еще других малоизученных проблем и нерешенных вопросов могут найти любознательные натуры на древнейшем и глубочайшем Озере, на котором божьим созданием просто «несть числа».

Результаты индивидуально ориентированного моделирования. В центре — эволюционное древо, построенное обычными методами для «ДНК», «извлеченной» из точек — организмов. Эволюция организмов изображена слева в виде траекторий эволюционных «линий», демографическая история популяции — справа







# НЕВИДИМАЯ СЕТЬ



ЛИХОШВАЙ Елена Валентиновна — доктор биологических наук, заведующая отделом ультраструктуры клетки Лимнологического института СО РАН. Изучением диатомовых водорослей занимается с 1989 года. Автор более 80 печатных работ и монографии «Диатомовые водоросли планктона озера Байкал» в соавторстве с Г. И. Поповской и С. И. Генкалом



Ричард М. КРАУФОРД — куратор коллекции Хустедта, Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера, г. Бремерхавен, Германия

Авторы и редакция благодарят д-ра Дэвида Лазаруса, куратора коллекции Эренберга (Музей естественной истории, г. Берлин) за помощь в подготовке иллюстративных материалов статьи

Наука, как никакая другая сфера деятельности, предполагает преемственность прошлого и настоящего. Разрыв этой связи чреват невосполнимостью и утратой отдельных ветвей науки. С другой стороны, непреходящей чертой научной деятельности всегда была коллективность. Так, уже в «Проекте положения об учреждении Академии наук и художеств», принятом Российским Сенатом в начале 1724 г., особенно отмечалась «полезность обсуждения опытов представителями разных специальностей». Эти принципы, заложенные еще Петром I, легли в основу и современного Устава Российской Академии наук.

Давайте на примере исследований диатомовых водорослей (род *Aulacoseira*) попытаемся рассмотреть эту невидимую сеть связей, существующих в науке: вертикальных (между прошлым и настоящим) и горизонтальных (между различными исследователями, событиями и явлениями одного времени).

## НЕЗАМЕТНЫЕ ТРУЖЕНИКИ

Диатомовые водоросли являются одноклеточными водными растениями, обладающими кремнистыми панцирями необыкновенной красоты. Однако увидеть особенности строения этого панциря у каждого вида можно только с помощью световой, сканирующей или трансмиссионной (просвечивающей) электронной микроскопии.

На долю этих незаметных тружеников приходится, по разным оценкам, от 20 до 40 % всей первичной органической продукции на Земле, включая все наземные растения! Поскольку панцири диатомей могут неограниченно долгое время сохраняться в осадках озер, морей и океанов, по ним можно отслеживать историческое развитие водных растительных сообществ.

Разные виды этих водорослей предъявляют различные требования к условиям обитания, поэтому сообщества диатомовых водорослей служат удобным

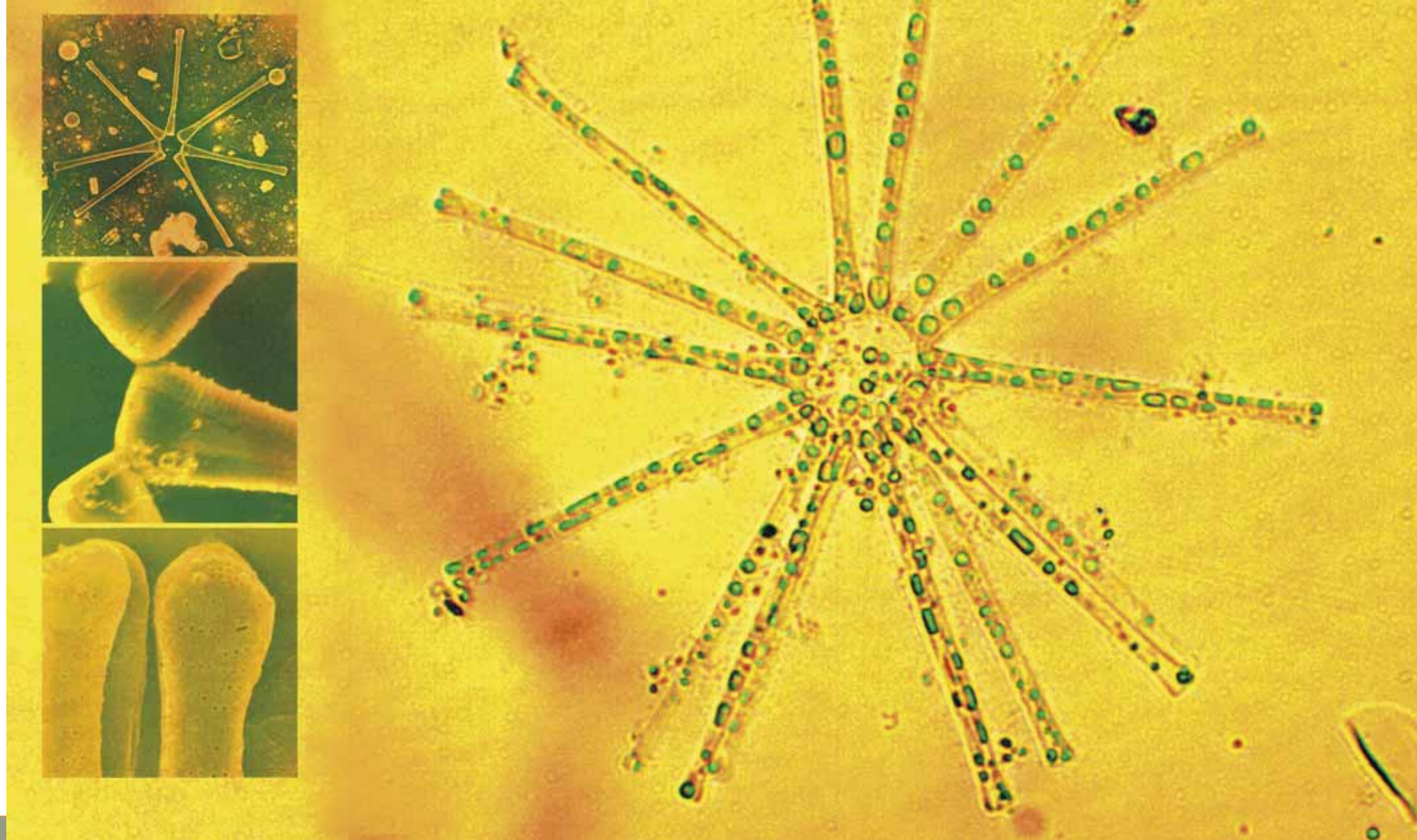


индикатором изменений окружающей среды, в том числе и климатических. Исследования диатомовых в донных осадках принесли множество очевидных доказательств таких явлений, как, например, закисления европейских озер в результате индустриализации, или изменения направлений глубоководных океанических течений.

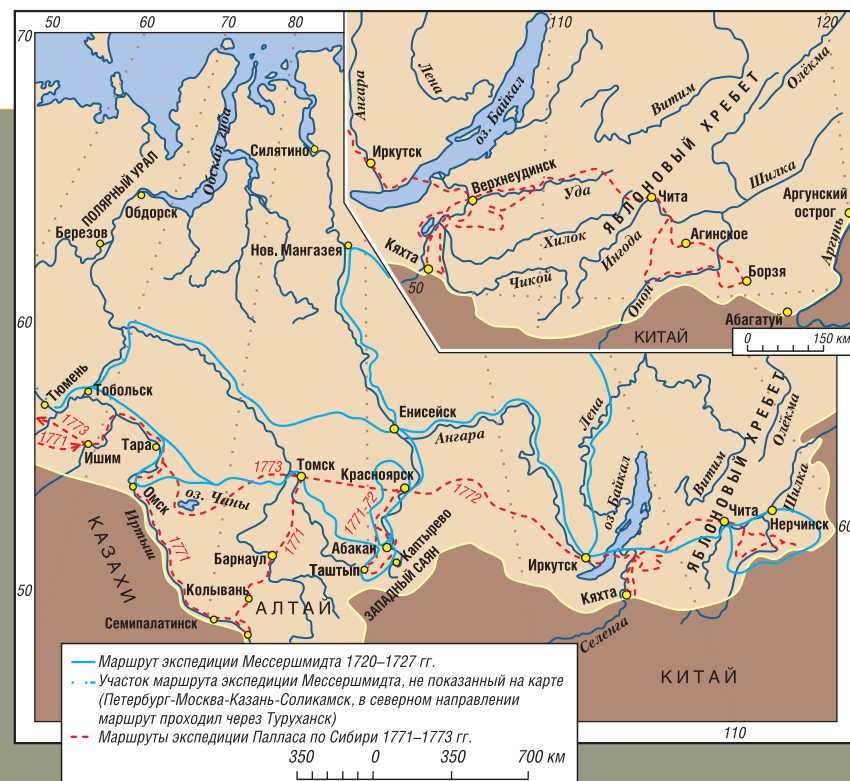
Диатомеи находят различное применение и в промышленности. На основе анализа распределения диатомовых водорослей в осадочных породах оценивают возраст и мощность месторождений нефти. Диатомиты (породы, состоящие из панцирей отмерших диатомовых водорослей) добывают и используют для получения тонких абразивов, для фильтрования вина и пива, как строительный материал.

Из-за малого размера диатомей их изучение шло параллельно с развитием микроскопии. С конца XVI в. диатомовые исследовали с помощью световых микроскопов, при этом они служили не только объектами исследований, но и своеобразным эталоном, по которому проверялось качество оптических линз. Как только выяснилось, что из клеточных стенок (панцирей) диатомей можно готовить постоянные препараты, которые можно хранить неограниченно долгое время, начали создаваться диатомовые коллекции. Они стали «краеугольным камнем» систематики диатомовых, которая идентифицирует виды и организует их в определенные иерархические группы.

С 60-х годов прошлого века для выявления мелких деталей строения клетки стала все больше и больше использоваться электронная микроскопия, при этом открывались новые виды диатомовых. В последние же 10 лет на первый план стали выдвигаться молекулярные методы систематики, к сожалению, иногда с некоторым отрывом от классических морфометрических исследований.



Планктонная диатомовая водоросль *Asterionella formosa* (звездочка тайваньская) при наблюдении в электронный микроскоп



Маршрут Д. Г. Мессершмидта и П. С. Палласа по Сибири

### НЕМЦЫ НА БАЙКАЛЕ

К исследованиям байкальских диатомовых так или иначе «приложили руку» ученые самых разных специальностей и национальностей, но пальма первенства, без сомнения, принадлежит немецким исследователям. Первым ученым-немцем, который посетил озеро Байкал, был Даниил Готтлиб Мессершмидт (1685–1735). Он был приглашен самим Петром I еще до основания Российской Академии наук, и в течение 7 лет (1720–1727) путешествовал по Сибири. Мессершмидт собирал сведения по истории, этнографии, географии и экономике, а также замечательные коллекции растений и животных, включая кости мамонта. К сожалению, многие из них затем были утрачены при кораблекрушении и во время пожара в Петербурге.

Другой разносторонне одаренный немецкий ученый, неутомимый путешественник Иоганн Готтлиб Георги (1729–1802), узнав о том, что Российская Академия наук планирует исследования малоизученных земель,

сразу обратился с просьбой включить его в состав одной из экспедиций. Вместе с группой Петера Симона Палласа он провел на Байкале 2 года (1772–1774). За это короткое время Иван Иванович, как нарекли его русские коллеги, составил подробную карту Байкала, дал детальное описание условий окружающей среды, обнаружил и описал многие неизвестные ранее виды, в том числе — байкальского омуля, *Coregonus autumnalis migratorius* Georgi. Пробы осадочных отложений, собранные Георги, были отправлены в Санкт-Петербург и в другие города. В том числе пробы из долины реки Баргузин, вытекающей из Байкала, попали сначала в берлинскую коллекцию минералов М. Клапрота, а позднее — в коллекцию К. Эрнберга.

Мартин Генрих Клапрот (1743–1817) был известным химиком и минералогом. В Берлине, в Музее естественной истории он создал коллекцию природных минералов и руд, которая сейчас носит его имя. Он от-



крыл 4 новых элемента, в том числе в 1789 году — уран. Любопытно, что именно путем анализа изотопов урана, проводимого с конца 80-х годов XX века, было установлено время появления в донных осадках Байкала эндемичной диатомовой водоросли *Aulacoseira baicalensis*, «хозяйки» современного байкальского фитопланктона. В честь этого доминирующего вида годы ее активного развития до сих пор называются «мелозирными» (по имени рода *Melosira*, к которому ранее относился этот вид).

Одним из первых и наиболее известнейших микроскопистов своего времени был Кристиан Готфред Эренберг (1795–1876). Многие путешественники и исследователи, в том числе сам великий Чарльз Дарвин, посылали ему свои пробы почв, пыли, вулканического пепла, морских и пресноводных организмов, собранные в различных уголках планеты. Основным и излюбленным объектом Эренберга были как раз диатомовые водоросли. В период с 1838 по 1854 годы он выделил 35 родов диатомовых и 4 рода других одноклеточных водорослей, а в общей сложности дал описание нескольким тысячам видов!

#### ДИАТОМОВЫЙ ТРИУМВИРАТ

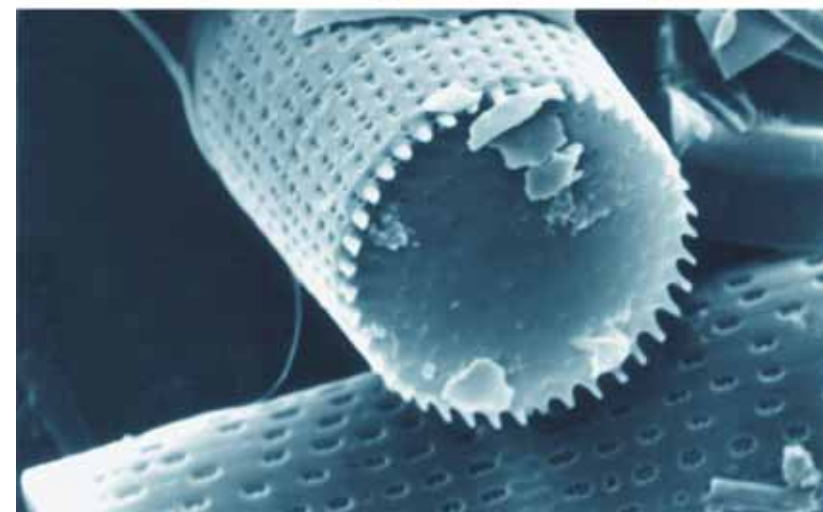
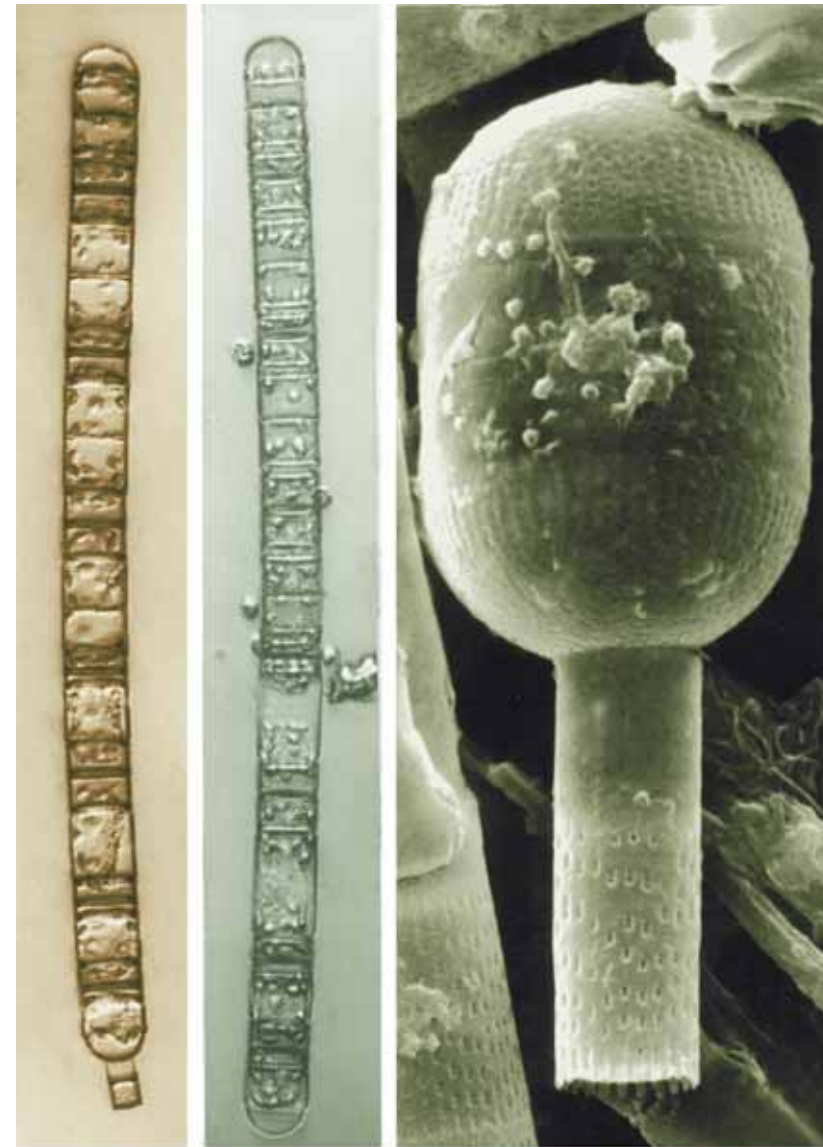
Во все свои путешествия Эренберг всегда брал микроскоп и бумагу для рисования. В дневное время он собирал пробы, в ночное — зарисовывал обнаруженные в них водоросли. Его коллекция в Берлине насчитывает сотни оригинальных рисунков. Эренберг, а позднее Фридрих Кюцинг (1807–1893) и Отто Мюллер (1837–1917), составили тот триумvirат, который предопределил исключительно сильные традиции диатомовых исследований в Германии, сохранившиеся и по сей день.

Несмотря на низкое разрешение микроскопов того времени и слабую светопрозрачность слюды, на которой готовились препараты, Эренберг умел распознавать отличительные характеристики различных мельчайших организмов и, следуя традиции Линнея, присваивал новым из них латинские имена. Имена были бинальными: на первом месте стояло название рода, на втором — вида.

Многие мелкие окрашенные водоросли были помещены им в род *Gailonella*. Позднее название этого

рода было сохранено за бактериями, а диатомеи были переведены Кюцингом в другие рода. Например, часть диатомей, образующих нитевидные колонии, были перенесены им в род *Melosira* (латинский вариант греческого термина «нить бус»). Этот перенос видов из одного рода в другой иллюстрирует фундаментальный принцип систематики: в случае, если рассматриваемый вид существенно отличается от типового вида, на котором основано описание рода, его следует удалить из данного рода и перенести в другой (новый или уже существующий).

Так, например, в 1848 г. англичанин Джорж Твайтс (1812–1882) решил, что некоторые из пресноводных видов рода *Melosira* существенно отличаются от морского типового вида *Melosira nummuloides*, и должны быть перенесены в новый род *Aulacoseira*. Это предложение игнорировалось до тех пор, пока через 130 лет Раймер Симонсен, работавший в то время в Бремерхавне, а ныне проживающий в Бремене, не опубликовал новые комбинации для 59 видов и внутривидовых таксонов. В то время Симонсен был куратором другой крупнейшей в мире коллекции диатомовых водорослей, состоящей примерно из 65 тысяч препаратов их панцирей, собранной Фридрихом Хустедтом (1886–1968), также известнейшим диатомистом своего времени.



Портрет К. Г. Эренберга

Образцы из коллекции Эренберга (Музей естественной истории, г. Берлин)

Диатомовые водоросли вида *Aulacoseira baicalensis* и их прорастающие ауккоспоры при наблюдении в электронный микроскоп





Оригинальный рисунок К. Г. Эренберга, иллюстрирующий разнообразие видов диатомовых водорослей из пробы, отобранной И. Г. Георги в долине реки Баргузин во время его экспедиции по Байкалу в 1772—1774 гг.



Баргузин. Фото В. Урбазаева

большой радости было обнаружено, что створки диатомовых в нем прекрасно сохранились, так, как будто этот материал был собран сегодня.

В том же 1843 году, когда Эренберг описал вид *A. granulata*, обнаруженный в почвах острова Ньюфаунленд, он также обнаружил его и в пробах из долины реки Баргузин. И сейчас мы получили практически уникальную возможность увидеть и детально исследовать то, что понимал под этим видом Эренберг более 160 лет назад!

Посмотрите — эта невидимая на первый взгляд, широко разветвленная сеть, связывающая ученых из разных стран, смежных или даже отдаленных специальностей, простирается из восемнадцатого века до наших дней. Прикасаясь к препаратам, с любовью сделанным нашими коллегами уже столетия назад, но и сами становимся частицей того непрерывного потока научной мысли, который связывает наш сегодняшний день с днем будущим.

При подготовке иллюстраций использованы фото образцов из коллекции Эренберга (Музей естественной истории, г. Берлин)



Симпозиум «Живая клетка диатомовых водорослей», посвященный 100-летию со дня рождения А. П. Скабичевского Иркутск, Лимнологический институт СО РАН, 17–22 сентября 2004 г.

Известный русский альголог А. П. Скабичевский (1904—1991) родился в С.-Петербургской губернии в семье учителя. Окончил педагогический факультет Иркутского университета. С 1927 по 1938 г. проводил научные исследования на Байкале. Автор 119 работ, охватывающих вопросы систематики, экологии и эволюции водорослей. Более 40 из них посвящено исследованию водорослей Байкала и Прибайкалья. Описал 3 новых рода и свыше 40 новых для науки видов и внутривидовых таксонов водорослей из водоемов Сибири.

На симпозиуме предполагается обсудить последние достижения в области изучения живой клетки диатомовых водорослей, отойдя от традиционных форм проведения дискуссий.

Планируется обсудить широкий спектр вопросов, касающихся механизмов переноса кремния и производства клеточных панцирей водорослей; жизненного цикла и размножения клеток диатомовых, функционирования диатомовых в океанах и великих озерах.

Предполагается взглянуть на живую диатомовую клетку с разных позиций, в том числе — как на клеточную структуру с кремневой стенкой, как на модель для изучения биоразнообразия, образец для структурной и молекулярной инженерии и нанотехнологий; обсудить генетику, физиологию и широкие адаптационные возможности диатомовой клетки.

Запланирована водная экскурсия на озеро Байкал с остановками в живописных местах и отбором проб диатомовых водорослей, экскурсия на Лимнологическую станцию в Большие Коты, в Байкальский музей и Музей деревянного зодчества.

ВСЕ ПРОХОДИТ — И ВСЕ ОСТАЕТСЯ

К середине XX века количество видовых и надвидовых таксонов диатомовых водорослей катастрофически увеличилось. Однако принципы систематики диатомей оставались неизменными, а собранные коллекции служили ее центральным базисом. Стало очевидным, что при отсутствии типового образца, на котором основан вид, использование видового имени биологами, экологами и другими специалистами имеет достаточно сомнительный характер.

К счастью для диатомистов, панцири диатомовых водорослей сохраняются в неизменном состоянии практически неограниченное время, в результате чего основная часть коллекций передается из поколения в поколение. Это означает, что у нас всегда сохраняется возможность вернуться к оригинальному материалу для того, чтобы проверить его идентичность исследуемому образцу.

Ранние описания видов диатомовых неизбежно были ограничены возможностями микроскопов того времени. Теперь же мы можем получить световые микрофотографии этих видов намного лучшего качества, а, кроме того, использовать электронную микроскопию для изучения их тонкого строения. Более того, мы также можем проверить филогенетические взаимоотношения между систематическими таксонами и другими методами, например, методами молекулярной биологии.

Но вернемся к роду *Aulacoseira*. По описаниям путешествия Георги мы можем довольно точно установить место в долине реки Баргузин, в котором он в свое время отобрал пробы. Благодаря проекту INTAS, поддерживающему связи между исследователями из различных стран, мы получили возможность работать вместе с немецкими коллегами. Был найден первичный материал в коллекции Эренберга в Берлине и проанализирован в сканирующем электронном микроскопе. К нашей



В следующем номере

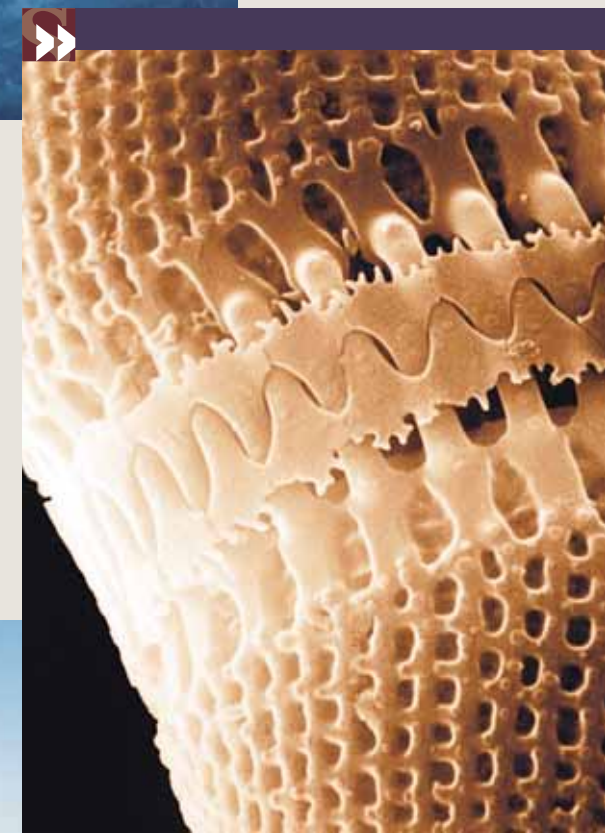
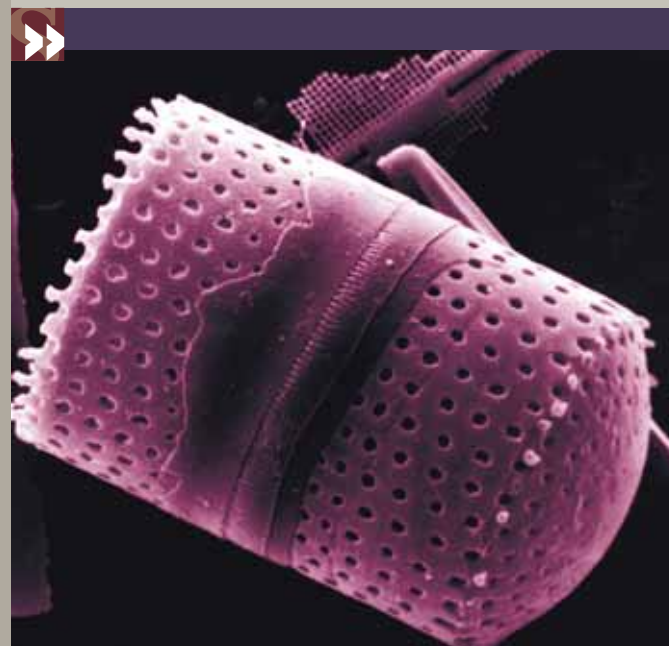
В результате глубинного бурения на озере был поднят первый образец байкальских газогидратов — льдоподобной смеси из газа и воды. Каждый объем такого гидрата может содержать до 150—180 объемов газа! Обычно газовые гидраты находят в зоне вечной мерзлоты или в морских и океанических отложениях. Байкал является единственным местом на Земле, где газогидраты были обнаружены в пресноводных отложениях.

Метан, содержащийся в гидратах, может играть значительную роль в глобальных климатических системах, поскольку он более чем в 20 раз эффективнее для создания «тепличного эффекта», чем углекислый газ. Дестабилизация газовых гидратов может также приводить к таким катастрофическим явлениям, как оползни, цунами, затопление прибрежных территорий. Но, с другой стороны, газогидраты — это потенциальный источник топлива, может быть — «альтернативный» источник энергии для будущих поколений, поскольку запасы метана в гидратной форме огромны. История открытия выходов газов и газовых гидратов на Байкале, современные исследования уникальных пресноводных метаново-гидратных образований — в следующем выпуске журнала в статье **Яна Клеркса** «Газогидраты пресноводного океана».

В следующем номере

Отличительной особенностью Байкала является мощная толща донных осадков, которая в Южной и Центральной котловинах озера достигает 8 км. Осадочные отложения Байкала содержат единственную непрерывную запись изменений климата евроазиатского континента за последние 30 млн лет. Ключом к расшифровке палеоклиматической записи служат захороненные в осадках кремнистые панцири диатомовых водорослей. На долю этих одноклеточных организмов, составляющих значительную часть фитопланктона, приходится до 20—40 % от всей первичной органической продукции, включая наземные растения! Поскольку клеточные стенки диатомей прекрасно сохраняются в донных отложениях озер, морей и океанов, по ним можно отслеживать изменения условий окружающей среды в прошлом.

Идея использовать донные осадки Байкала для изучения прошлого Северного полушария нашей планеты воплотилась в международном проекте «Глобальные изменения природной среды и климата Центральной Азии на основе исследования осадков озера Байкал». В его подготовке и реализации активное участие приняли сотрудники Лимнологического института, Института геохимии Сибирского отделения Российской академии наук. Большую финансовую помощь оказали зарубежные научные организации. Государственным научно-производственным предприятием «Недра» был разработан



и собран комплекс для бурения. С 1997 года было пробурено 5 кустов скважин глубиной от 100 до 670 метров. По содержанию остатков разных видов диатомей в озерных отложениях удалось установить несколько тысячелетних климатических циклов, связанных с положением Земли на Солнечной орбите. Подробности о нелегких работах по глубоководному бурению, о научных результатах, которые удалось «извлечь» из уникальных образцов керны, в следующем номере журнала с нами поделится один из главных организаторов и непосредственных участников проекта директор Института геохимии СО РАН академик **Михаил Кузьмин**.





# ХОЧУ БЫТЬ нерпой

19.03.2000 год  
 Наш отец поправился!!!  
 Особенно Миша!  
 Великолепное представление.  
 Большое спасибо!!!  
 © Круток.  
 Миша Катя  
 Катя Вера  
 Аня Шура  
 Яша Маша  
 Хочу быть  
 нерпой.  
 19.05.2000



Байкальская нерпа — единственный вид нерпы, который обитает в пресных водах



Что получится, если взять Вини-Пуха, побрить его, добавить грустные глаза Чебурашки, лапы заменить на русалочки хвосты и завернуть получившийся круглый бурдючок в блестящую эскимосскую шубку?

Получится Тито! Толстеный шаловливый обитатель «нерпинария» — а как еще можно назвать место, в котором живут нерпы? В домике, расположившемся на самом берегу Байкала около поселка Листвянка, живут еще и «хозяева» — сотрудники Лимнологического института с самым главным «нерпеведом» — Евгением Барановым.

Нерпы недаром едят здесь свой хлеб, вернее — рыбу. Они «работают» объектами исследования для молекулярных биологов, этологов и физиологов — словом, всех тех, кто интересуется биологией и происхождением уникальных эндемичных тюленей. Дальние предки нашего героя проникли



Байкальская нерпа питается почти исключительно непромысловой рыбой и рыболовству не вредит. В год один зверь съедает до тонны рыбы! На этом корме самцы нерпы могут отъедаться до 100 и более кг веса





Евгений Баранов со своими помощницами (лаборатория ихтиологии, ЛИН СО РАН, г. Иркутск)

*Естественная продолжительность жизни нерпы не превышает 50–55 лет. Численность байкальского тюленя в озере по разным оценкам составляет 65–100 тысяч особей*

в озеро из Северного Ледовитого океана. На Байкале они нашли обилие пищи в виде рыбы и ракообразных (результат — самая высокая упитанность среди тюленей!), а также отсутствие естественных хищников. И если бы не человек, которого прельщает великолепная меховая одежда нерпы, байкальский тюлень обрел бы на Байкале настоящий земной рай.

*Весной самки нерпы устраивают рядом с продушинами снежные норы, в которых и щелятся. У них рождается 1–2 детеныша — белька, названных так за бело-кремовый цвет шубки*



*Нерпа — ныряльщик-рекордсмен: она может нырять на глубину до 400 метров и оставаться под водой до 45 минут! Зимой она вообще не выходит на поверхность и дышит в специальные отверстия — продушины, которые сооружает в еще тонком льду*



Фото Р. Ахмерова

Кстати сказать, на рыбу наш герой зарабатывает себе сам, устраивая просто цирковые представления! Невозможно передать словами, с какой охотой и пониманием питомцы Евгения Баранова выполняют просьбы своего покровителя и друга на радость многочисленным посетителям — это надо видеть самим! И самим заглянуть в почти «человеческие» глаза нашего меньшего брата...



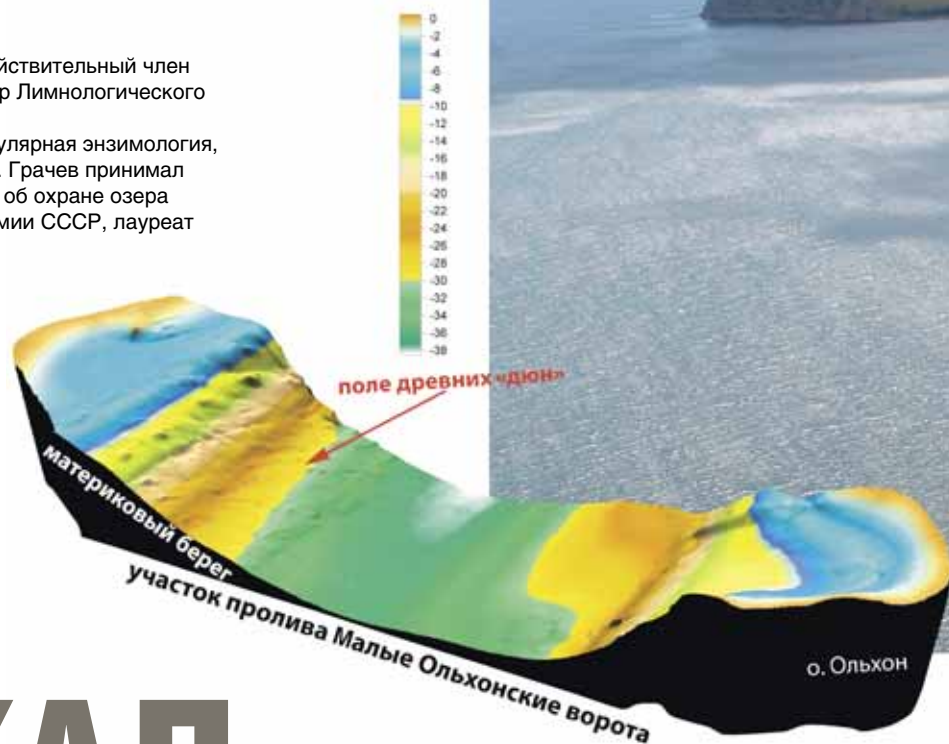
Фото В. Короткоручко





ГРАЧЕВ Михаил Александрович — действительный член РАН, доктор химических наук, директор Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск). Основные научные интересы — молекулярная энзимология, палеоклимат, аналитическая химия. М. Грачев принимал активное участие в подготовке Закона об охране озера Байкал. Лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии им. А. П. Карпинского

Михаил ГРАЧЕВ



Пролив Ольхонские ворота, мыс Крест. Фото В. Короткоручко

#### ПЕРВЫЕ ВСТРЕЧИ

# БАЙКАЛ В МОЕЙ ЖИЗНИ

**В**резалась в память картинка: мне пять лет, я еду с мамой на поезде во Владивосток. Едем долго — 1944 год, война, время трудное. Народ говорит: сейчас будет Байкал, не озеро — море! Наконец, Слюдянка, торгуют омулем. Мое самое сладкое лакомство — морковка вареная. А тут — омуль, неиспытанный запах копченой рыбы. Таким был мой первый Байкал — кормилец!

Следующая встреча с Байкалом — букварь. Несколько строк об озере, самом глубоком в мире.

Потом была серия «научно-популярная литература», такие тоненькие брошюры на серой бумаге с отличными рисунками-чертежами — как устроено радио, как делают электрическую лампочку... Мама покупала их для меня

в невероятных количествах. Знаменитый популяризатор Перельман привел людоедский пример: если все человечество утопить в Байкале, его уровень поднимется всего на 5 миллиметров. Запомнилось!

Потом — шестидесятые годы — знаменитый фильм Герасимова «У озера». Помню картинку: зима, солнце, великолепные сосульки-наплески на берегу Байкала и возле них — юная героиня. Весь СССР жалел озеро, не убеждали кадры с уникальными очистными сооружениями целлюлозного комбината.

И вдруг — 1987 год. Академик В. А. Коптюг спрашивает: не согласитесь ли поехать в Иркутск и руководить головным институтом по проблеме Байкала? Огромная честь и огромный вызов: справлюсь ли? Судьба... Сомнений не было: еду.



ПЕРЕКРЕСТОК ДОРОГ И СУДЕБ

Какой он, священный Байкал? Обычное ледниковое озеро живет 10 тысяч лет. Постепенно заносится илом, становится болотом, болото зарастает лесом. И... нет озера. Байкалу же несколько десятков миллионов лет, т. е. в 2500 раз больше! Представьте себе человека, который живет не 100 лет, а 250 тысяч лет — это был бы не человек, а что-то другое. И все 25 миллионов лет Байкальский рифт рос, Байкал расширялся и углублялся. И будет дальше расти. Не просто озеро — будущий океан.

У самых истоков российской науки — гости Петра I и Екатерины II, первые байкаловеды — немецкие естествоиспытатели, российские академики XVIII века Мессершмидт, Гмелин, Георги. Байкальского омуля называют *Coregonus migratoris autumnalis* Georgi. Следующий, XIX век — мятежные ссыльные поляки Дыбовский, Годлевский — таинственная рыба-голомянка *Comephorus dybowskii*, прозрачный рачок макрогектопус, которого, как утверждал Дыбовский, открыл не он сам, а его бежавшая по льду лошадь Анцыпа... Великие российские биологи и байкаловеды XX века Мейер, Берг, Верещагин, Кожов, Талиев, Скабичевский — несмотря на все революции и войны.

Вспоминается работа одного американского ученого, посвященная эволюции байкальских «букетов видов», опубликованная в 1953-м. В том году умер Сталин. Холодная война, железный занавес, русские — враги, маккартизм, наша борьба с «низкопоклонством перед Западом», новых статей наших ученых о Байкале ни на английском, ни на немецком нет, а тут — огромная обзорная статья по «красному» Байкалу!

Чем же неустанно манит Байкал ученых разных стран мира? Наше озеро — огромный природный «синхротрон», модель еще более сложных природных систем —

мирового океана, биосферы, место, где на наших глазах протекают геологические процессы и образуются новые виды. Эндемиком в Байкале больше, чем во всей остальной Сибири.

Возьмем байкальского тюленя — нерпу. По данным нашего института, она попала в Байкал 800 тысяч лет назад. За это время бесчисленные популяции предков человека расселились по всему земному шару. Каждая развивалась своим путем, возникло разнообразие средств защиты от инфекций, и считается аксиомой, что именно благодаря этому человечество смогло выжить. Нерп в Байкале всего 100 тысяч, и они поневоле вступают только в родственные браки. Разнообразия нет. Как же они выжили?

Восемь километров байкальских осадков — непрерывная летопись палеоклиматов величайшего континента. Надо только подобрать к ней правильный ключ, и, может быть, мы наконец узнаем, что с нами будет в ближайшем будущем — вымерзнем или зажаримся?

Зачем сюда прилетела дама-геолог из Австралии? Не ближний свет. Оказывается, она вообще-то изучает рифт, по которому много десятков миллионов лет назад прошел раскол между Антарктидой и Австралией. А у нас рифт растет сегодня.



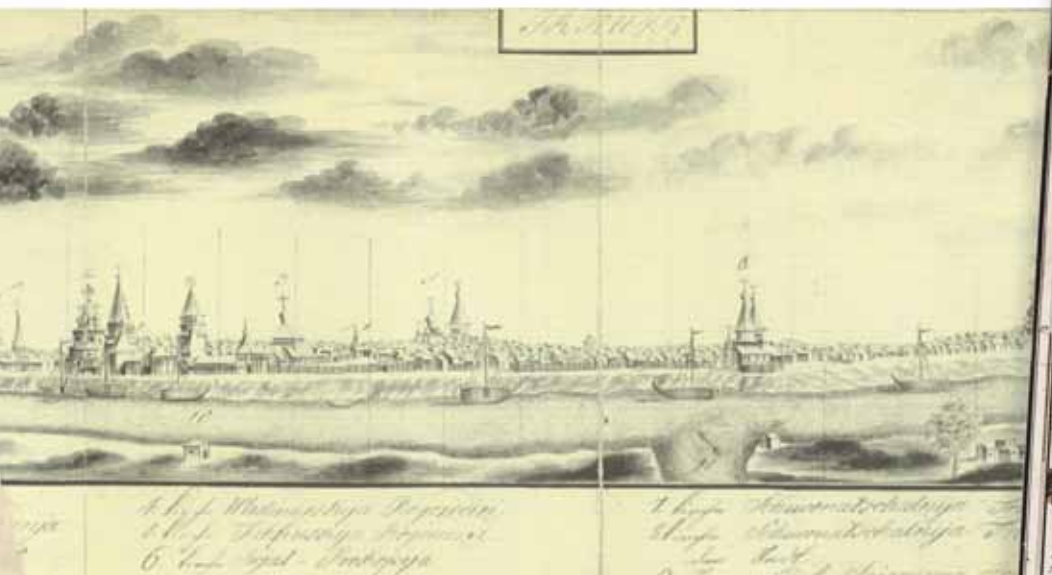
Международную команду физиков и химиков из Калифорнии, с Гавайских островов, из Канады, Швейцарии и Новой Зеландии интересует обмен глубинных байкальских вод. В Байкале нет характерных для океана градиентов солености, и фундаментальные проблемы гидродинамики здесь изучать проще.

А проблема газовых гидратов? В океанах огромное количество метана захоронено в виде этого твердого вещества, которое устойчиво только при низкой температуре и на большой глубине, при высоком давлении. Недоступное пока топливо будущего. Почему непривычные к холоду индийские ученые приехали к нам в разгар зимы? Оказывается, в теплом и глубоком Индийском океане гидраты почти невозможно поднять со дна — они успевают растаять. А наши ребята могут добыть их всегда, и зимой, и летом, но работать со льда удобнее. Совершенно неожиданно для себя индусы попали в компанию «гидратчиков» из Бельгии и Японии...

Благодаря огромному объему, медленному обмену (400 лет) и хорошему вертикальному перемешиванию воды Байкала имеют удивительно постоянный состав главных ионов и могут служить естественным стандартом для обеспечения единства гидрохимических измерений — как знаменитый метр в Париже, а вернее как лазерный эталон длины. В одну и ту же реку, как говорили древние, нельзя войти дважды. В нашу одну и ту же воду можно будет войти еще много раз — она не изменится и в ближайшие сто лет.

Байкал отлично подходит для обучения молодых океанологов. Морские научные рейсы проходят долго и очень дороги, студенты в них в основном едят, спят и ждут допуска к эксперименту. У нас учиться океанологии можно и быстрее, и дешевле. Несколько международных школ уже состоялось. Все как в океане — отбор проб глубинной воды и осадков, измерения температуры и электропроводности, геофизика, отлов организмов. Ждать не надо — сразу после «станции» можно вернуться домой по берегу.

Мне повезло. Я попал на Байкал в 1987 году, когда падение железного занавеса широко открыло Байкал для мировой науки. При этом попутном ветре нам удалось уцелеть в шторме перестройке, сохранить свое лицо и даже стать сильнее.





ЛИМНОЛОГИЯ

Вот уже 16 лет я — директор Лимнологического института. Академические институты бывают разные. Большая часть из них — конгломераты, конфедерации лабораторий. Возьмем типичный химический институт. Каждая лаборатория в нем развивает химию какого-то класса соединений под руководством крупного ученого, специалиста в своей отрасли. Интеграция на уровне института идет в основном за счет технической базы: приборов, методов анализа, библиотеки, баз данных. Если лабораторию из такого института перенести в другое место — особой беды не будет, она почти самодостаточна.

Иное дело — междисциплинарные институты. Здесь лаборатории должны вместе решать общую задачу силами разных отраслей фундаментальной науки — математики, физики, химии, биологии. Например, создать катализатор, либо сделать атомную бомбу, либо узнать что-то новое о мировом океане.

Не все знают, что такое лимнология. А это — просто наука об озерах (*limnos* по-латыни — озеро). Задача лимнологических институтов — изучать те или иные озера, обычно — малые и юные, таких — подавляющее большинство, чтобы решить практические задачи — убе-



речь от загрязнения, повысить улов рыбы, обеспечить водоснабжение. Наше озеро — самое большое в мире, и Лимнологический институт тоже самый большой в мире, 340 человек. Но фактически мы представляем собой миниатюрный институт океанологии.

Природа границ между дисциплинами не признает. Химию вод Байкала нельзя понять, не зная физики — механизмов перемешивания вод и обмена веществ с атмосферой. Не обойтись и без биологии — многие вещества в огромных масштабах преобразуются биотой. А как понять пути возникновения знаменитых эндемиков, не зная всех деталей — происходивших в прошлом изменений климата, химии вод, морфологии Байкальской котловины? Почему в Байкале не одна, а две очень похожие по облику и образу жизни голо-

«Семейное» фото сотрудников Лимнологического института СО РАН. Фото В. Короткоручко



мянки — большая и малая? Может быть, в озере когда-то было две разделенные котловины? Это не физика, не химия, не биология, а естествознание.

В идеале лаборатории у нас должны делиться по отраслям знания — гидрофизика, гидробиология, гидрохимия. Каждая должна понимать язык своей отрасли, владеть современными методами, а главное — отвечать за качество данных. Ведь биолог не может судить, правильно ли провел измерение физик, а физик не может решать, прав ли биолог, идентифицировавший виды. Каждую конкретную задачу приходится решать вместе. Как же контролировать качество?

К счастью, методология всех естественных наук единая. В решении любой проблемы можно выделить стандартные этапы, которые ставят заслон непрофессионализму. Например, оценка новизны. Нужно ли начинать исследование, может быть, задача давно решена?

Мой однокурсник Сергей Кара-Мурза научил меня очень простому приему. Стоит ли читать научную публикацию? Посмотри сперва заглавие, а потом список цитируемой литературы. Если в русскоязычной публикации ссылки только на русские работы и на переводные монографии иностранных авторов тридцатилетней давности — можно сэкономить время и саму статью не читать. Конечно, есть шанс упустить открытие самородка, но этот шанс ничтожно мал. Зато почти наверняка автор статьи не имеет понятия о современном состоянии своей науки. Такого ученого не надо брать в междисциплинарную команду.

Второй простой критерий — рейтинг. В России эту тему всегда понимали плохо, и не только в науке.

Мы — коллективисты. По нашему внутреннему убеждению, незаменимых людей нет. Каждый не хуже Билла Гейтса. Если добился успеха — берегись, высовываться опасно. В науке успех измеряется не деньгами, а рейтингом ученого. Можно ли доверить ученому грант — деньги налогоплательщика? По-моему, руководство можно доверять только тому, кто раньше добился успеха. Другие пусть пока побудут исполнителями.

Сколько раз тебя цитировали за твою жизнь, сейчас узнать очень просто — есть доступная через Интернет Web of Science. Хочешь понять, кто просится работать на Байкале — ученый, шарлатан, а может быть даже шпион — посиди 15 минут за компьютером. Недавно у нас был нобелевский лауреат Цинкернагель. Рейтинг — 11 тысяч ссылок! Типичный рейтинг естествоводника — члена РАН — несколько сотен ссылок. Легко вычислять и «экологов». Например, некий ученый гневно выступает против того, что в Байкал сбрасывают фосфор. В Web of Science на него за всю его долгую жизнь только одна ссылка. На статью о поведении белок. О фосфоре — ничего.

Директору сегодня не нужно много ума, чтобы объективно оценить уровень потенциальных партнеров. Но этого мало. Нужно все-таки знать «понемногу о многом». Путь к этому долгий, начинать надо в детстве.



НЕМНОГОЕ О МНОГОМ

Я с глубочайшим уважением отношусь к ученым, которые знают «многое о немногом». Такие люди работают на самых передовых рубежах, создают принципиально новые знания. Задачи себе они ставят сами. Ничего труднее этой работы нет. Чтобы добиться успеха, нужно быть буквально подвижником, не отвлекаться ни на минуту. Но и этого мало — нужен особый талант, нужна и удача. Таким ученым иногда дают нобелевские премии, и это правильно. А чаще — вспоминают об их открытиях спустя много лет после смерти.

Еще в XVIII веке естествоиспытатели не стеснялись переступать границы между отраслями знаний. Да и в современной науке крупнейшие прорывы принадлежат не узким специалистам — возьмем теорию происхождения видов Дарвина, учение о биосфере Вернадского или двойную спираль Уотсона и Крика. Однако, рецепт не так прост — переступай границы, и станешь великим. От великого до смешного всего один шаг — нет ничего смешнее недоучки, уверенного в том, что он знает «многое о многом».

Как же быть? Ведь Байкал нужно изучать сегодня, да и зарплата идет, а великого энциклопедиста нет. Выход один — интеграция профессионалов. Знаменитая «сигма» Сибирского отделения.

Директор междисциплинарного института, как минимум, должен знать немного о многом. Лично мне руководить Лимнологическим институтом интересно. Институт — не скрипка, не пианино и не ударник, а оркестр. Дирижер не должен подменять скрипача или пианиста, его задача — работа с людьми. Не всем такая работа по душе, но мне нравится. Признаюсь, для меня нет большего удовольствия, чем объединить в комплексную научную экспедицию людей из разных стран, разных наук, с разными методами и даже с разными задачами. Зачастую буквально накануне рейса. Нужны «домашние заготовки» — надо твердо знать, какие «гиперпроблемы» следует решить, и какие можно решить имеющимися средствами.

Я не знаю точно, как стать дирижером. Работа вроде простая — маши руками. Некоторые политики пробовали. Наверное, все-таки, мало махать руками — еще нужно, чтобы музыканты тебя слушались. Не только на выступлении, а еще и на репетициях. Значит, надо знать нотную грамоту и играть хотя бы на одном инструменте. Чтобы приняли на работу, наверное, нужны дипломы и справки. А чтобы публика ходила — еще и репутация, рейтинг.

Когда В. А. Коптюг приглашал меня на Байкал, справки и рейтинг у меня были. Окончил химфак МГУ, работал в Москве, а потом в Новосибирске, защитил кандидатскую, а потом и докторскую, получил Госпремию, руководил лабораторией ультрамикробиохимии в Новосибирском институте биоорганической химии.

Знал я и немного о многом. Заслуги моей в этом, быть может, и нет — такие выпали гены и так сложилась биография.



М. А. Грачев, февраль 1989 г.  
Фото В. Короткоручко

Мой отец был инженером-судоремонтником. В 1944 году мы с мамой ехали во Владивосток, а затем через Тихий океан к папе, который работал в Америке специалистом на все руки — ремонтировал наши суда, доставлявшие военные грузы по ленд-лизу, покупал нефть, был «красным купцом» — впервые продал американцам консервы из камчатских крабов, палехские шкатулки, федоскинские подносы. Он так и не сказал мне, за что ему дали орден Красного знамени в 1949 году, после Штатов — наверное, не за крабов. На наших судах — территории СССР — он организовывал приемы от имени видных советских гостей Америки. Трудно поверить, так давно это было, но мне жал руку Чарли Чаплин, гость Константина Симонова на нашем пароходе. Главный урок отца — делать дело без оглядки, свое и не свое, не чиниться и главное — не бояться брать на себя ответственность. А ценой ошибки тогда была свобода или даже жизнь — много больше, чем сегодня.

И в Америку в 1944, и в Одессу в 1949 г. мы ехали по морю. Других детей среди пассажиров не было. И капитаны, и механики, и боцманы меня баловали — оба судна я облазил от мостика до машинного отделения. До сих пор обожаю судовые машины и запах солярки. Так я узнал немного о флоте — кто мог думать, что на Байкале придется отвечать за целую флотилию...

Через три месяца после приезда в Штаты я свободно говорил по-английски. В первом классе американской школы — аналоге старшей группы нашего детсада, куда меня отдали — мальчики сами делали грузовики, выпиливали чурочки, сбивали их гвоздями, красили. А девочки сами варили кукольный по размеру, но настоящий обед. В то время Америка была интересным местом, страной изобретателей и инженеров, в которой с детства воспитывалось уважение к ручному труду.

Уже в Москве, в 7 классе, я увлекся химией и самостоятельно освоил стеклодувное дело — мог спать почти любую небольшую стеклянную вещь — ампулу, тройник, реторту, холодильник Либиха, сосуд Дьюара. Это очень пригодилось для карьеры. В 2003 году, когда меня выбирали в академики, мой однокашник, академик Евгений Свердлов, напомнил членам отделения с трибуны: «Вы должны Майкла выбрать — вспомните, кому из вас он не спаял пульверизатор?»...

Жизнь моя, несомненно, сложилась бы иначе, если бы не приобретенный в детстве английский, не учеба в 1-й специальной английской школе Мосгороно, где преподавали английский, английскую литературу, а также географию, анатомию и электротехнику на английском. Даже белорусские партизаны в драмкружке говорили по-английски. После университета приходилось подрабатывать в Бюро переводов. Система была жесткая, на большую статью давали дней десять. Пришлось узнать немного об очень многом — о пластиках, о разделении изотопов урана, о гистохимии ферментов, об очистке стоков.

Моя первая научная публикация «О синтезе β-хлорвинилкетона», третий курс МГУ, тоже была результатом знакомства с немногим о многом. Считалось, что этот кетон, нужный коллегам в лаборатории, никак нельзя «варить» в масштабе больше 200 граммов. Я успешно «сварил» его в масштабе 5 кг — для этого пришлось сделать силами химфаковских мастерских металлический реактор. Главной частью реактора стала американская, взятая без ведома мамы и, увы, любимая ею эмалированная кастрюля. Узнал немного о работе конструктора, токаря, фрезеровщика и даже кузнеца.

Мой путь из Москвы на Байкал лежал через новосибирский Академгородок. Что же привлекло меня тогда, в 1965, настолько, что я решил сменить знаменитый Институт химии природных соединений и столичную жизнь на неизвестность? Коллеги меня просто не понимали: как можно бросить Москву и поехать куда-то в глушь, «к медведям»?

На решение повлияло три фактора. Первый — человеческий, Сандахчиев Лев Степанович, в то время молодой блестящий ученый (сейчас — академик, директор новосибирского «Вектора»). Он «заманил» меня интересной работой. Второй фактор — субъективный: обещание не эксплуатировать на переводах научных статей на английский — эта общественная нагрузка буквально «достала» меня на прежней работе в Москве... И третий — сама инфраструктура Новосибирского института органической химии. Технологический корпус модельных установок, где можно было делать опыты уже не с литровыми реакторами, а с установками емкостью до 10 тонн. Конструкторское бюро. Прекрасные механические мастерские. Группа радиоэлектроники. Стеклодувная и кварцевая мастерская. Такие опытные производства вообще были нормой для новосибирского Академгородка. Отцы-основатели — Лаврентьев, Будкер, Ворожцов, Николаев, Борсков — справедливо считали, что, не имея опытного производства, нельзя ничего внедрить в практику. В Москве же в Академии наук ничего подобного по масштабу не было. Здесь я узнал, что такое технологический регламент, конструкторская документация, нормоконтроль.

В новосибирских мастерских я увлекся выпуском опытных партий малых научных приборов для физико-химической биологии — микронасосов, микропипеток, а позднее — приборов для электрофореза. В Москве «средства малой механизации» покупали по импорту за большую валюту, а в Новосибирске об этом нечего было и мечтать. Самопальной техники хватило на всех, даже в родную Москву потом отправляли.



МИЛИХРОМ

Выбор В. А. Коптюга пал на меня, думаю, по двум причинам. Еще за пару лет до того я ему говорил, что готов, если надо, куда-нибудь поехать, чтобы попробовать себя в самостоятельном деле. Во-вторых, наступило время применить к охране Байкала современные приборы и методы. В. А. Коптюг хорошо знал и всегда горячо поддерживал «милихромостроение».

В 1969 году Л. С. Сандахчиев после защиты кандидатской начал новую тему. По образованию он был химик-полимерщик, по опыту работы — биоорганик. А решил он заниматься в Азии биохимией индивидуального развития одноклеточной средиземноморской водоросли *Acetabularia mediterranea*. Новое дело поставил со своим обычным размахом — трудно поверить, но даже морскую воду возил цистернами из Владивостока. Вряд ли можно себе представить, чтобы современные научные бюрократы — не только наши, но и иностранные — позволили делать такую работу. Ведь им нужны «инновации», «рыночный спрос», «бюджетирование, ориентированное на результат», а ацетабулярией на рынке не торгуют — маленькая слишком.

Кстати, это интереснейший организм. Он состоит из одной клетки длиной до 5 сантиметров. Ядро — на одном конце, в «корешке». На другом конце вырастает изумительной красоты зонтик. Ядро — естественно, вместе со всей геномной ДНК — можно отрезать и перевязать стебель, чтобы цитоплазма не вытекла. У клетки, лишенной ядра, спустя несколько месяцев вырастает прекрасный зонтик. И что же делать с основной догмой

новой биологии — вся информация о строении организма хранится в ядре, в ДНК? Ядра-то нет?

Чтобы разобраться с этой проблемой, Льву Степановичу нужно было научиться делать манипуляции с веществами, выделенными из одной клетки. Особенно — с нуклеиновыми кислотами. Выделять их, чистить, устанавливать строение. За 30 лет до знаменитой овечки Долли. Под его руководством наши славные мастерские в кратчайшее время сделали десятки приспособлений: микроманипуляторы, микрокузницы, микрошприцы и, наконец, первый микроспектрофотометр — дедушку «Милихрома».

Сандахчиев увлекался многими вещами — например, таким экстримом, как спелеология. Еще одним из увлечений был преферанс. Судьба свела его за карточным столом с Сергеем Владимировичем Кузьминым — гениальным, без преувеличения, оптиком и конструктором, лауреатом Государственной премии СССР и диссидентом, а в то время — старшим лаборантом из соседнего Института теплофизики без высшего образования с окладом 70 рублей, мечтавшим стать чемпионом мира по велоспорту. Буквально на спор Сергей пообещал сделать ультрафиолетовый микроспектрофотометр, способный «увидеть» ДНК из одной клетки ацетабулярии. Сказано — сделано. Через четыре месяца прибор был готов. Хроматографию ДНК в то время проводили на колонках объемом 10–20 миллилитров. Кювета обыч-

ного спектрофотометра — 3 миллилитра. На приборе Кузьмина Сандахчиеву сразу удалось провести хроматографию на колонке объемом 1 микролитр — масштаб и расход ДНК удалось снизить по сравнению с мировым уровнем в 10 тысяч раз!

Я в этом не участвовал. Только с восхищением наблюдал. И, конечно, сразу захотел применить новый метод в обычной — не клеточной — биохимии, которой тогда занимался. Мастерские быстро изготовили второй экземпляр. Через год мы с коллегой, Сашей Гиршовичем, отправили первую публикацию по полученным на приборе данным в международный журнал ВВА. Ее не приняли. Рецензент смотрел в корень — он просто написал, что «в таком масштабе работать нельзя».

И он был прав. Один раз мы с Сашей потратили на это дня два. Ничего не получалось. Причина оказалась простой: хроматографическую микроколонку нужно помещать в дебри прибора, внутрь, а растворитель вводить вслепую. Колонка была такой маленькой, что просто потерялась, а мы, не зная об этом, гнали растворитель мимо.

Для обычной биохимии, чтобы не нужен был микроманипулятор, мы увеличили масштаб в 10 раз, и получили установку с чувствительностью в 1000 раз лучше мирового уровня, а потом дали биохимикам. Путь был долгий, и в этой статье не о нем речь. К началу 1990-х годов в России удалось выпустить 6000 «Милихромов», правнуков первого микроспектрофотометра, для множества отраслей — науки, криминалистики, фарминдустрии, охраны природы. В годы перестройки уже частной фирме удалось выпустить и продать в «нищей России» около 100 «Милихромов А-02», приборов на

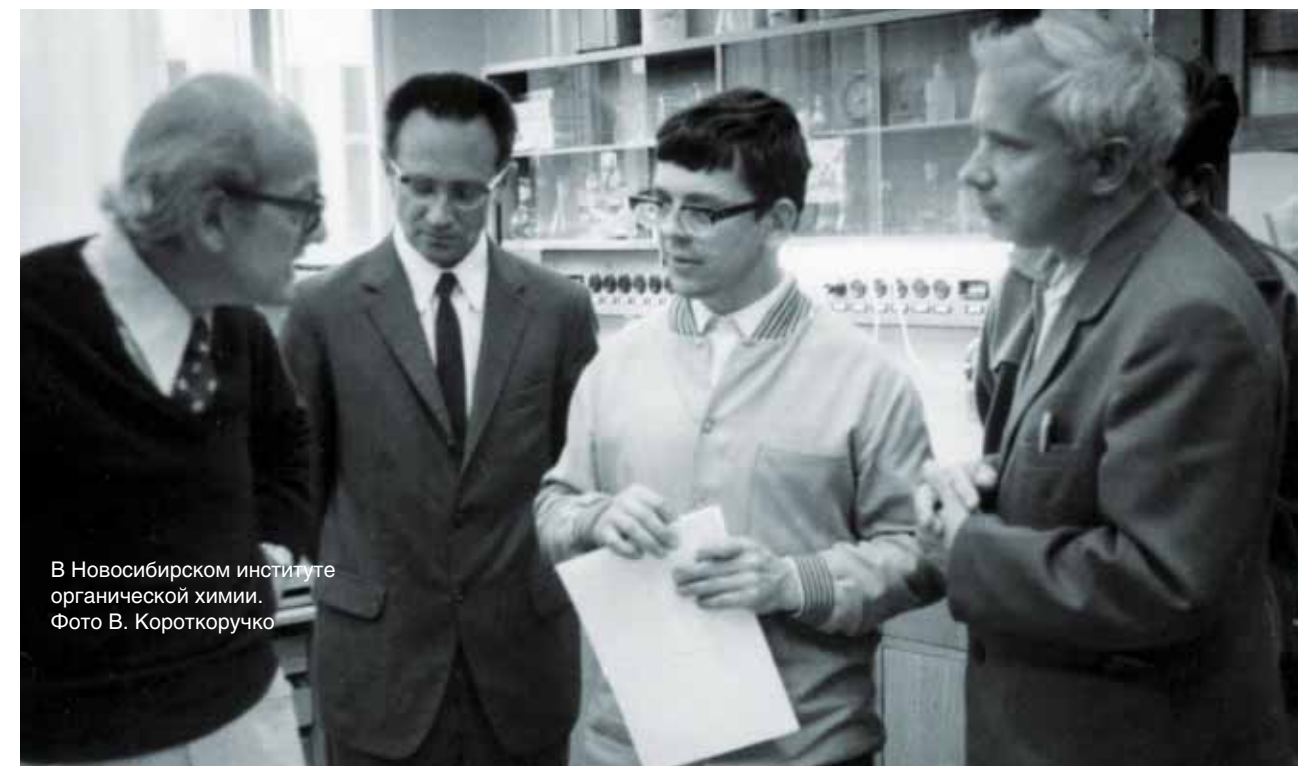
мировой элементной базе, в основе которого — все тот же микроспектрофотометр С. В. Кузьмина. За 30 тыс. долларов штуку. Почему? Ответ прост — в коммерческой лаборатории прибор окупается за год.

Лицензию на право использования изобретения С. В. Кузьмина купил тогдашний лидер научного приборостроения — шведская фирма LKB. К этой акции и я приложил руку — пригодилось знание английского и гены «красного купца». Под руководством Лицензинторга прошел полезную школу международной торговли интеллектуальной собственностью — позднее на Байкале это очень пригодилось. Мы получили около 60 тыс. долларов и прекрасный швейцарский фрезерный станок, за которым я потом провел много месяцев, изготавливая новые «железки».

Сейчас много мечтают об «инновациях». Начальники плохо понимают три вещи. Во-первых, для инновации желательны безумные идеи — например, выращивать средиземноморскую водоросль посреди Сибири. Во-вторых, нужен талант, а лучше — гений, который не обещает, а делает работоспособный предмет. Таланты и гении, как правило, люди очень неудобные и мало управляемые. Как ни трудно, а приходится их терпеть. В-третьих, риск неудачи очень велик, а времени на внедрение нужно очень много — лет десять. Зато один «Милихром» окупает затраты не на один десяток академических лабораторий. От того же, что на доме появляется вывеска «Технопарк», гении в нем не заводятся.

В. А. Коптюг рассчитывал, что «Милихром» можно будет внедрить на Байкале. И это случилось. К сожалению, С. В. Кузьмин на Байкал не приехал — в 1986 г. он умер.

Госплан СССР, Москва.  
Президент Академии наук СССР академик А. А. Александров, директор Института органической химии СО АН СССР, чл.-корр. В. П. Мамаев, управляющий делами СО АН СССР, доктор техн. наук И. И. Гейци, доктор хим. наук М. А. Грачев.  
Фото Р. Ахмерова



В Новосибирском институте органической химии.  
Фото В. Короткоручко





## ДЕСАНТ

Переезд из Москвы в Новосибирск в 1965 году был очень полезен, и, думаю, не только мне. Известно, что человеку, особенно молодому, нужно обязательно раз в несколько лет менять место работы. Это как у кукурузы: гибрид первого поколения дает большой урожай, были бы удобрения. Эффект гетерозиса. В Новосибирске я нашел то, что искал — свободу научного поиска, гармоничное сочетание фундаментальной науки и опытного производства. Думаю, что пользу получила и лаборатория, которую возглавлял Д. Г. Кнорре — ныне академик, основатель крупнейшей российской школы биооргаников: пригодился опыт и традиции, воспринятые мною в Москве у моего учителя, основателя российской биоорганической химии академика Н. К. Кочеткова.

То же произошло спустя 22 года на Байкале. Различие в том, что сюда я приехал не один, а с «научным десантом» из 20 зрелых и молодых специалистов, в основном «новых биологов». Интересно, что все они по решению Иркутского обкома КПСС вскоре получили жилье. Могут ли такое сделать нынешние власти? Цель десанта — внедрить новые методы.



На предварительных консультациях по вопросам организации Международного центра экологических исследований на Байкале, октябрь, 1989 г. Фото В. Короткочурко

Коллектив, в который нам предстояло влиться, был очень предан науке: малооплачиваемый, но просто героический! Возглавлял его академик Г. И. Галазий, бескомпромиссный защитник Байкала. При нем было сделано очень много хорошего. Самое главное — он создал настоящий научный флот, построил наши здания в Листвянке и в Иркутске. Проблема была в том, что правительство требовало точные, количественные сведения о состоянии Байкала, а институт не мог их дать, не располагая ни нужными специалистами, ни приборами. Да и что греха таить — ради защиты Байкала иногда распространялись «страшилки» — не вполне достоверные сведения. Однако, подавляющая часть коллектива в «политической химии» не участвовала.

Здесь, наверное, пора сказать о моей позиции. Я не политик, и не люблю политиков. Чтобы реализовать свои идеи, политик просто обязан обманывать народ. Если идеи народу ясны — зачем тогда новый политик с его харизмой? И каковы шансы на избрание у политика, если он сразу заявит, что поведет народ по трудному пути без гарантии успеха? Не говоря уже о военных хитростях — обмане политических противников и внешних врагов. Политикам можно и посочувствовать. Их профессия — принятие решений в условиях недостатка информации. Времени нет. Если бы время было, политики были бы не нужны — ученые бы все изучили и сказали,

концентраций. При их установлении нужно ответить на вопрос: сколько точно грязи можно вылить в Байкал, чтобы ничего ему не было? Госплан требовал — скажите точно, а уж промышленность мы разместим сами, не ваше это дело, товарищи ученые.

Но объем Байкала огромен. ПДК — прямой путь к его безнаказанному загрязнению. Как быть, если сегодня мы не видим загрязнений — нам не позволяют методы, а через 50 лет мы увидим не только их, но и результаты их необратимых воздействий? Ведь Байкал — не пруд, воду из него не сольешь и не нальешь новую. В промышленно развитых странах — США, Германии, Скандинавии «экологические» ПДК никогда не применяли и не применяют. У них действует прагматический принцип: планомерно и постоянно снижать сбросы, экономическими методами заставляя промышленность внедрять новые природоохранные технологии. Россия же, как всегда, идет своим путем.

Первая срочная работа, которую нам пришлось делать на Байкале, — создание и утверждение «Норм допустимого воздействия на экологическую систему озера Байкал». При поддержке В. А. Коптюга нам удалось уйти от принципа ПДК, внедрить идею перехода к новым технологиям, идею сохранения ландшафтов. Многие остались на бумаге, но кое-что было реализовано. Например, в 1990 году Селенгинский ЦКК впервые в мире внедрил бессточную технологию, и с тех пор

промышленных сбросов у него нет. Если бы так пошло дальше — в Байкальске давно было бы бессточное, не загрязняющее воздух производство. Тогда бы осталась только проблема ландшафтов, но с ее решением можно было и подождать — на Байкале хватает и других антропогенно изуродованных ландшафтов.

Сразу стало ясно: нужен отечественный закон об охране Байкала. Нужно включить Байкал в Список мирового природного наследия. Сегодня обе задачи формально решены, хотя реально эти правовые акты не действуют — нет политической воли.

что делать. Вот только беда еще, что ученые в ногу не ходят. Как ни неприятны мне политики, я понимаю, что человечество без них не обойдется.

Огромная заслуга старых байкаловедов состоит в том, что они не допустили «хозяйственного освоения» озера, а ведь тут хотели построить не один, а 30 комбинатов. Как и Г. И. Галазий, я искренне считаю, что Байкальскому целлюлозному комбинату на Байкале не место. Вот только почему все говорят исключительно о стоках? А воздух? Запах меркаптана чувствуется в радиусе 10 км. А индустриальный ландшафт? Разве в Сибири мало места? Какой моральный ущерб принесло России решение Н. С. Хрущева построить БЦБК — не подсчитать.

Г. И. Галазий был совершенно прав, выступая против самого советского (и российского) принципа охраны водоемов — пресловутых ПДК, предельно допустимых





ТАМОЖНЯ ДАЕТ ДОБРО

Было необходимо как можно скорее получить всестороннюю информацию о состоянии Байкала. Помогли и наши новые методы, и мировая наука. При поддержке В. А. Коптюга в 1988 г. на Первой Верещагинской научной конференции было объявлено о намерении Сибирского отделения создать Байкальский международный центр экологических исследований — организацию, в которой ученые всех стран совместно с российскими учеными могли бы свободно изучать все стороны Байкала. Центр был создан позднее, кажется, в 1990 году, но начал работать еще до создания. Начался настоящий бум. За прошедшие годы на Байкале побывало около 2000 иностранных ученых, инженеров и студентов, и не на симпозиумах, а в тяжелых экспедициях. Они привозили уникальное, часто — тяжелое оборудование. В первое время «работала» романтика — оказывается, многие всю свою жизнь мечтали побывать на Байкале. Потом включилась экономика — за шесть долларов можно было сделать банкет на шестерых со свечами в московском ресторане; экспедиции были баснословно дешевы.

В Иркутске тогда было три таможенника — сейчас 3000. Помню, пришли часов в восемь вечера два контейнера из Америки с тяжеленным геофизическим оборудованием. Таможенник с печатью уже был дома. Другой таможенник дал телефон и адрес первого, тот вошел в положение, поехал с нами на станцию и поставил печать — выпустил груз. Ночью его перегрузили на корабль, а утром пошли в рейс. Много было и курьезного, и серьезного.

Мой скудный опыт внешней торговли и знание немногого о многом весьмагодились... На ходу приходилось писать меморандумы с планами экспедиций и взаимными обязательствами, объединять физиков с биологами, японцев с бельгийцами, американцев с немцами, и всех иностранцев — с русскими из многих наших научных центров. «Новые биологи» из десанта расшифровали хронологию становления комплекса байкальских эндемиков. Сложилась Иркутская школа специалистов по палеоклиматам... В 1988 г. в Web of Science было зарегистрировано 15 ссылок с ключевым словом «Baikal», а с конца 1990-х ежегодно регистрируется 120–150 ссылок.

Нельзя сказать, что российская наука на Байкале до этого была «плохая», вовсе нет. Но она была мало известна в мире, да и в самой России. Сейчас ситуация радикально переменяется — в мире нас знают, и наши ученые из первых рук узнают о том, что творится в мире. Мы многому научились, но и сами научили многих. Самое же главное — произошел буквально взрыв в приобретении точных знаний об озере.

Мировая наука признала, что его чистота близка к первозданной — не считая небольших загрязненных участков. Относительно отечественной науки всегда можно высказать сомнения: не отражает ли она мнения тех или иных групп политического влияния? Думать же о сговоре сотен ученых двух десятков стран мира, наверное, может только сумасшедший. Опираясь на мнение мировой науки, ЮНЕСКО по заявке России включило Байкал в Список участков мирового природного наследия. Разумеется, в этот список не включают объекты, претерпевшие необратимые антропогенные изменения.

Помимо чисто научных, было и много «околонаучных» проектов — экспедиция National Geographic, команды Жака Кусто, Японского телевидения и другие.

Сейчас процесс паломничества стабилизировался, вошел в русло нормального научного сотрудничества. Стало меньше сенсаций и банального любопытства, и больше — серьезной работы, направленной на решение фундаментальных научных вопросов, например, проблемы эволюции, проблемы палеоклиматов, упомянутой выше проблемы газовых гидратов, проблемы «барьерных зон», проблемы биогеохимического цикла кремния. У нас есть дорогостоящие современные прибо-

ры. Наши ученые по праву вносят в совместные работы с иностранцами если не ведущий, то всегда равный вклад. Многие наши люди с байкальского «трамплина» уехали за рубеж, но (нет худа без добра!) освободились их ставки, и у нас как нигде много молодежи — больше 50%. Самое важное — к нам едет учиться молодежь из-за рубежа. Бытовые условия для них пока создать не удалось, есть только самые спартанские, и иностранной



Первые встречи с представителями ЮНЕСКО на Байкале, июнь 1990 г. Фото В. Короткоручко



Участники международной Верещагинской конференции в пос. Листвянка, октябрь 1989 г. Фото В. Короткоручко

молодежи немного. Будем живы — будет больше. Мы никогда окончательно не станем частью мировой науки, если иностранная молодежь не будет учиться в России.

Сейчас на Озере, получившем мировой сертификат чистоты, бурно развивается туризм, проводятся зимниады, какие-то голландцы на коньках едут, на велосипедах (!) из конца в конец озера по льду. Приятно предполагать, что и мы внесли в этот процесс свой вклад.

Международное сотрудничество на Байкале было очень интересно не только в научном, но и в человеческом плане. Расскажу самую удивительную историю — как и зачем английские солдаты мыли сапоги в Байкале.



Фото М. Файерабенда



**КАК АНГЛИЙСКАЯ АРМИЯ САПОГИ МЫЛА  
В БАЙКАЛЕ**

Уинстон Черчилль считал, что многое в истории определяется случайностью, но его целью всегда было оседлать случайность. Нам же седлать случайность приходилось часто. Самый курьезный случай произошел с английскими солдатами.

В один прекрасный день в институт приходит письмо от некоего капитана английской армии, офицера полка Green Howards, который просит помощи в организации поездки на Байкал с его солдатами. Оказывается, у них есть традиция — каждый год ездить в какое-нибудь труднодоступное место, чтобы помочь людям, а заодно и потренироваться. Об этой идее знают и английская королева, и российские власти. Помощь от нас нужна в одном: выбрать объект на Байкале, но лучше всего в горах. Что же можно предложить англичанам? В горах институт не работает, да и шут его знает, что там в этих горах. Предложил работу в самом деле нужную и героическую: под руководством наших биологов учесть байкальскую нерпу. Содержание работы было таким: весной, по распадающемуся льду проехать поперек Байкала на мотоциклах 25–30 раз, на каждом разрезе разбить 5–10 квадратов, посчитать на них все нерпичьи лунки, в которых есть белая шерсть вылинявшего новорожденного нерпенка. Зная число щенков, пересчитать его на всю площадь Байкала, и найти общую численность из возрастно-половой структуры. Последний учет мы делали несколько лет назад, мотоциклов нет, энтузиастов-биологов мало — помощь англичан явно пригодится. К тому же на льду Байкала точно нет никаких военных объектов. Написал англичанам, жду. Идея понравилась. Приехал капитан и еще один офицер — все уточнили.

Экспедиция на носу — а наше начальство ни о чем не просит. И вдруг англичане просят поддержать их визы. Странно, вроде королеве легче договориться с нашим посольством. Звоню в наше посольство в Лондон, в английское посольство в Москве. Никто ничего не знает. Советуют узнать в нашем Генштабе. Звоню. Просят написать письмо. Пишу — если можно, разрешите, если нельзя — запретите. Ответа нет. Еще раз звоню и пишу — если письменно или устно не запретите, англичан приглашаю. Ответа нет. Даю поддержку виз. Визы даны, англичане прилетают почему-то из Германии на нашем огромном самолете с подержанным «Мерседесом» для руководителя нашей Облкомприроды, с пластиковыми мешками для мусора для наших «зеленых», с санями, мотоциклами, палатками, спальниками, сухими пайками и армейскими рациями. Таможня ни о каких разговорах королевы с Ельциным не знает — рации и геопозиционные системы без специального разрешения

ввозить нельзя. А англичане без них на лед не идут — безопасность.

Вот тут мне досталось за превышение полномочий. В. А. Коптюг, чувствовалось, хотел побить, но попросил мягко: «Миша, пожалуйста, больше так не делайте». А мог бы и уволить... В конце концов, все обошлось — экспедиция состоялась. Нерпы оказалось много — 100 тысяч голов. Кто-то сказал, что регулярная английская армия побывала в России впервые после Севастопольской обороны 1853–1856 годов — забыл, наверное, про интервенцию во время гражданской войны у нас на севере.

Англичане, пока жили в Листвянке, вели себя как нормальные солдаты — пили, дрались с местными жителями, а один раз — между собой. Четыре солдата были женщинами, запомнилось, что они никому не позволяли помогать им таскать тяжелые грузы. А незадолго до того г-н Жириновский объявил, что русская армия будет скоро мыть сапоги в Индийском океане. Иркутская пресса подхватила: пока мы собираемся в Индию, английская армия уже моет сапоги в нашем Байкале... Сейчас — смешно, но тогда много пришлось пережить.

**ЗАЧЕМ СТАНОВИТЬСЯ  
АКАДЕМИКОМ**

Когда я поехал в Иркутск, В. А. Коптюг решил, что я должен стать членом-корреспондентом РАН, чтобы со мной считались чиновники. В первое время «погоны» помогали — не ответить по телефону, а тем более по «вертушке» (из московского кабинета шефа) было дурным тоном. Потом появилась масса новых «академий», и члены-корреспонденты перестали котироваться.

Спустя много лет — в прошлом году — меня выбрали в академики. За что — смотрите выше. За пульверизаторы.



Фото В. Урбанова







Корабль «Верещагин» — флагман научно-исследовательского флота Лимнологического института СО РАН. Фото Р. Ахмерова



Буровой комплекс в районе подводного Академического хребта (февраль 1996 г.)

140

Меня часто спрашивают: что же дает новое звание? Многие, особенно молодые ученые, искренне считают, что «погоны» не нужны и даже смешны. Я так не думаю. Ведь эта традиция возникла еще в каменном веке. Убив тигра, вождь вешал на шею его зуб, и все его слушались — не надо было перед каждым походом убивать нового. Так же и с генеральскими лампасами — удобно. Действительно, с академиком новые чиновники по телефону иногда разговаривают, можно решать вопросы. Для чего же использовать новые «погоны»?

Чувствую ли я себя академиком? Честно говоря, я чувствую себя не академиком, а призванным на Байкал солдатом. У меня в институте сейчас нет своей лаборатории. Без сомнения, ученый должен заниматься живой наукой, но при этом неизбежен конфликт интересов. Как можно отказать в поддержке себе, любимому?

Но жизнь сложнее схем. Поневоле несколько лет пришлось руководить лабораторией палеолимнологии. Сейчас по программе Президиума РАН занялся молекулярной биологией кремния — но это все-таки не лаборатория, а проект. Стараюсь делать это не в ущерб целому.

А время идет. Самое печальное в жизни старого академика — по-настоящему старый человек, сам того не замечая, теряет способность критически оценивать свои собственные мысли. А его по инерции слушают, а иногда и просто используют проходимцы.

Как же доказать себе, что пока работоспособен? Очень просто. В бизнесе стариков не выгоняют — пока зарабатывает деньги, полезен. Деньги никто зря не платит.

Не знаю, получится или нет, но своей главной задачей на ближайшее будущее считаю — доказать практическую полезность института в условиях рынка. Make money.

Весь лейтмотив охраны Байкала многие годы был негативным — нельзя одно, нельзя другое. По-моему, нужно сменить тональность — найти пути развития производительных сил Байкальского региона при строгом соблюдении Закона об охране озера Байкал и принципов мирового наследия. Беру пример с академика Ферсмана — еще в первую мировую войну он вместе с коллегами создал академическую комиссию по развитию производительных сил России, которая успешно работала и в советское время.

Что нужно развивать у нас, чтобы удвоить ВВП? А в Бурятии, может быть, и утроить — ведь это депрессивный регион.

Возможности науки огромны. Есть уже частично реализованный проект — производство бутилированной глубинной байкальской питьевой воды. То, что Байкал — колодец планеты, бесценный запас пресной воды глобальной значимости — давно стало общим местом.

В начале 1990-х на Байкал приехал президент одного из японских банков и попросил пробу воды Байкала. Зачем? Оказалось, он задумал производить бутилированную байкальскую воду. Я задумался: где можно взять пробу? В истоке Ангары, с поверхности? Как бы не опозориться — ведь там поселок, запросто можно нарваться на кишечную палочку. Дали ему глубинную воду, она оказалась отличной. Так и возникла мысль — производить именно глубинную воду.

Идею запатентовали, выпустили опытную партию — трубу на глубину 400 м опустили со льда. Разработали технологию финишной очистки, стерилизации, весь комплекс методов анализа и контроля качества. Организатором был А. Н. Сутурин — геохимик, один из наших ведущих научных сотрудников.

Наши лимнологи давно установили, что вода «ядра» Байкала — с глубин от 300 м от поверхности до 50–100 м от дна — самая чистая. Это подтвердили и иностранные ученые, которые измерили «возраст» глубинных вод и ответили на вопрос, когда та или иная масса воды была на поверхности. Оказалось, что возраст придонной воды 8–10 лет, а возраст ядра достигает 16 лет. Это объясняется уникальным механизмом водообмена: часть поверхностной воды в Байкале поступает сразу на дно, минуя ядро. В результате живущие в Байкале организмы — главным образом, микробы — имеют возможность дольше всего очищать именно воду ядра. Потому она и самая чистая.

Потом возник вопрос: кто же будет покупать и пить нашу бутилированную воду? Было ясно, что только не россияне, — зачем, если вода течет из крана? Но жизнь опровергла все «научные» прогнозы. В 2003 г. россияне выпили 2 миллиарда литров бутилированной воды. Выпили они и 50 миллионов бутылок воды Байкала. Это, конечно, очень мало. Но все же — это оборот порядка 20 миллионов долларов. Только налогов было уплачено 8 миллионов у. е. Восемь годовых бюджетов Института. Ничто не мешает поставить на Байкале производство 2 миллиардов бутылок в год — оборот не менее 800 миллионов долларов в год. По 400 долларов в год на каждого жителя Байкальского региона — неплохо, как

вклад в ВВП. И это будет — рано или поздно. Конечно, лучше бы поскорее. Если бы все люди пили по полтора литра в сутки только той воды, которая хранится в чаше Байкала, всем бы хватило на 6000 лет. Ресурс неисчерпаем. Вреда озеру нет.

141

Есть время разбрасывать камни, а есть время их собирать. Наш первый долг сегодня — убрать необоснованные ограничения деятельности людей на Байкале. Приведу совсем свежий пример: с подачи ихтиологов из Улан-Удэ и московских экс-юннатов правительство приняло постановление о недопустимости изменения уровня Байкала в интересах работы Ангарского каскада ГЭС вне пределов 456–457 м над уровнем моря. Цель разработчиков запрета была вполне меркантильная — заставить иркутских энергетиков платить за «экологический ущерб», если они нарушат запрет. То, что запрет невозможно соблюсти технически — никого не волнует. Энергетикам нужен допуск не в 1, а в 1,5 метра, чтобы накапливать воду при маловодье и медленно спускать ее при избытке, не смывая расположенные ниже по течению от Иркутской ГЭС объекты. Цена вопроса — полтора миллиарда рублей только от снижения выработки энергии, полметра уровня — это 15 кубокилометров, т. е. четверть годового стока Ангары. Говорят, водников просили в прошлом году разрешить сбросить полтора сантиметра — те не разрешили — и чуть не сорвался северный завоз. Хорошо, что дожди пошли.

Наша экспертиза однозначно показала, что регулирование уровня Байкала энергетиками с 1959 года не принесло никакого вреда экосистеме озера. Популяция омуля не убывала, как предсказывали ихтиологи — авторы запрета. Наш прямой эхолокационный учет показал, что



между 1995 и 2003 г. она выросла от 20 до 50–70 тыс. тонн. Разница в 30 тыс. тонн омуля при рыночной цене 60 руб./кг стоит 1,8 миллиарда рублей. Омуля надо бы вылавливать — иначе он сам зря погибнет. Весь годовой бюджет Лимнологического института — около 40 миллионов рублей. Бюджет Бурятии — около 2 миллиардов. Прибыль считайте сами.

Может ли наука стать непосредственной производительной силой, как говорили раньше? Иногда может. В прошлом году было решено электрифицировать остров Ольхон. Задача важная — какая жизнь без электричества? Какой международный туризм? К тому же женщины жалуются — нельзя поглядеть платье, электрический утюг включить некуда, а старинных, на древесном угле, не выпускают. Силовой кабель на Ольхон решено прокладывать под водой. Это правильно, воздушная ЛЭП через пролив не украсила бы ландшафт. К тому же в проливе дует легендарная Сарма, а строительство ЛЭП, устойчивой к урагану, весьма дорого. За многие годы исследований мы накопили массу информации о Малом Море. У нас есть флот, есть геологи и биологи-подводники, есть связи с российскими геофизиками. По контракту с энергетиками мы исследуем маршрут прокладки силового кабеля и дадим рекомендации, как это сделать дешевле и надежнее.

Вот небольшой пример: на дне пролива обнаружили таинственные песчаные валы высотой около метра с расстоянием между гребнями 20 метров. Для безопасности кабеля крайне важно знать, как они образовались. По одному сценарию эти валы — волны ряби от течения в проливе. Если виноваты течения — их скорость очень большая — это для кабеля опасно. Второй вариант: валы — это бывшие дюны, затопленные барханы (см. рисунок на с. 141). Во время последнего ледникового, 18 тысяч лет назад, когда климат был сухой, Селенга пересыхала, уровень Байкала понижался метров на 30, обнажалось песчаное дно, дул сильный ветер — и формировались барханы. 15 тысяч лет назад влажность климата выросла, уровень потихоньку поднялся, и барханы залило. В этом случае опасности для кабеля нет — в следующий раз уровень понизится на 30 метров не скоро. Но окончательного ответа пока нет, можно придумать еще десяток сценариев. Ясно одно — даже палеолимнология может стать непосредственной производительной силой! Не исключено, что институт примет участие и в самой прокладке кабеля — ведь флот у нас есть.

Идей много. Обо всех не расскажешь. Разве что еще одна. К северо-западу от Байкала осваивается знаменитое Ковыктинское газовое месторождение. Сейчас реализуется программа газификации Иркутской области. Но рано или поздно газ нужно будет подавать на экспорт. Запуганные экологами проектировщики рассматривают только такие маршруты, которые обходят



Газогидрат. Фото В. Короткоручко

Байкал на многие километры. А почему? Ведь газ — не нефть, байкальскую воду при прорыве наземного трубопровода он загрязнить не может. Более того, в осадках Байкала содержатся огромные количества газовых гидратов, которые постоянно отдают метан в воду. Есть и другие выходы метана, не связанные с гидратами, особенно возле дельты Селенги. Почему бы не проложить трубу по короткому пути — по дну Байкала, как это делают на Балтике, в Черном море? Если труба лопнет, газовый пузырь уйдет в атмосферу, а вреда Байкалу не будет — в его воде и так растворено много метана, и все эндемики к этому приспособились. Зато дальше можно проложить экспортную трубу через Улан-Удэ, через другие промышленные центры Бурятии, дать ей экологически чистое топливо. О ВВП говорить не надо — ясно и так. Идея — спорная, но заслуживающая рассмотрения.

Если бы не был я академиком, никто бы и слушать не стал.



Фото В. Короткоручко



# ДОМ ДЛЯ Ганджура

КНИГИ  
БУДДИСТОВ-КОЧЕВНИКОВ  
ТРАНСБАЙКАЛЯ



СЫРТЫПОВА Сурун-Ханда Дашинамаевна — кандидат исторических наук. После окончания в 1991 г. восточного факультета Ленинградского государственного университета работает в Институте монголоведения, буддологии и тибетологии СО РАН. Специалист в области тибетского источниковедения и религиоведения. Автор монографии «Культ богини-хранительницы Балдан Лхамо в тибетском буддизме» (М.: Восточная литература, 2003)

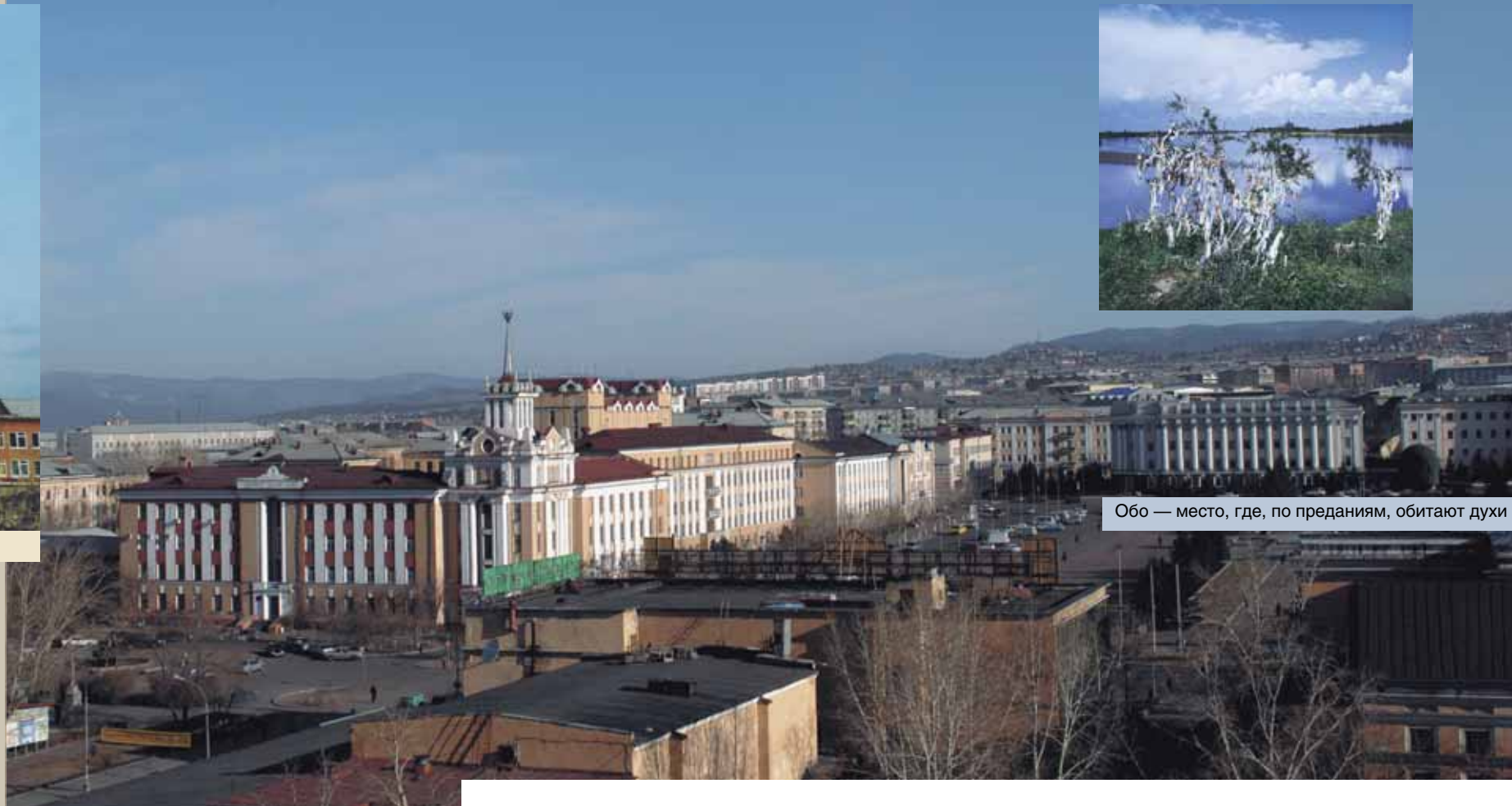
Неповторимый колорит Байкальского региона, уникальность его историко-культурных памятников отражает собранный в городе Улан-Удэ богатейший фонд объектов традиционной книжной культуры народов Центральной Азии. Хранилище восточных рукописей и ксилографов Института монголоведения, буддологии и тибетологии (ХВРК ИМБиТ СО РАН) содержит не только артефакты далекого и не столь далекого прошлого коренных жителей Байкальского региона. Это — напоминание современникам о богатой и глубокой культуре «темных предков», которые смогли изучить, оценить, адаптировать и развить высочайшие достижения цивилизаций Древней Индии, Китая, Тибета, Ирана.

Коллекция тибетских и монгольских рукописей и ксилографов ИМБиТ создавалась на протяжении десятилетий, начиная с 1922 года, — времени создания Бурятского Ученого Комитета. Теперь это — одно из крупнейших собраний предметов книжной тибето-монгольской культуры в мире. Фонд является ценнейшей коллекцией памятников письменности, так как содержит обиходные тексты бурятских храмов, духовенства и интеллектуальной элиты, бывшие в активном пользовании буддистов этнической Бурятии в XVIII — начале XX века. Они поступали по мере ликвидации дацанов в 1930-е годы XX века и ухода из жизни буддийского духовенства и старо-бурятской интеллигенции.





Здание хранилища восточных рукописей



Обо — место, где, по преданиям, обитают духи

Однако все это лишь отзвуки былого богатства бурятских храмов. По приблизительным подсчетам, в 1914 году минимальное количество буддийской литературы в сорока основных бурятских дацанах составляло 450 тыс. томов (по 400 страниц в среднем) и оценивалось в 4,5 млн руб. (в ценах 1914 года). Это без учета того, что в отдельных дацанах имелись особо ценные издания, художественно переписанные «девятью драгоценностями»\*. К примеру, Ганджур (собрание проповедей Будды) без учета бумаги и драгоценных красок оценивался в 65 тыс. руб. в ценах 1909–1910 гг.\*\*. Кроме того, в это число не было, очевидно, включено содержание десятков сотен субурганов (буддийских ступ, уничтоженных во времена репрессий), которые хранили сотни тысяч томов буддийских текстов и других культовых реликвий.

Систематическое изучение коллекций книг тибетского и монгольского фондов Бурятского Научного Центра началось еще в середине 1950-х годов. Научный персонал хранилища занимается проблемами сохранения книг и созданием полного каталога имеющейся литературы для лучшей организации доступа к кладовым вековых знаний. Важную роль в систематизации фондов сыграли бывшие ламы, принятые в качестве сотрудников института для работы в рукописном отделе — Лодой Ямпиров, Гымпыл Гомбожапов, Бато-Мунко Дашиев, Бидья Дандарон. Поэтому систематизация буддийской литературы в фондах была подчинена традиционной классификации, существующей в тибетском буддизме, с выделением канонических изда-

\* В знак особого почитания монголы и буряты переписывали некоторые буддийские трактаты красками, изготовленными из девяти (семи) видов драгоценностей — золота, серебра, кораллов, жемчуга, бирюзы, лазурита, перламутра, стали, меди

\*\* По информации Антирелигиозного музея во ВЦИК БМССР о буддийско-ламаистской литературе, находящейся в дацанах БМССР. 1935 г. НАРБ



Собрание тибетских и монгольских текстов, имеющихся сегодня в ИМБиТ, насчитывает более десяти тысяч томов и сотни тысяч текстов, среди которых есть ксилографические издания Ганджура и Данджура, выполненные в тибетских монастырях Дэргэ и Нартан; издания Ганджура императорской книгопечатни Пекина эпохи Цинь, Их Хурэ (ныне Улан-Батор); Ганджур, изданный тибетским монастырем Чонэ; собрания сочинений более семидесяти тибетоязычных авторов; большое количество отдельных томов и текстов, а также рукописных книг

ний — Ганджур (тиб. bka' 'gyur, — собрание проповедей Будды), Данджур (тиб. bstan 'gyur — собрание трактатов, комментирующих проповеди Будды), авторских собраний сочинений — сумбумов (тиб. gsung 'bum) и отдельных изданий (тиб. thor bu).

В 1995 году было построено специальное здание с фондохранилищем и рабочими кабинетами исследователей и сотрудников института. Однако сам принцип содержания книг в хранилище противоречит традиционным буддийским представлениям о хранении культовых предметов. Книга в понимании буддистов — это символ учения Будды, его просветленного сознания, драгоценный кладезь знаний, или, говоря современным языком, — ценнейший информационный ресурс. Но, в отличие от технологических носителей, буддийская книга является предметом всеобщего почитания, самостоятельным культовым объектом, который должен быть доступен верующим для поклонения и изучения, ибо это одна из его главных функций. Таким образом, в этом, казалось бы, достаточно отработанном вопросе — проблеме сохранения памятников письменности — возникает конфликт культур.



Извлечение буддийских текстов из среды традиционных пользователей, сокрытие в помещении с резким ограничением доступа действительно лишает их «жизни» и функционального предназначения. Этот диссонанс обнаруживается в том, что само хранилище находится в традиционном буддийском регионе, то есть в среде потенциальных пользователей. Этот конфликт культур существует пока неявно, но не перестает от этого быть конфликтом, так как сталкиваются два совершенно разных подхода к произведениям письменной культуры. Со стороны современной науки они представляют собой некий артефакт давно минувшего и отжившего прошлого, который следует беречь, хранить в особых «кладовых», а для большей сохранности экспонировать за стеклянными витринами и т. д. Создание памятника-мемориала является свидетельством того, что предмет (явление) вышел из активного употребления, и необходимо нечто в качестве символа-заменителя, напоминания о нем.

Восточная культура, в частности, культура монголо-тибетская, буддийская, принимает в качестве памятника лишь то, что имеет культовое значение, а стало быть, живо духовно, а не только материально. Если вещь теряет свое предназначение, она утрачивает ценность для социума, а следовательно, и необходимость сбережения. Этот глубокий рационализм, вероятно, был порожден мобильным и суровым бытом кочевника. Буддийская философия не вечности, или шуньяты — пустотной сущности бытия, — лишь укрепила мировоззрение вольного кочевника. Поэтому памятник в монгольской культуре функционально активен, актуален для социальной среды, его культивирующей. Если что-то понимается как памятник, то оно является одновременно предметом культа и активного почитания.



Буддийская книга ценилась и ценится приверженцами учения Будды Шакьямуни как реликвия высшего разряда. Столь высокое культовое значение книги основывается на том, что она воспринимается как символ слова Будды (в то время как скульптура или живописное изображение есть символы тела Будды, а ступа (субурган) — символ сознания Будды). Поэтому классические каноны композиции алтарей предписывают расположение буддийских текстов выше культовых образов и прочих ритуальных предметов



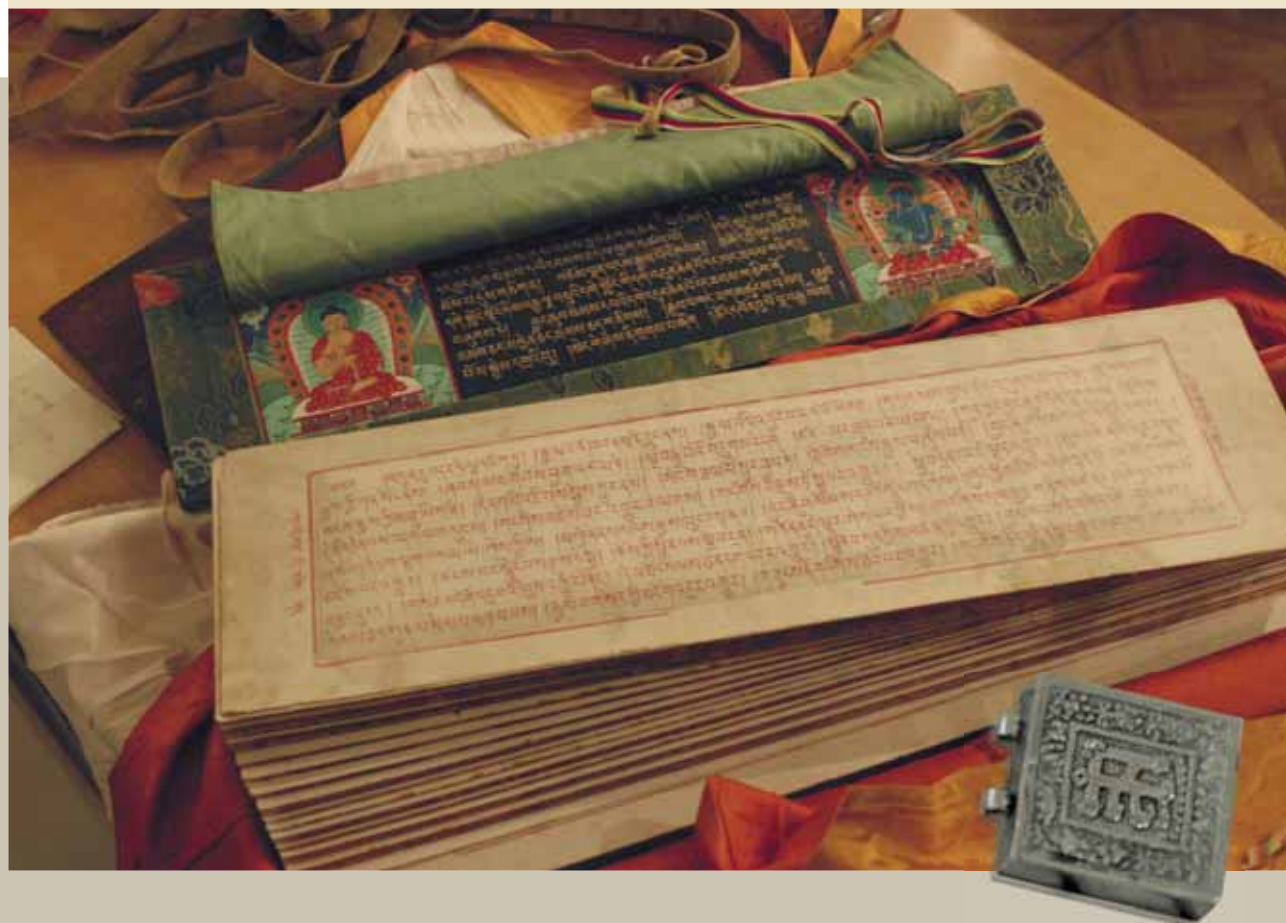
### О ФОРМЕ БУДДИЙСКИХ КНИГ БУРЯТ И МОНГОЛОВ

Традиционная книжная культура бурят в России была неотъемлемой частью культуры монгольского мира и тибетского буддизма. В начале XX века она представляла собой синтез древнеиндийских, китайских, центрально-азиатских и российских влияний, который приобрел под «Вечным Синим Небом» свою уникальную форму, наиболее удобную для кочевого быта и свободолюбивого нрава монголов и бурят.

Форма буддийских книг бурят-монголов в древности была продиктована свойствами сырья для письменных нужд: это были либо длинные и узкие пальмовые листья, либо береста, нарезанная полосками вдоль естественных прожилок. Хрупкий материал книги защищали две дощечки. Листы помещали между ними и скрепляли шнуром, продернутым сквозь всю их толщину: для этого в тексте специально оставляли два пробела-кружочка, чтобы сделать отверстия. Индийское и тибетское горизонтальное письмо хорошо ложатся на такой формат. Монгольское письмо — вертикальное, поэтому оригинальные монгольские тексты постепенно «растянули» рамку текста, нередко сближаясь по

форме с китайскими тетрадами. Поскольку иероглифическое китайское письмо с вертикальными строками диктовало свои требования, китайцы использовали шелковые свитки. Однако и свиток был удобен для использования не всегда, так как его приходилось разворачивать полностью, чтобы дочитать одну строку. Монголы нечасто использовали свитковую форму. Более мобильна была «гармошка», восходящая к свитку и позволяющая раскрывать любой отдельный фрагмент книги. «Гармошка» была удобна как для вертикального монгольского письма, так и для горизонтального тибетского. Ее преимущество перед свитком состояло еще и в экономности — текст можно было записывать на обеих сторонах листа. В фонде ИМБигТ сохранились подобные образцы — бурятские монастырские издания в форме «гармоники» (вторая половина XIX в.).

Если «гармошку» скрепить с одного торца, то образуется сброшюрованная книга, которую можно листать, не опасаясь, что она рассыплется.







Сброшюрованные книги появились у монголов с XVI–XVII вв. Современные ламы в бурятских дацанах используют тексты на листах узкого и длинного формата

#### О ТЕХНОЛОГИИ ТРАДИЦИОННЫХ ИЗДАНИЙ

Ксилография или метод тиражирования текстов с помощью клише или матрицы, вероятно, была заимствована монголами у китайцев через тибетскую письменную культуру. Для изготовления матрицы подбирали подходящую породу дерева, заготавливали ее в определенное время и сушили в тени. Затем по размеру нарезали доски, вываривали их в масле, дубили, снова сушили и шлифовали. Каллиграфы заготавливали тексты на кальке, которую приклеивали лицевой стороной к доске. Опытный резчик искусно вырезал текст по нанесенному рисунку. Готовый бар (монг. *бар*, от тиб. *dpar*) или матрица чаще всего представлял собой деревянную (иногда металлическую или каменную) дощечку с вырезанным в «зеркальном отображении» текстом. Главная трудность ксилографии состоит в изготовлении качественной матрицы. На готовое клише валиком наносили краску или чернила, затем прикладывали лист бумаги, ткани или пергамента, по верху листа прокатывали валиком — и ксилографический оттиск страницы был готов.

#### ИЗ ИСТОРИИ КНИГОПЕЧАТАНИЯ МОНГОЛОВ

Достоверно известно, что ксилографическое книгопечатание монголы использовали уже на рубеже XIII–XIV веков. Сохранилось издание «Толкования Бодхичарьяватары» Шантидэвы, собранное знаменитым монгольским ученым и переводчиком Чойжи-Одсэром в 1312 году. Период после падения великой монгольской империи Юань (XV–XVI вв.) остался поистине «темным периодом» в истории Монголии из-за неизвестности большого ряда событий, происходивших на обширной территории Центральной Азии, а также ее северной оконечности, к которой относится Байкальский регион. Междоусобные войны, крушение имперских идеалов, и, вероятно, смещение ценностных ориентиров привели к тому, что памятников данного периода, способных пролить свет на события тех лет, сохранилось крайне мало, но даже они до сих пор не изучены.

Письменные свидетельства и дошедшие до нас артефакты подтверждают наличие второй волны распространения буддизма и книжной культуры во времена Алтан-хана Гуметского (1507–1582). Тогда же был сделан централизованный перевод буддийского святого

писания на монгольский язык. Однако полное собрание буддийского канона того периода не сохранилось из-за многочисленных пожаров, погубивших библиотеки.

Наиболее ранний из известных полный канонический свод монгольского Ганджура датируется 1629 годом. Он создавался по инициативе последнего всемонгольского правителя Лигдан-хана чахарского (1603–1634). Издание было написано «золотом и серебром» и получило название «золотого Ганджура». Второе ксилографическое издание буддийского канона на монгольском языке (1717 год) было выполнено красными «чернилами», и стало известно как «красный Ганджур» просвещенного Энхэ Амугулангту эзэн-хана (императора Канси).

Культовое значение книги обязывало издателя и пользователя следовать определенным канонам. Книгу украшали, насколько это было возможно. Хранить буддийские книги полагалось непременно на высоком, специально отведенном месте в специальных шкафах и сундучках (монг. *сугулик*).



Кроме многих шелковых и парчовых «одежд» (монг. *жанши*), каждый том для упрощения поиска нужного текста имел специальный ярлык (дондур), на котором обычно указывали название текста или раздела, номер тома, имя автора и издательство. Чем более почитали книгу, тем богаче и наряднее выглядел дондур: его делали с защитной шторкой (часто состоявшей из нескольких слоев дорогих тканей), снабжали подвесками из бусин коралла, жемчуга, малахита, чеканных бляшек, монет и т. п.

Тибетоязычные издания Ганджура — предшественника монгольского буддийского канона — были предприняты в тибетском монастыре Нартан: первое в 1312—1320 гг., второе — в 1605 г. В 1410 году вышло первое пекинское издание Ганджура. Совершались и другие, неоднократные попытки издать его в Пекине. Однако наиболее распространенным стало торжественное издание императора Канси (1717 г.)





Будда врачевания Манла с сосудом эликсира и веткой миробалана. Особое значение придавалось титульной странице. Для лучшей сохранности листов она могла быть укреплена жесткой доской, и одновременно служить обложкой книги. По центру листа размещали название текста, а по бокам — изображения будд и божеств, имеющих отношение к содержанию текста

#### О КНИГОПЕЧАТАНИИ У БУРЯТ В РОССИИ

В полиграфии бурятских монастырей активно использовался санскрит. Тибетский и санскрит были языками учености, и по своей роли в центрально-азиатской культуре были сходны с ролью латыни и греческого языка в Европе.

В религиозной практике, как правило, актуализируется не все многообразие буддийского письменного наследия, а только отдельные и не очень объемные тексты канонического, а порой и не канонического собрания. Поэтому часть издаваемой литературы представляла собой определенную традицию буддийского вероучения, воспринятую бурятами и активно практиковавшуюся. Канонические книги, как правило, были больших размеров и занимали изрядный объем пространства. Такие издания использовали исключительно для специальной храмовой службы — чтения Ганджура. Использование собраний трактатов именитых буддистов для самообразования, совершенствования духовной практики, а также проведения публичных проповедей гашэ (тиб. bka' bshed) было по плечу лишь избранному кругу лиц из числа высокообразованных лам и степной аристократии. Для большинства населения эти книги оставались культовыми объектами, наравне с образами будд и буддийских божеств.



Как правило, в доме каждого буддиста на семейном алтаре хранилась хотя бы одна сутра. Однако это не означает, что содержание буддийских книг было недоступно. В местных типографиях из огромного количества буддийских текстов выбирали и издавали те, что чаще других использовались в ежедневной храмовой службе, в бытовой обрядности и образовательной системе монастырей-университетов. Чем более был востребован текст, тем больше его издавали. Так, наименования многих книг содержатся в учетных списках продукции разных книгопечатен Бурятии. Об этом же свидетельствуют ксилографические отпечатки одного и того же текста, изданные с разных матриц в разных монастырях Трансбайкалья.

Образцы печатных изданий бурятских дацанов свидетельствуют о большом внимании к книгопечатанию, искусству мастеров и тщательности технологической обработки матриц, обложек, оберток и ярлыков для книг. Традиция изготовления, хранения и использования книг свидетельствует об особом трепетном отношении бурят к учению и образованию.



О глубине проникновения буддийского мировоззрения в профессиональное сознание бурят можно судить по предметам прикладного искусства агинских бурят. Женские серебряные украшения, подвески, наперстки для шапочки, мужской набор «степного джентльмена» с огнивом и ножом в ножнах, маникюрный серебряный набор, носимый на поясе, специальный медальон-божничка «гау» — все эти вещи украшены буддийской символикой. Так называемый кузнечный культ был издревле распространен среди бурят-монгольских родов. В 1735 г. профессор химии и натуральной истории Российской Академии наук Иоганн Георг Гмелин в этнографических описаниях своего путешествия по Сибири отмечал, что буряты «умеют делать по железу серебряные и оловянные насечки так хорошо, что их работа не уступает дамасской» и даже многие русские, живущие с ними по соседству, «питаются тем, что торгуют произведениями бурятского ювелирно-кузнечного ремесла»

Канонические бурятские издания. В сложенном виде они выглядят как блок размером приблизительно 100x25x15 см, обернутый в прямоугольные хлопчатобумажные, шелковые и парчовые покрывала в три—семь слоев. Такой блок помещали между двумя дощатыми обложками и тщательно обвязывали ремнями длиной до 15—20 метров



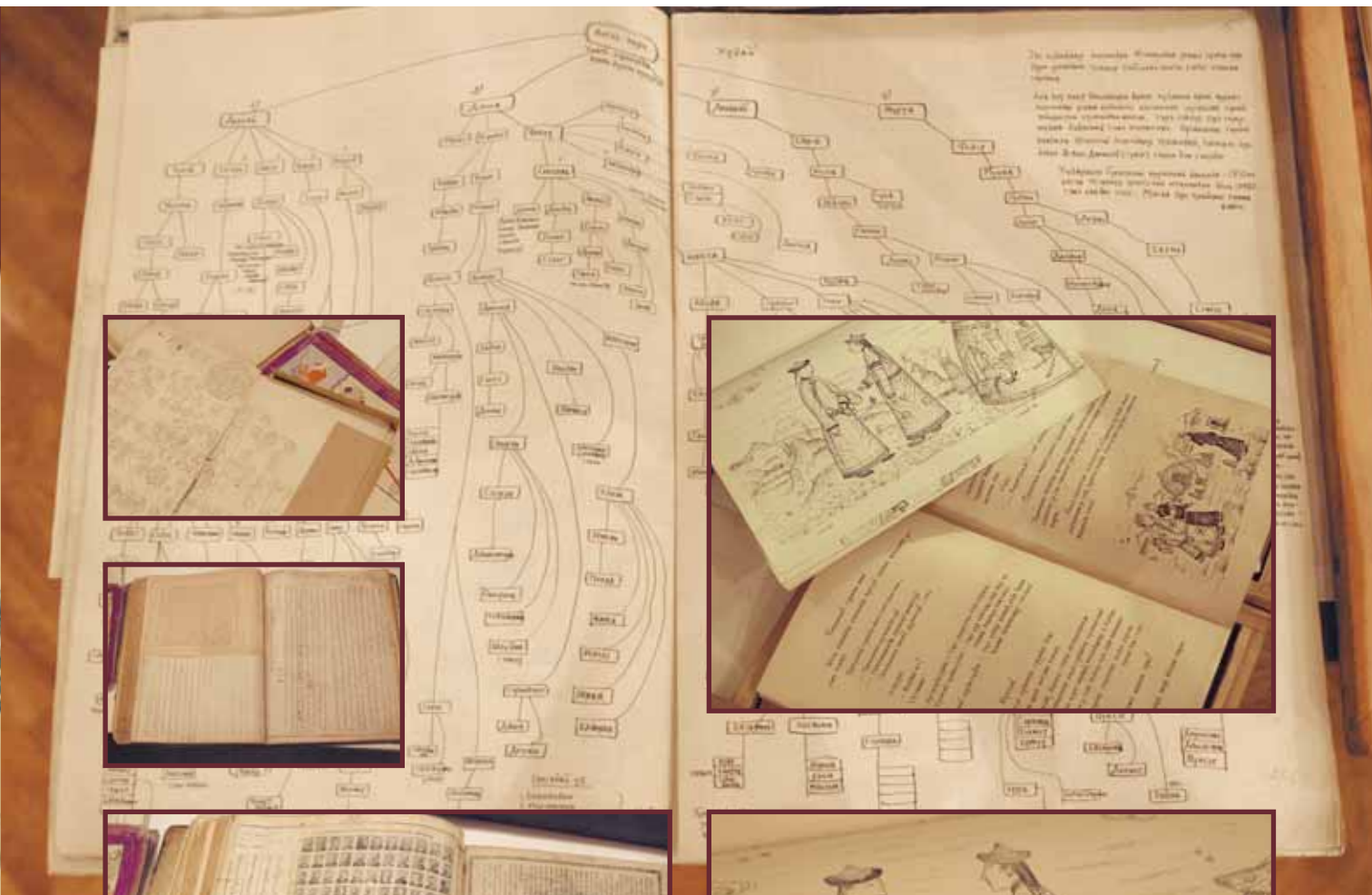




Как правило, особо оформляли и последнюю страницу книги. Текст обычно завершал живописное изображение хранителей четырех сторон света. Изображение божеств в книге выполнялось в технике аппликации или вышивки, но чаще всего использовался рисунок на шелке, холсте или бумаге. Страницы с образами божеств также декоративно оформляли защитными шторками, которые изготавливали из изысканных тканей, гармонирующих по цвету

*Расцвет книгопечатания бурят, находящихся в подданстве России, приходится на вторую половину XIX века. Буряты активно использовали тибетское и монгольское письмо, китайские технологии и бумагу русских мануфактур. Монгольское письмо — это письменность родного языка, а тибетское — это язык религии, буддизма, буддийской образованности*

В древности у монголов традиция памятования родословного древа хранилась устно и передавалась из поколения в поколение. Многие буряты могли по памяти воспроизвести свою родословную до 17-го колена, а знать родословную до седьмого колена был обязан каждый ребенок. С распространением письма (начиная с XIII века) эти данные стали записывать. Родословные летописи, а также рисунки-схемы родословного древа «угай бичиг» очень ценили и передавали из поколения в поколение как главную фамильную драгоценность



Среди оригинальных монгольских текстов светского содержания следует отметить уникальные исторические источники — образцы родословных летописей бурят. Это исторические повествования, созданные отдельными представителями степной аристократии (рукописная история хори-бурят Рабжи Санжеева является продолжением более ранней истории бурят, написанной Хабитуевым, и содержит описание событий с 1888 по 1920 г.). Автором вклеены эпизоды периодики начала XX века на русском и монгольском языках, изданной в Забайкальской области

В современной светской бурятской литературе развлекательного характера до сих пор прослеживаются традиции издания рукописной монгольской книги для широких масс, богато украшенной живописными иллюстрациями



## СКОРО ВЫЙДЕТ В СВЕТ



Н. В. Полосьмак  
Л. Л. Баркова

Костюм  
и текстиль  
пазырыкцев  
Алтая  
(IV—III вв. до н. э.)



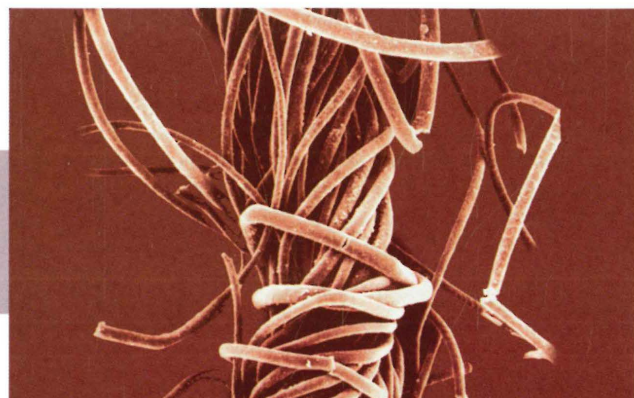
Н. В. Полосьмак, Л. Л. Баркова  
Костюм и текстиль пазырыкцев  
Алтая (IV—III вв. до н. э.). —  
Новосибирск: «ИНФОЛИО», 2004. — 272 с.; ил.  
ISBN 5-89590-051-8  
Формат 60x90 1/8

В предлагаемой монографии рассматривается археологический текстиль и костюм из «замерзших» погребений пазырыкской культуры Горного Алтая (IV—III вв. до н. э.), хранящийся в музее истории и культуры народов Сибири и Дальнего Востока Института археологии и этнографии СО РАН и Государственном Эрмитаже. Древний текстиль, сохранившийся исключительно благодаря льду и холоду высокогорий Алтая, является уникальным источником разнообразной научной информации. Окрашенные ткани и войлоки пазырыкцев стали объектом комплексного исследования с целью определения видов и источников древних красителей и протрав.

Были идентифицированы все растительные остатки, обнаруженные в погребениях, а также проведены исследования по выявлению возможных красителей неорганического происхождения. Все анализы выполнены новейшими методами электронной спектроскопии с компьютерной обработкой спектров, дифференциального растворения (для определения неорганических элементов тканей), молекулярной спектроскопии и жидкостной хроматографии (для определения органических элементов тканей). Полученные результаты являются настоящим открытием в этой области.

Книга иллюстрирована цветными фотографиями образцов из коллекций Государственного Эрмитажа (г. Санкт-Петербург) и Музея истории и культуры народов Сибири и Дальнего Востока (г. Новосибирск), а также научными реконструкциями костюмов. В приложении приведены графики и таблицы, позволяющие подробно ознакомиться как с методами исследования, так и с результатами.

Монография представляет интерес для широкого круга читателей — археологов, этнографов, искусствоведов, историков, химиков, ботаников, а также всех, кто интересуется культурой и искусством древности.

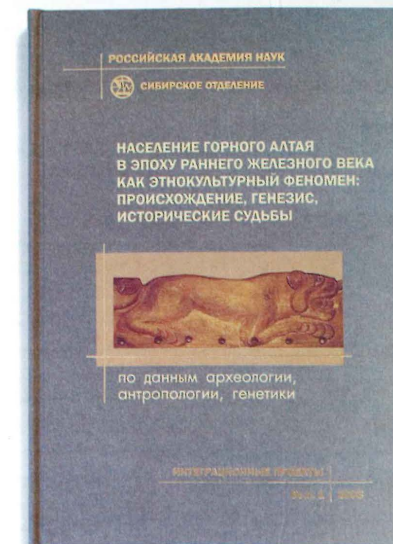
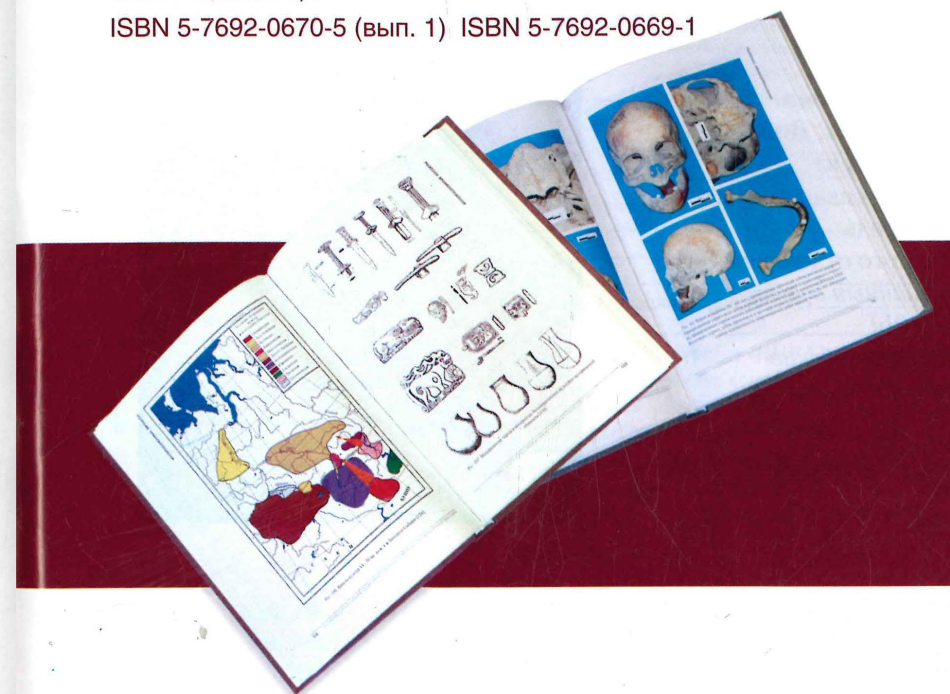


## ВЫШЛА В СВЕТ

Первый выпуск серии «ИНТЕГРАЦИОННЫЕ  
ПРОЕКТЫ СО РАН»

В. И. Молодин, М. И. Воевода, Т. А. Чикишева и др.  
Население Горного Алтая в эпоху раннего  
железного века как этнокультурный феномен:  
происхождение, генезис, исторические судьбы  
(по данным археологии, антропологии,  
генетики). — Новосибирск: изд-во СО РАН,  
2003. — 286 с. — (Интеграционные проекты  
СО РАН; вып. 1).

ISBN 5-7692-0670-5 (вып. 1) ISBN 5-7692-0669-1



В монографии обобщены материалы комплексных (археологических, антропологических, генетических) исследований погребальных памятников пазырыкской культуры (VI—III вв. до н. э.) на территории Горного Алтая, в том числе и на плоскогорье Укок. В результате интегрированного осмысления широкой источниковой базы были получены принципиально новые данные, демонстрирующие генетический потенциал, особенности, социально-экономический уровень развития пазырыкской культуры, антропологический тип ее носителей. Авторы получили возможность поставить вопрос о происхождении, генезисе и исторических судьбах пазырыкцев и предложили оригинальную концепцию этногенеза населения Горного Алтая в эпоху раннего железного века.

Книга адресована археологам, антропологам, генетикам, а также всем интересующимся данной тематикой.





# НАУКА

из первых рук

# SCIENCE

First Hand

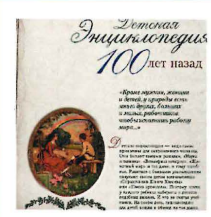
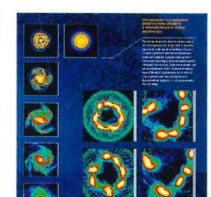
русская версия

английская версия

*Познавательный журнал для хороших людей*

научно-популярный журнал

Периодичность: 6 номеров в год



**Журнал учрежден Сибирским отделением Российской академии наук**  
Главный редактор академик **Н. Л. Добрецов**, вице-президент Российской академии наук, председатель Сибирского отделения РАН  
**Редакционный совет и АВТОРЫ** ведущие российские и зарубежные ученые



- Актуальная научная информация
- Самые свежие гипотезы
- Открытия, новые технологии, изобретения
- Научные экспедиции
- Прошлое, настоящее, будущее науки

**Аудитория:**  
• ученые,  
• преподаватели,  
• студенты  
• школьники и просто  
• **ЧИТАТЕЛИ**, в которых живет естественное желание познать

[www.ScienceFirstHand.ru](http://www.ScienceFirstHand.ru)

## ПОДПИСКА

для ЮРИДИЧЕСКИХ ЛИЦ  
(по безналичному расчету)

Чтобы оформить подписку журнала на второе полугодие 2004 г., **заполните приведенную ниже заявку:**

1. Полное наименование организации \_\_\_\_\_
2. Юридический адрес \_\_\_\_\_
3. ИНН/КПП \_\_\_\_\_
4. Тел./ факс \_\_\_\_\_
5. E-mail \_\_\_\_\_
6. Контактное лицо (Ф.И.О. полностью) \_\_\_\_\_
7. Ваши реквизиты для получения изданий по почте: \_\_\_\_\_  
Почтовый индекс \_\_\_\_\_  
Почтовый адрес \_\_\_\_\_
8. Получатель издания в организации (отдел, Ф.И.О.) \_\_\_\_\_
9. Прошу выслать счет на подписку журнала «НАУКА из первых рук» (на русском языке) на второе полугодие 2004 г., количество комплектов\* \_\_\_\_\_, стоимостью 1200 руб. каждый:  
почтой \_\_\_\_\_, факсом \_\_\_\_\_, e-mail \_\_\_\_\_

\* Один комплект состоит из 4-х номеров, включая нулевой

и вышлите ее по адресу:

630090 г. Новосибирск, а/я 96  
Редакция журнала  
«НАУКА из первых рук»

или отправьте по факсу: 8 (3832) 332698  
или по e-mail: [zakaz@info-press.ru](mailto:zakaz@info-press.ru)

Счет на оплату будет выслан в течение трех рабочих дней после получения заявки. На комплект журналов на второе полугодие 2004 г. можно подписаться с любого месяца 2004 г.

По всем вопросам обращаться:  
Редакция журнала «НАУКА из первых рук»  
630090 г. Новосибирск,  
пр. Академика В. Коптюга, 4,  
Тел.: 8 (3832) 332698, 356361,  
Факс: 8 (3832) 332698,  
e-mail: [zakaz@info-press.ru](mailto:zakaz@info-press.ru)  
[www.ScienceFirstHand.ru](http://www.ScienceFirstHand.ru)

Стоимость подписки журнала (на русском языке) на второе полугодие 2004 г.:  
**для юридических лиц 1200 рублей** за 4 номера, включая нулевой

В стоимость подписки включена доставка журналов заказной бандеролью

**Платежные реквизиты:**

ООО «ИНФОЛИО»,  
ИНН 5408148073  
Р/счет 407 02 810 603 120 002 214  
в ОАО «СИБАКАДЕМБАНК»,  
г. Новосибирск  
Кор/счет 30101810100000000821,  
БИК 045004821



# ПОДПИСКА для ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ (за наличный расчет)

Стоимость подписки журнала (на русском языке)  
на второе полугодие 2004 г.: для физических  
лиц 480 рублей за 4 номера, включая нулевой

Чтобы оформить подписку журнала (на русском языке) на второе полугодие 2004 г.,  
заполните заявку:

**Оплатите** стоимость подписки в любом отделении Сбербанка, заполнив прилагаемую ниже Форму ПД-4 или почтовым переводом по платежным реквизитам, указанным на с. 159.

**Вышлите** заполненную заявку и копию квитанции о переводе денег по адресу:

1. Прошу оформить подписку журнала «НАУКА из первых рук» на второе полугодие 2004 г., количество комплектов \_\_\_\_\_, стоимостью 480 руб. каждый:

2. Ф.И.О. \_\_\_\_\_

3. Почтовый адрес:  
Индекс \_\_\_\_\_

Тел./факс \_\_\_\_\_ E-mail \_\_\_\_\_

Копия квитанции об оплате от \_\_\_\_\_  
прилагается

630090 г. Новосибирск, а/я 96, Редакция  
журнала «НАУКА из первых рук» или  
отправьте по факсу: 8 (3832) 332698

В стоимость подписки  
включена доставка журналов  
заказной бандеролью

ИЗВЕЩЕНИЕ	ИНН 5408148073 000 «ИНФОЛИО» <b>Форма № ПД-4</b>			
	Получатель платежа Учреждение банка ОАО «СИБАКАДЕМБАНК», г. Новосибирск, БИК 045004821 Счет получателя 40702810603120002214 К/с 30101810100000000821			
Кассир	фамилия, и., о., адрес			
	Подписка на: Журнал «НАУКА из первых рук»	Цена одного номера	Количество номеров	Сумма
	4 номера, 2004	120-00	4	480
	Платательщик			
ИЗВЕЩЕНИЕ	ИНН 5408148073 000 «ИНФОЛИО» <b>Форма № ПД-4</b>			
	Получатель платежа Учреждение банка ОАО «СИБАКАДЕМБАНК», г. Новосибирск, БИК 045004821 Счет получателя 40702810603120002214 К/с 30101810100000000821			
Кассир	фамилия, и., о., адрес			
	Подписка на: Журнал «НАУКА из первых рук»	Цена одного номера	Количество номеров	Сумма
	4 номера, 2004	120-00	4	480
	Платательщик			

С генетически  
модифицированными  
продуктами — плодами  
биотехнологий —  
знакомы все.

Но немногие слышали  
о трансгенных  
животных —  
«биореакторах»

для производства  
незаменимых  
лекарств,

о растительных  
«съедобных вакцинах»

и о том, что первым  
генным инженером  
была сама природа.

В следующем номере  
из «первых рук» —  
только достоверная  
информация об успехах  
и проблемах генной  
инженерии 21-го века





