

ПРИРОДА

5 02



В НОМЕРЕ:**3 Сковрцов А.К.**
О языке современной русской научной литературы

Что такое научный язык? Ответ простой. Это любой существующий язык, если он используется для расширения познания и если факты и мысли на нем излагаются ясно, четко и логически связано.

Лекторий**14 Михайлов О.В.**
Многоликая изомерия координационных соединений**Калейдоскоп**

18 Сокровища Ассирии заговорят по-новому (**18**). Таймырский мамонт: успех или конфуз? (**19**). Система космических наблюдений Земли (**30**). Что это светится там вдалеке? (**62**). Печальная участь кораллов (**62**). За ящерицей с... башенным краном! (**72**). На острове — озеро, на озере — острова (**72**). Пожар в Антарктиде (**72**).

20 Батурич Г.Н.
Рудный потенциал океана

На протяжении предшествующих тысячелетий единственным источником минеральных ресурсов были континенты, и только в последней четверти прошлого века началось освоение дна Мирового океана.

31 Кароль И.Л., Киселев А.А.
Химия атмосферы: спурт длиной в 30 лет

Стартовав с решения частной задачи — поиска источников разрушения стратосферного озона, — через 30 лет химия атмосферы занята сложным комплексом проблем состояния и охраны среды.

Заметки и наблюдения**38 Клепиков М.А.**
Красотки, красотки...**Агафонов Б.П.****Песчаные золотые потоки из Байкала (40)****Панова Т.Д.****Живые дары московским государям (44)****Вести из экспедиций****47 Тиде Йорн, Драчев С.С., Шевченко В.П.**
Экспедиция AMORE-2001 в Центральную Арктику**52 Бекетов С.В., Каштанов С.Н.**
Русский соболь — 70 лет селекции

В начале прошлого века вид оказался на грани исчезновения. Сегодня Россия — единственная страна, где научились его разводить в неволе.

Научные сообщения**59 Басов И.А.**
**«ДЖОИДЕС Резолюшн»:
185-й и 186-й рейсы****63 Самарцев В.В., Рассветалов Л.А., Куркин М.И.****Задержка света в пути и другие необычные явления в оптике**

Эхо-голография, сверхизлучение, самофокусировка, телеклонирование... Это и многое другое обсуждалось на симпозиуме «Фотонное эхо и когерентная спектроскопия-2001».

Биография современника**73 Мелконова Е.Ф.**
**От общего корня
(Путь Владимира Владимировича Сахарова)**
*«Владимир Владимирович, я думаю, — говорил академик Б.Л. Астауров, — стоит вслед за нашими учителями Кольцовым, Вавиловым, Серебровским, Четвериковым, Филипченко... Человек этот был очень незаурядный, даже во многих отношениях выдающийся».***Новости науки**

79 Из какого «сора» рождаются звезды (**79**). Гибель красного гиганта порождает условия для жизни (**79**). Детали на поверхности Цереры (**80**). Новый рекорд критической температуры для сверхпроводящего перехода в фуллеритах (**80**). Нанотрубки в портативной аккумуляторной батарее (**81**). Кастрация и половой каннибализм у пауков. **Михайлов К.Г.** (**81**). Без NO светлячкам не обойтись (**81**). У львиц царит «демократия» (**82**). Воздушный бассейн Индийского океана загрязняется (**82**). Грязевые вулканы Средиземноморья (**83**). Как противостоять цунами? (**83**). Дегазация вулканов (**84**). Изменчивость африканских дождей (**84**). О древней катастрофе свидетельствуют благородные газы (**85**). Климатическая причина угасания цивилизации майя (**85**). Паралититан — динозавр-гигант (**86**).

Резонанс**87 Трейвус Е.Б.**
Еще раз об алмазной якутской эпопее**Рецензии****88 Шолпо В.Н.**
Судьбы российских ученых**Новые книги****91****Встречи с забытым****92 Богданов В.В.**
Исследователь Курил и Японии

CONTENTS:

3 Skvortsov A.K.
On the Language of the Modern Russian Scientific Literature
What is the scientific language? The answer is simple. It is any existing language used to extend knowledge and express facts and ideas in a clear and logically related way. In reality, things are more complicated though.

Lectures

14 Mikhailov O.V.
Many-faced Isomerism of Co-ordination Compounds

Kaleidoscope

18
 Assyrian Treasures Will Tell a New Story (18). The Taimyr Mammoth: A Success or a Blunder? (19). The System of Space Observations of the Earth (30). What Is Shining There in the Distance? (62). The Sad Fate of Corals (62). Observing Lizards from a Gantry Crane (72). A Lake on the Island, Islands in the Lake (72). Conflagration in Antarctica (72).

20 Baturin G.N.
The Ore Potential of the Ocean
Throughout the preceding millenniums, the only source of mineral resources were continents. It was only in last quarter of the 20th century that the ocean floor began to be explored.

31 Karol I.L. and Kiselev A.A.
Atmospheric Chemistry: A 30-Year History
Starting 30 years ago with the resolution of a specific problem (searching for destroyers of stratospheric ozone), atmospheric chemistry is now concerned with a complex array of problems related to environmental monitoring and protection.

Notes and Observations

38 Klepikov M.A.
Beauties, Beauties...
Agafonov B.P.
Eolian Sand Flows from Lake Baikal (40)
Panova T.D.
Living Gifts to Moscow Tsars (44)

News from Expeditions

47 Tide Iorn, Drachev S.S., and Shevchenko V.P.
The AMORE-2001 Expedition to Central Arctic

52 Beketov S.V., Kashtanov S.N.
The Russian Sable: 70 Years of Selection
In the beginning of 20th century, this species was on the verge of extinction. Today Russia is the only country that has learned to breed these animals in captivity.

Scientific Communications

59 Basov I.A.
JOIDES Resolution: 185th and 186th Cruises

63 Samartsev V.V., Rassvetalov L.A., and Kurkin M.I.
Stopping Light in its Tracks and Other Unusual Phenomena in Optics
Echo holography, superradiation, self-focusing, telecloning... These and other topics were discussed at the Symposium «Photon Echo and Coherent Spectroscopy-2001».

Biography of Our Contemporary

73 Melkonova E.F.
From the Common Root (Life of Vladimir Vladimirovich Sakharov)
Academician B.L. Astaurov has described him in this way: "In my opinion, Vladimir Sakharov continues the succession of our teachers: Koltsov, Vavilov, Serebrovsky, Chetverikov, Filipchenko... He was an uncommon and in many respects outstanding man."

Science News

79
 From what "Garbage" Are Stars Born? (79). The Death of the Red Giant Generates Conditions for Life (79). Details on the Surface of Ceres (80). A New Record of the Critical Temperature for Superconducting Transition in Fullerites (80). Nanotubes in a Portable Rechargeable Battery (81). Castration and Sexual Cannibalism among Spiders. **Mikhailov K.G.** (81). Glow-Worm Cannot Do without NO (81). Female Lions Living in Democracy (82). Increasing Air Pollution in the Indian Ocean (82). Mud Volcanoes of the Mediterranean (83). How to Counteract Tsunamis (83). How Volcanoes Are Degassed (84). Mutability of African Rains (84). An Ancient Catastrophe Evidenced by Noble Gases (85). The Climatic Cause of the Decay of the Maya Civilization (85). Paralititan: A Giant Dinosaur (86).

Response

87 Treivus E.B.
The Yakutian Diamond Saga Revised

Book Reviews

88 Sholpo V.N.
The Destinies of Russian Scientists

New Books

91
Encounters with the Forgotten
92 Bogdanov V.V.
Researcher of the Kurils and Japan

О языке современной русской научной литературы

А.К.Скворцов

Уместно ли сегодня размышлять и писать о русском языке, когда неясна судьба самого творца и носителя этого языка — русского народа? Вот уже целое десятилетие русский народ несет тяжелый крест роста болезней и сокращения численности [1, 2]. По всем прогнозам, ему предстоит нести этот крест и дальше. Конечно, существует официальный, казенный оптимизм, типа известной песенки про прекрасную маркизу и ее кобылу. И хотя этот оптимизм возглашается с достаточно высоких эстрад, он не вдохновляет. Более убедителен оптимизм самой жизни: язык до сих пор не удалось ни приватизировать, ни продать с устройством капитала в иностранный банк; даже самый обездоленный божж остается владельцем того «великого, могучего, правдивого и свободного языка», о котором когда-то с таким чувством говорил И.С.Тургенев. И при смерти человек стремится свои последние слова сказать на этом языке. А на его поминках все будут стараться говорить в канонах родного языка, родной культуры (как давно установили археологи и этнографы, погребальные традиции особенно устойчивы). Только такой оптимизм позволяет преодолеть тоскливое, ще-



Алексей Константинович Скворцов, профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Главного ботанического сада РАН. Основные научные труды посвящены систематике и микроэволюции растений, а также общим вопросам эволюционной теории. Лауреат Государственной премии СССР, председатель правления Московского отделения Русского ботанического общества. Член редколлегии журнала «Природа» с 1971 г.

мящее чувство безбудущности, свертывания науки, культуры и самого языка.

Находя оправдание в житейском оптимизме и надеясь, что русский язык и русская наука все же не угаснут, решаюсь опубликовать некоторые заметки. В большинстве они основываются на журнальной биологической и природоохранительной литературе, которую я читаю уже более 60 лет; 55 лет назад я впервые выступил как автор, а с 1971 г. сотрудничаю с нашим журналом как член редколлегии. Материал для суждений набирался от чтения не только печатных произведений, но и рецензируемых рукописей.

По поводу того, как следует писать научные труды, есть нема-

ло пособий, особенно американских. В каждом журнале можно найти «Правила для авторов», в которых, помимо разных деталей по части оформления рукописей, указывается, что надо писать кратко, четко, точно, логически последовательно и хорошим языком. Но на деле все оказывается сложнее. Некоторые детали этих сложностей и будут затронуты в предлагаемых заметках. Предвижу, что не со всеми моими заключениями читатели согласятся. Но писать то, с чем все будут согласны, неинтересно.

Говоря о недостатках языка, я совершенно не имею целью упрекнуть какого-либо автора лично, указать на него пальцем, поэтому, как правило, не даю точной ссылки на источники. Вмес-

© А.К.Скворцов

те с тем заверяю читателя: все, что выделено курсивом, — цитируется дословно. Ничего выдуманного. И еще просьба иметь в виду: вся статья — не о том, что пишут коллеги-ученые, а о том, как, каким языком они пишут.

Научный язык. Я или мы?

Что такое научный язык, язык научной литературы? Это может быть любой существующий язык, если он используется для расширения нашего познания и если на нем факты и мысли излагаются ясно, четко и логически связно. Изобилие специальной лексики вовсе ни главный, ни непереносимый атрибут научного языка. В иной газетной статье специальной лексики, заимствованной из техники, экономики, спорта, а то и из блатного жаргона, больше, чем в хорошей научной публикации. В научном языке использование специальных терминов должно быть строгим и четким — опять-таки в отличие от газетного языка, где звучные или непривычные слова часто вставляются только затем, чтобы ими щегольнуть, а то и для того, чтобы читателю запудрить мозги.

В научном языке не должно быть лишних слов. Чрезмерная словесная сложность — это информационный шум, мешающий понять, скрывается ли за ним что-то действительно научно ценное. Или же, говоря словами классика, одно только «шумим, братец, шумим». А неряшливое и сумбурное изложение порой наводит на мысль, что и сама работа делалась столь же неряшливо и беспорядочно. Таким образом, научный язык (по крайней мере в фундаментальной, длительно хранящейся литературе) прежде всего должен быть хорошим естественным языком.

Если автор у книги или статьи — один, то как должен он говорить в тексте о самом себе:

в единственном или множественном числе, *я* или *мы*? По этому поводу существуют противоположные взгляды. Видимо, под французским влиянием возникло представление, что научному стилю приличествует *мы*. Многие считают даже, что это выглядит скромнее: мол, не *я* один придерживаюсь такого-то мнения (или не *я* впервые его высказываю), а *мы*. Кто же эти *мы*? — В авторефератах кандидатских диссертаций выражение *мы* встречается особенно часто: вероятно, диссертант за своей спиной чувствует своего руководителя. Иногда автор имеет в виду себя вместе с читателем: *как мы только что видели*. Или же автор полагает, что он олицетворяет целую лабораторию и говорит от лица всех ее членов.

Но это частные случаи. В остальном же просто кажется, что *я* звучит слишком резко, как бы даже вызывающе, а *мы* — много мягче. Однако *мы* — все-таки напыщенно и претенциозно. *Мы* величают себя (да и то только в официальных случаях) государь император, самодержец всероссийский. Но главное не в этом. Ведь речь идет о научном языке, где первое требование — ясность и точность. Кто сообщает тот или иной факт, кто ручается за его достоверность, кто автор того или иного суждения? Если автор прячется под *мы*, возникают смехотворные, неграмотные речевые обороты, вроде: *не будучи специалистом, мы воздерживаемся от суждения*.

Можно еще встретить и своего рода скрытое *мы*: например, подлежащего во фразе нет, автор же пишет: *семена намачивали в...* Глагол во множественном числе; значит, подразумевается *мы*. Но если автор один, то лучше употребить возвратную форму глагола и сказать: *семена намачивались в...*

Неслучайно зарубежные руководства по стилю и языку научных трудов (а их издано немало, особенно в Америке) и редакторы (говоря по собственному опыту) решительно проводят ли-

нию в пользу *я*. И к этому следует присоединиться. Конечно, сверхнеобходимости «якать» нехорошо, но «мыкать» еще хуже. Там, где это возможно, следует употреблять безличные обороты, когда во фразе подлежащим выступает объект исследования: *эти результаты показывают, что...* или *этот вывод еще нуждается в проверке*, и т.п.

Грамматика

Может ли наука существовать без языка, а язык — без грамматики? Грамматика — это сжатое отражение истории, структуры и культуры языка. Язык — живой, он порождается живыми существами и подчиняется законам жизни. Давно замечена глубокая аналогия (точнее, изоморфизм) между языком и биологическим видом. В языке, как и в живом биологическом виде, заключено огромное многообразие, которое обеспечивает и приспособленность к разным условиям, и дальнейшее развитие, и вместе с тем устойчивость.

Во всем живом норма — это не что-то жесткое и застывшее, а только некоторая средняя величина: сегодня одна, завтра другая. Сейчас уже трудно услышать, что кто-то *радилса* в таком-то году — а еще на моей памяти таково было интеллигентское московское произношение; теперь чаще говорят *родился*. А старательно оберегаемое деятелями культуры произношение слова *поэт*, с отчетливым *о* и открытым *э* (ε международной фонетической транскрипции) звучит как нарочитый анахронизм: в обиходной речи это слово теперь произносится с закрытым и даже несколько йотированным *е*. Подобных примеров неограниченно много. Они все могут быть предметом филологических исследований. Вместе с тем достаточно ясно, что грубая альтернативная оценка «правильно/неправильно» здесь неуместна.

Широко бытует представление о грамматике как о скучней-

шем собрании не связанных друг с другом правил и исключений, которые нельзя понять, и приходится механически вызубривать или же обращаться к справочникам. Как ни огорчительно, такое представление отчасти захватывает и филологов, которые любят приводить отдельные примеры «правильной» и «неправильной» речи. Не так давно по телеканалу «Культура» в передаче «Правильно ли вы говорите по-русски» рассматривались два сходных оборота *без носок* и *без чулок*, и автор утверждал, что один из них — правильный, а другой — неправильный. Это утверждение сомнительно уже из-за полной аналогия — важный инструмент в решении грамматических задач. Ситуация осложняется тем, что слово *носки* обозначает не только трикотажное изделие, но и кончики туфель, так что ноги могут быть без носок и без носков; наконец, существует целый ряд слов мужского рода, которые в родительном падеже множественного числа принимают облик женского рода; можно оказаться не только без чулок и без носок, но и без сапог, без валенок, без ботинок, без волос и даже без глаз. Как такая грамматическая ситуация возникла, сколь она распространена, с чем она связана — наверно, филолог мог бы представить интересный рассказ. А выхватить единичный (да еще и сомнительный) пример без всякого комментария — далеко не лучшее из того, что филолог мог бы сделать.

Наряду с разными случайными погрешностями, на которых останавливаться нет смысла, у носителей языка современной науки есть и достаточно стойкие и широко распространенные грамматические «заболевания»: неправильно употребляют причастия, не умеют использовать частицу *ни*, склонять имена собственные, не внимательны к союзам.

Причастий в русском языке максимально шесть — в действительном залоге, в страдательном

и возвратном и во временах настоящем и прошедшем; так, от глагола *читать*: *читающий, читавший; читаемый, читанный; читающийся, читавшийся*. В разговорной речи причастия употребляются мало, главная область их использования — письменная. Но тут едва ли не в половине случаев их употребляют неправильно. Вот несколько примеров. *Свет, пройденный через фильтр*. А надо — **свет, прошедший**, или же **свет, пропущенный**. *На проходимом в 1979 г. пленуме Ихтиологической комиссии*. А надо — **на проходившем**. *Известный ученый Луи Агассис, с 1859 г. постоянно живущий в США*. А надо — **постоянно живший**. *Угрожаемые виды*. Так вообще сказать нельзя, потому что в страдательном залоге причастие образуется только от переходного глагола (т.е. требующего винительного падежа), а угрожать можно только кому-то, а не кого-то.

Не и ни. Обороты с *ни* очень специфичны для русского языка, и без них наш язык заметно скудеет. Не умея обращаться с частицей *ни*, ее заменяют на *не*, что, конечно, меняет смысл и режет слух. Или вовсе выбрасывают. Можно встретить целые книжки, в которых нет ни одной *ни*. Я очень сочувствую бедняжке *ни*. Попробую предложить серию примеров, поясняющих ее употребление.

Поехать мне некуда. Не поеду никуда.

Здесь не к чему придаться.

Ни к чему не придерешься.

Иван Иванович пришел не один, а с женой; из приглашенных же ни один не пришел.

Он не пил, и я не пил; ни он, ни я — мы оба не пили.

Чтобы не случилось беды, нужно...

Чтобы ни случилось, уговор остается в силе.

Ни в одном примере нельзя заменить *ни* на *не* (или наоборот) без того, чтобы смысл не изменился или не пропал вовсе.

Склонение собственных имен. «Недаром помнит вся Россия про день Бородина». В мое время эти строки не вызвали сомнения ни в каком отношении. Теперь же многие становятся в тупик: как произнести *Бородина* или *Бородино*? В послевоенном периоде распространилось несклонение русских географических названий, особенно оканчивающихся на *о* или *е*. Отчасти как подражание многочисленным несклоняемым словам французского происхождения (бюро, пальто, табло, желе, драже и т.д.), а отчасти под влиянием военных, для которых важно название как оно обозначается на картах.

Однако русский язык устойчиво сохраняет склонение. В реформу 1918 г. был исключен звательный падеж (вокатив). Но и сейчас он еще обычен в церковно-славянизмах (Боже мой), иногда встречается и в живой речи; а в польской и в украинской грамматиках вокатив сохраняется и ныне. В быту нередко можно услышать, что *ключи забыл в пальте* или же купил что-то *рядом с метром* (в польском языке и *пальто*, и *метро* склоняются); а Лев Толстой, как известно, говорил не *кофе* а *кофей* и склонял это слово. Слова греческого и латинского происхождения все (или за немногими исключениями) склоняются. Приток французских слов сейчас практически прекратился, а из множества англо-американских, хлынувших к нам в послевоенное время, большинство получили у нас мужской род и склоняются. Поэтому нет оснований утверждать, что русский язык идет в направлении утраты склонения, и несклонение *Бородина* — не шаг в будущее, а грамматическая погрешность.

Но бывают случаи, когда нужно представить именительный падеж названия, а по смыслу речи падеж должен быть иной. Тогда в нужном падеже используется обозначение категории объекта, а само название

оставляется нетронутым: *в озере Байкал, в городе Кемерово, около села Бородино*. Существует и еще одна тонкость: в зависимости от того, имеет ли название смысл существительного или прилагательного, разным будет и окончание некоторых падежей. Города обычно существительные, а деревни чаще прилагательные: значит, *рядом с Кемеровом*, но *рядом с Бородиным*; впрочем, это зависит от местной традиции.

Неладь с союзами. Авторы подчас забывают, что кроме *и* и *а* есть еще и другие союзы, в том числе составные из двух-трех слов. Нередко союзы выделяются запятыми, получая тем самым статус вводных слов. Так случается даже с союзом *но*, а для союзов *причем* или *притом* — едва ли не как правило. По грамматике же союз менее всего пригоден к роли вводного слова!

Но самый одиозный, и притом совсем не редкий, казус происходит от путаницы значений слова *что*, которое может выступать и в роли местоимения (вопросительного или относительного), и в роли союза. Эти значения надо понимать и соблюдать. Вот несколько фраз:

Допущение о том, что упомянутые аллели встречаются редко, играет ведущую роль в аргументации. Принцип о том, что виды должны дивергировать. Возражение о том, что экосистему невозможно точно отграничить.

Все эти фразы режут слух, но сразу трудно понять почему. Однако, присмотревшись, можно заметить, что везде оборот *о том* — лишний, сорный. А вставлен он потому, что авторы не различили двух смыслов слов *что*. Во всех фразах, *что* — союз, а не местоимение; вставка же оборота *о том* придает слову *что* местоименный смысл.

Словообразование и словоупотребление

Пожалуй, самая просторная область в грамматике русского языка — словообразование. Здесь каждый желающий имеет возможность внести свою лепту. К сожалению, очень многие творения не столько обогащают язык, сколько засоряют его. В большинстве — это жаргонные слова, удобные и привычные для пользующихся ими, но режущие слух читателям. Хороший способ оценить качество слова, его приемлемость для языка — посмотреть на существующие и возможные словообразовательные аналогии.

Вот несколько сравнительно новых двусоставных слов: *зверокухня, конематка, морепродукты, словоформа, стеклопосуда*. Сами по себе они звучат не лучшим образом. Если же, следуя этим образцам, предложить еще новые слова, то получим *слономатку, вишнесад, золотозубы, рожполе, нософорму, уховрача* и т.п. Нетрудно видеть, что такое словообразование — подражание немецкому. В немецком языке очень просто: *Glas + Geschirr = Glasgeschirr, Wort + Form = Wortform, Roggen + Feld = Roggenfeld* и т.п. Существительное, стоящее первым, приобретает смысл прилагательного. Но русскому языку такое словообразование совершенно чуждо, его могут применять только люди, возможно, знакомые с немецким, но не чувствующие родного языка. В русском же языке в XX в. распространилось образование новых сложных слов с сокращением первого, а то и второго компонента: *профсоюз, сантехника, ветлечебница, морфлот, конармия, универмаг, колхоз, завхоз, прораб* и т.д. (Правда, неизвестно, сколь долговечными окажутся эти слова.) В немецком такое словообразование развития не получило.

Приглядимся еще к некоторым весьма распространенным словам, например прилагатель-

ным *хлебобулочный* и *мясомолочный* и глаголу *зарыблять*. Есть сложные слова с участием корня *хлеб*: *хлебородный, хлебопекарный, хлебораздаточный*, в них второй элемент обозначает некое действие. Тогда *хлебобулочный* — это место, где хлеб *булочат*, но такого глагола в русском языке нет. Стало быть, *хлебобулочный* — ублюдочное образование. Можно было бы сказать *хлебно-булочный*, но это бессмысленно, так как булка — тот же хлеб. *Мясомолочные продукты*: не звучит ли это как *мужеженская обувь* или *кухнесадовый инвентарь*?

Зарыблять, зарыбить. Если мы посмотрим в словарь, то там с приставкой *за* найдем множество глаголов. Но они в большинстве — нормальные русские глаголы. Значит, глагол *зарыблять* был бы приемлем, если бы существовал глагол *рыблять*, но его нет. А если воспользоваться аналогиями, тогда появились бы слова и выражения: *запрофессорить, закандидатить, застудентить институт, запассажировать поезд, зажилецовать дом* и т.п. Почему бы вместо *зарыблять* не сказать просто и ясно: *заселить рыбой*?

Впрочем, в литературе можно встретить еще и *заосочивание* и *заеливание* леса, или *захрущевленность* лесных почв (последний термин попался в литературе только до или после нахождения Н.С.Хрущева у власти).

Резут слух и такие употребительные в научной литературе выражения, как *поведенческая реакция, поведенческая структура вида* и т.п. Почему не сказать *поступок* или *акт поведения* и не *структура поведения*? В русском языке от таких отглагольных существительных, как *мнение, соображение, чтение, забвение, поведение* и т.д. — прилагательные не образуются (иначе мы имели бы слова *мненческий, воображенческий, чтенческий, забвенческий* и т.п. — но их нет). А слова типа *поведенческий* образуются от характеристик людей: *человек* — *человеческий*,

купец — купеческий, певец — певческий, управленец — управленческий, творец — творческий, младенец — младенческий. Стало быть, слово поведенческий могло быть образовано только от слова поведенец и означать что-то, относящееся к поведенцу. Но слова поведенец в русском языке нет.

Коли зашла речь об «ученых оборотах», режущих слух, нельзя не упомянуть словосочетания *теория запрещает*, которое сейчас очень модно. Но запрет — акт волевой; запретить можно нецензурные выражения, курение или распитие водки на работе, запретить критику начальства и т.п. — т.е. только то, что физически осуществимо. Но природе никакая теория ничего запретить не может, в лучшем случае она может только что-то предугадать.

Стремление авторов выразиться более учено порождает излишне сложные (иногда анекдотические) обороты. Так, можно узнать, что *осуществляя потребности*, животные становятся на путь *пищедобывательного поведения*, они *отчуждают живые ткани растений* и за счет этого *молодые животные создают продукцию*. При этом *контакт между особями осуществляется путем оптических реакций*. Мы узнаем также, что возможно *искусственное возбуждение зимней спячки*, что некий процесс можно *регулировать дозависимым путем*, а результат *зависит от величины общего количества*, что *птицы не включают колорадского жука в рацион своего питания*, они же *защумляют городскую среду* и в аэропортах создают *птицеподобную ситуацию* и потребность в *птицеподобных мероприятиях* (т.е. в защите не птиц, а от птиц). А в парках *большой ущерб кустарникам наносит деятельность людей: обламывание на букеты, выкопка и увозка растений* (как учено и деликатно о простом воровстве!).

Стремление к большей учености порождает и еще множество неудачных слов и выражений.

Примеры:

оптимально канцерогенные дозы;
первые проценты, первые километры (это должно означать немногие);
синтетические трудности (трудности синтеза);
отрицательные экологические проблемы;
повышение страха;
повышение атак на чужаков;
повышение величины активности параметров обмена;
территориеемкость ГЭС;
самопадеж оленей;
пойменно-смешанный лес;
горно-сухая степь;
замещающий двулетник (о растении);
учебник имел ряд переизданий;
хозяйно-паразитарные отношения;
более оптимальный;
менее уникальный;
сверхмалая освещенность;
сверхнизкая температура величина азота;
светосуммы кораллов;
экстраконтинентальный почвенный район (должно означать, что район не вне континентов, а с крайне континентальным климатом);
стрессированные животные;
яйцеживорождение;
обессеривание;
химуход;
экофон;
дикорос.

«Ученые» слова используются там, где вполне можно обойтись русскими: вместо **продлить** — *пролонгировать*; вместо **указание** — *индикация*, вместо **начало** — *инициация*, вместо **жизненность** — *виталитет*, вместо **привлекающий** — *аттрактивный*, вместо **отпугивающий** — *детеррентный*; вместо **скрытый** — *криптический*, вместо **зрительный** — *визуальный* и т.д.

Нередко встречается «двойное обеспечение»:

внутренний интерьер;
иницирующее начало;
единый земной геологический процесс;
анкетированный опрос;
вывозить на экспорт;
ихтиомасса рыб;
крайне экстремальные условия;
морфоформа;
номенклатурное название;
обонятельная природа восприятия запаха;
словарь — глоссарий;
септальная перегородка (от лат. septum — перегородка);
секуляризация науки от религии;
тетраподная конечность;
эмоциональное настроение.

Любопытный, и не очень редкий, феномен: слова греческого или латинского происхождения передаются в английском произношении. Так, название американского национального парка *Dinosaur* обозначается как *парк Дайносоор*, а глубоководного аппарата *Pisces* (по-латыни *рыба*) — как *Пайсис*. Не правильнее ли оставить такие названия латинскими? Но с *Pisces* еще можно и так и этак. Написание же давно известных терминов должно быть соблюдено в точности. А между тем встречаются: *эпогей* (вместо **аногей**), *диапозитарий* (вместо **депозитарий**), *комплиментарный* (вместо **комплементарный**), *лигитимизация* (вместо **легитимизация**), *мигаломорфный* (вместо **мегаломорфный**), *пистицид* (вместо **пестицид**), *приматурный* (вместо **прематурный**, т.е. не достигший зрелости), *эвфимизм* (вместо **эвфемизм**), *филогиния* (вместо **филогения**). Последнее написание было повторено трижды в заявке на грант РФФИ. Знает ли автор, что *гине*- означает нечто женское? Отсюда у растений — *гинецей*, а у людей — *гинекология*. А слово *филогиния* должно означать любовь к женщинам, и грант на эту цель, конечно, должен быть выделен.

Иногда путают значение терминов *идиографический* и *идеографический*, *официальный* и *официальный*, *номотетический* и *номогенетический*, *предикативный* и *предиктивный*, *детергентный* и *детеррентный*. Греческий корень *архе* (ἀρχαῖος — **извечный, древний**; отсюда **археология**) смешивают с близким корнем *архи* (ἀρχι — **главный, старший**; отсюда **архиепископ**). У биологов употребительны три близко звучащих греческих корня (φιλέω — **любить**, отсюда **ксерофилия**; φύλον — **род, племя**, отсюда **филогения**; φύλλον — **лист**, отсюда **микрорфильный**). Нередко путают один с другим.

Еще примечательные искажения: *граммположительный* (это про окраску по Граму); *паллеатив* (паллиатив); *департамент* (департамент); *гермофродит* (это слово — производное от имен греческих богов Гермеса и Афродиты).

Новые термины

Сотворение новых терминов идет широким фронтом во всех отраслях науки. Процесс этот стихийен и хаотичен. Иногда новые термины предлагаются целыми пучками, а часто представляются как существенное продвижение познания.

Когда-то мне довелось слышать от молодого энергичного коллеги такое суждение: «Только отжившие свой век старики могут кудахтать по поводу того, что, мол, термин образован не по классическим правилам или употребляется неточно. На самом деле важно быстро уловить новое направление и подхватить, а еще лучше — создать новый термин, и всем будет видно, что я нахожусь на переднем крае науки. А что там будет бормотать всякое старье — это меня не колышет».

Это, так сказать, революционная точка зрения. Я же, как еще не совсем отживший,

но уже недалекий от этого, хочу защитить более консервативную позицию. На моей памяти немало терминов быстро появилось и кануло в Лету. Чего стоит история термина *циркадный*. В английском языке нет слова *сутки*. А как тогда обозначать суточный ритм? В 60-х годах англичане создали необходимый термин, используя латинский оборот *circa diem* (округ дня) и придав ему форму английского прилагательного *circadian*. Для западного читателя *circadian* и значит суточный ритм продолжительностью 24 часа [3]. В нашей литературе слово *циркадный* приняли за нечто новое, означающее не сутки, а что-то около того, от 20 до 28 часов [4]. На самом деле новой была только звуковая ассоциация с цирком и эстрадой, и когда это стало ясно, термин, естественно, оказался лишним. (Ныне изредка употребляется в форме *циркадианный*.)

Достаточно очевидно, что каждый новый термин должен отвечать пяти следующим условиям:

— быть действительно необходимым;

— обозначать точно очерченное содержание;

— быть лингвистически правильно образован, лингвистически ясен;

— звучать приемлемо для русского языка и иметь определенный грамматический род;

— быть интернациональным, точно переносимым или переводимым на основные европейские языки.

Здесь, конечно, не место обсуждать терминологию какой-либо конкретной области науки. Вероятно, везде есть множество ненужных, изживших себя или неудачных терминов (про экологию и ботанику я могу это утверждать уверенно). Однако некоторые общие замечания кажутся уместными.

Нехороши, по крайней мере в своем большинстве, термины гибридные, совмещающие элементы двух разных языков, в ча-

стности русского с классическими: *аутокровь*, *антителогенез*, *бислой*, *гиперсоленый*, *гомоцепной*, *мегападалщик*, *поймофильный*, *субвысокогорье*, *субдвумерность* и т.д.

Довольно распространено, но очень нежелательное явление: своего рода присвоение термина, придание ему суженного специального значения. Например: *хронобиология* — наука о реакциях организма на токсичность лекарств в зависимости от времени их введения. Или: *градация* — это полный период развития вспышки и угасания численности насекомых. Или в рассказе о работе гидрофизического судна: *была выполнена суточная станция в Татарском проливе*. Или: *совкупность этапов образования вирусных белков из их предшественников называется процессингом*. Или настойчивое употребление термина *полиморфизм* только в генетическом смысле. Или *индекс листа* (Какой? Он ведь может быть разным). Особенно часто в суженном смысле используют слова, пришедшие к нам недавно: *интеграция*, *паттерн*, *скрининг* и т.п. В их специальном употреблении нет ничего плохого, но необходимо помнить, что смысл этих слов более широк, и читателю должно быть ясно, в каком узком смысле они употребляются.

Далеко не всегда слова, имеющие одинаковое написание и вроде бы одни и те же, в русском языке и в английском имеют то же самое значение. Так, *concept* — это не только *концепция*, а скорее *понятие*. *Intelligence* — это не *интеллигенция* и не *интеллигентность*, а знаменитый *IQ (intelligence quotient)* лучше всего переводить не как *коэффициент интеллигентности*, а как *показатель сообразительности*. *Control* означает также *ограничение* распространения (насекомых-вредителей, болезней и т.п.). Неиндентично значение слов *actual*, *economy*, *standard* и др.

Как снежный ком, нарастает количество сокращений. В рукописи одной статьи об изучении памяти я насчитал 13 сокращений: АХ, АХЭ, АВП, АКГТ, РА, КП, ДП, ЭКР, ДА, НА, ОТФ, УР-ПИ, ЛВП. Автор увлечен, ему все понятно, а читателю невыносимо. Но думать о читателе автор все-таки должен! В любом случае следует уберечь от сокращений заглавие статьи или главы. В заглавии должно быть не *E.coli* и не ФАР, а *Escherichia coli* и фотоактивная радиация.

Точно так же нельзя считать полноценными терминами *C-*, *G-*, *Q-окраску*, *K-* и *r-отбор*, *α-систематику*, *F-статистику* и т.п. Используя эти обозначения, автор должен пояснить, что скрывается за сокращением.

Греческие дифтонги αυ и ευ, перешедшие в ученую средневековую латынь как *au* и *eu*, входят в состав множества слов, вошедших затем и в русский язык. Однако в русском языке таких дифтонгов нет, и поэтому наши предшественники, которые чувствовали язык лучше, чем мы, передавали *au* и *eu* как *av* и *ev*, т.е. как один слог: *автор*, *автономия*, *автомат*; *Европа*, *евгеника*, *неврология*. Дифтонг *eu* иногда передавался как *эй*. Но опять же как один слог: *эйфория*, *лейкоцит*, *нейрон*. В более новых терминах те же дифтонги передаются как *au* и *eu*: *аутэкология*, *аутоферрильность*, *аутосома*; *зукариоты*, *эухроматин*, *зуинтина* и т.д. Дифтонг разлагается на два слога, что, конечно, гораздо хуже. В неуклюжести разделения на два слога нетрудно убедиться, прибегнув к простому (но для русского языка очень важному) приему: чтению по слогам. Получим: *а-у-то-мат*, *а-у-тор*, *Э-у-ро-на*, *не-у-ро-ло-ги-я* и т.п. Вдобавок существуют как будто похожие, а на деле совсем другого происхождения, слова: *аутбридинг*, *аутсайдер*, *таймаут*. Они чисто английские, и *аут* здесь означает *вне* или *вон* (*out*). Когда пишете: *аутэкология* или *аутосо-*

ма, какое значение придаете буквосочетанию *аут*?

Надо настойчиво рекомендовать вместо *au* и *eu* писать *av* и *ev*.

Транскрипция имен собственных

Интересную проблему представляет передача иностранных имен и географических названий на русский язык и, наоборот, — русских имен и названий на иностранные языки.

До XIX в. существовал международный язык — средневековая латынь — и на него все ориентировались. Именам и названиям придавалось латинское обличье. Далее последовали XIX в. и первая половина XX в. — с переходом международных отношений и особенно науки с латинского языка на живые европейские, среди которых выделились четыре: французский, немецкий, английский и итальянский. После второй мировой войны значение международного приобрел язык английский. Вместе с тем расширились и контакты между странами, поэтому проблема передачи имен и названий на другие языки не отпала.

Передаче имен и названий с 18 европейских языков на русский посвящена интересная и содержательная книга Р.С.Гилляревского и Б.А.Старостина [5]. Согласно авторам, здесь взаимодействуют три фактора: точность передачи звучания слова; традиция (где она есть); удобопроизносимость в современном русском языке. Среди них главное значение авторы придают точности звукопередачи. Например, они считают написание *Дарвин* традиционным, но неправильным. Неправильно написание *Вильям* (Шекспир). Неправильна традиция латинское *H* в начале слова передавать через *Г* (*Гудзон*, *Гейне*, *Гюго*).

Если присмотреться внимательно, то выявляются три от-

правные предпосылки, на которые опираются ревнители новой, более правильной транскрипции имен и географических названий:

— приоритет надо отдать произносительному аспекту, он важнее графического (письменного);

— наши предки были филологически менее образованы, чем мы теперь, поэтому традиционные написания имен и названий следует по возможности заменить на «более правильные»;

— произношение слов иностранного языка можно удовлетворительно передать с помощью современной русской графики.

Нетрудно увидеть, что все они несостоятельны.

Предпосылка первая. Можно многократно цитировать какого-то автора и даже с ним долгое время переписываться (что теперь особенно просто при наличии электронной почты), не зная, как произнести его имя и фамилию. Если с ним случится встретиться, можно спросить об этом его самого. Вспоминаю комический случай, когда один известный палеоботаник на симпозиуме путался в произношении своей собственной фамилии. Дело было в том, что он — немец, недавно переехавший в США, а его фамилия при одном и том же написании произносится на немецкий или английский лад по-разному.

В последние два-три десятилетия, когда научные журналы Европы все более переходят на английский язык, затруднительных случаев стало очень много. Если статья на английском языке, а фамилия автора по своему написанию не исключает английского (а тем более — американского) происхождения — ее и транскрибируют на русский как английскую. Чтобы поступить иначе — надо знать, как себя называет сам автор.

И наконец, сами иностранцы нередко произносят имена и названия не так, как это вроде бы

следовало по правилам их языка: так, в Америке знают *Шикэго* (*Chicago*), *Мизури* (*Missouri*), *Мишигэн* (*Michigan*), в Англии — *Лестер* (*Leicester*), в Берлине — *Панко* (*Pankow*). Один мой знакомый — житель Нью-Йорка — очень отчетливо произносит Нуёк.

Вторая предпосылка — недостаточная филологическая образованность наших предков — столь же неосновательна. В царское время образование в гимназиях было преимущественно гуманитарным; изучались древние языки (латынь во всяком случае, а часто и греческий), старославянский и новые языки. Научные работники (да и вообще интеллигенция) подолгу бывали за границей. А теперешний русский интеллигент не всегда может без переводчика прочесть не то что немецкую, а даже и украинскую статью.

И третья. Не сомневаясь в академической квалификации авторов, позволительно спросить, а насколько можно воспроизвести фонетику чужого языка, если орфография языка, на который переводим, не фонетическая, а традиционная? Передает ли русская графика живое звучание самого русского языка? Мы пишем: *Воронеж*, *Оренбург*, *Ростов*, а произносим: *Варониш*, *Аринбурх*, *Растоф*. Пишем: *Павел Павлович* и *Ольга Ивановна*, а произносим: *Палталч* и *Ольгыванна*.

Хочу решительно опровергнуть распространившуюся ныне передачу английского *w* через русское *y*. Я достаточно много слышал английскую речь, общаясь с англичанами и американцами, чтобы уверенно заявить, что это не лучший, а худший вариант транскрипции (отдельные исключения, понятно, всегда могут быть). В русском языке слова в отчетливом произношении (как и учат начинающих читать) ясно расчлняются на слоги. Внесение гласной *y* прибавляет лишний слог, которого нет в английском оригинале; в английском языке *w* все-таки остается

согласной. В частности, например, нам предлагают распространённые фамилии *Wood* и *Wolfe* по-русски читать как *У-уд* и *У-улф*, слово *woman* читать как *у-умен* и т.д.

Владимир Солоухин, тонко чувствовавший русский язык, в свое время писал: «Сейчас пошло веяние на новую транскрипцию некоторых английских слов. Может быть, эта транскрипция более точная, но очень уж противная. Посудите сами: целые поколения жили, читая про Шерлока Холмса с доктором Ватсоном, а Шекспира называли Вильямом Шекспиром. Но вот теперь всюду — Уотсон, Уильям Шекспир» [6]. Так вот, эта «очень уж противная» транскрипция вовсе и не более точная (между прочим, «противность» — это в вопросах языка очень серьезный аргумент).

В итоге представляется достаточно очевидным, что в передаче иностранных собственных имен внимание нужно сместить с фонетики в пользу графики, и в частности в пользу традиционного написания. Некоторые журналы совсем перестали транскрибировать иностранные имена и дают их в оригинальном написании. В принципе это надо поддержать, но тут затруднение со склонением: в этом случае иностранные имена склонять нельзя, что создает для автора дополнительные трудности в построении фраз; текст все-таки должен выглядеть прилично. Но часто и в разных контекстах упоминаемые иностранные фамилии в русской транскрипции давать все-таки следует.

Теперь о передаче русских имен на иностранные языки. Отчасти это находится в компетенции отечественных авторов и редакторов — когда у нас переводятся резюме или целые журналы. Отчасти же — если русский автор печатается за границей — в ведении редакторов иностранных журналов,

в которых могут быть свои правила транскрипции русских имен. И этот второй вариант особенно коварен. Мне, например, пришлось очень твердо упереться, чтобы мою фамилию в журнале «Flora» в 1989 г. передали не на немецкий лад *Skworzow*, а так, как я до этого уже много раз печатался: *Skvortsov*.

И еще два примера. В итальянском ботаническом журнале «Webbia» (1993. Т.48) на с.385 в заметке киевского ботаника С.П.Вассера две фамилии очень известных ботаников XVIII—XIX вв. Турчанинова и Жилибера, приводятся как *Turcbaninow* и *Jilibert*, хотя в литературе они хорошо известны как *Turczaninow* и *Gilibert*. Гербарии обоих находятся в Киеве, и я не могу допустить, чтобы Вассер не знал подлинной орфографии их фамилий.

В статье Н.Г.Ильминских (Wiss. Ztschr. Univ. Halle, Jahrg. 1987) ботаники Буш, Клаус, Гроссгейм представлены как *Buss*, *Klaus*, *Grossgejm*, хотя все трое — «русские немцы». И в литературе известны не только под русифицированными, но и под своими исконными немецкими фамилиями — *Busch*, *Grossheim*, *Claus*.

Хотелось бы увидеть, как будут переложены на иностранные языки такие известные в истории русской культуры фамилии, как Бенуа, Делоне, Лансере, Бодуэн де Куртенэ.

Конечно, в житейском общении не все ли равно: что *Георг*, что *Джордж*, что *Егор*, что *Жоржик*, что *Юра* — все это он, наш приятель и родич. Но в научной литературе — извините. Инициалы другие — значит, другой автор.

Выход из всех затруднений с транскрипцией русских имен предельно прост: имя и фамилию латинскими буквами должен начертать сам их владелец, и только один раз, а дальше они должны воспроизводиться без изменений, как в паспорте. К сожалению, осуществить это

простое дело не просто, поскольку здесь вовлечены редакторы, а редакторы свято блюдут инструкции любой степени неопределенности.

Хороший пример — написание числительных. Здесь сложность и надуманность правил приводит к тому, что пишут и печатают как попало. Ниже следует несколько примеров, взятых из печатных изданий, в сравнении с простым и понятным написанием, которым бы пользовались, не будь этих злополучных инструкций (см. табл).

Как написать латинскими буквами название нашей страны?

Названия, принятые сегодня в большинстве западных стран, произошли от древнего имени Русь: *Rußland* (нем.), *Russia* (англ.), *Russie* (фр.), *Rusia* (исп.), *Russia* (итал.). В XVII в. употреблялись также названия *Русия*, *Росия*. Официальное название *Россия* окончательно закрепляется в начале XVIII в., когда государство было провозглашено империей. Тогда же в парадных актах и в научной литературе вошли в обиход латинизированные начертания *Rossia*, *Imperium Rossicum*.

После распада Советского Союза, когда название государства опять стало **Россия**, наше почтовое ведомство сочло нужным дать на почтовых марках название страны параллельно на латинице. К всеобщему изум-

лению это название оказалось *Rossija*. Видимо, откопали какую-то неудачную, ориентированную на немецкое произношение, инструкцию. А если есть инструкция, пусть самая никудышная, то зачем обращаться к истории своей страны, к истории ее культуры. И как же произнести это название? По-немецки, по-польски и чешски еще приемлемо. А дальше, в англоязычном мире и в романских языках это будет *Rossija* или *Rossixa*!

В формировании языка научной литературы кроме авторов неизменно в той или иной степени участвуют и редакторы. Каждый из них, разумеется, обладает собственным взглядом на язык, а равно и собственными языковыми стереотипами и штампами. И еще он повинуется разным печатным и непечатным правилам и инструкциям. Предполагается, что представленный автором текст при редактировании будет улучшен. В какой-то мере это и происходит, но не всегда. Иной раз отредактированный язык становится более серым и вялым, мысль автора — неотчетливой. И складывается это обычно из «мелочей».

Так, автор пишет: *было много бесед с коллегами*. Редактор «выправляет»: *было проведено много бесед*. — Типичный случай «канцелярита» [7], от которого автор чувствует тошноту. Еще

автор пишет: *для валерианы приводится целый букет названий*; редактор правит: *приводится перечень названий*. Самая малая возможность оживить ученый текст пресекается. Автор пишет: *грунт щелбнистый*, редактор «поправляет»: *щелбнистый*. А вот у М.Ю.Лермонтова «Сквозь туман *кремнистый* путь блещит». Кто же лучше чувствовал язык? Примеры можно приводить еще и еще...

Язык живой, и, как все живое, он многообразен; за счет этого многообразия идет его развитие (нельзя же всерьез полагать, что развитие языка происходит благодаря кем-то выдуманной инструкцией). Как и в биологии, в языке норма — это нечто среднее, она выбирается из многообразия. При этом, разумеется, играют роль взгляды того или иного автора, но исходное многообразие остается, и другой автор может сделать другой выбор.

Не зря же все классики и литературы, и лексикографии считали, что грамматика и словари показывают, как люди говорят, поясняют и рекомендуют, но вовсе не приказывают, как каждый человек должен говорить. «Нормативность», конечно, нужна, но она должна быть в меру. Слишком тугая зашнуровка может оказаться удавкой.

В советское время словами, употребленными на страницах партийной печати (откуда бы они ни происходили, каким бы малограмотным жаргоном ни были) не мог пренебречь составитель словаря. Понятно, что самый ходовой, многократно переизданный словарь С.И.Ожегова содержит немало слов весьма сомнительного качества. Говорят, что при всяких переменах прежде всего переделывается то, что в старом было хорошего, а до дурного руки не доходят, и оно остается как было. Но все же будем надеяться, что последующие издания словарей не только пополнятся новыми словами и новыми значениями, но и очистятся от мусора.

Было напечатано	Следовало бы написать
4-х %-ный раствор	4% раствор
3 ^{ая} группа	третья группа
не менее 4 ^а — 5 ^а	не менее 4-5
2 ^а -кратное снижение	двукратное снижение
1 ^{ая}	первый
в 90-та томах	в 90 томах
чашечка с 4-я долями	чашечка с 4 долями
чашечка 5-и раздельная	чашечка 5-раздельная
венчик 3-хлопастный	венчик 3-лопастный
наблюдения проводились на 15-ти летних кустах	проводились на 15-летних кустах
в 4-х или 5-тикратной повторности	в 4- или 5-кратной повторности
с 5-ти или 8-милетним интервалом	с 5- или 8-летним интервалом

Примеры ученого красноречия

✂ Дедуктивный принцип изложения позволяет ограничить представление материала на уровне рассмотрения поставленных вопросов.

✂ Биосфера явилась первым опытом появления глобальных проблем человечества на основе научно-технического прогресса.

✂ В г.Пушино (...) организуется Детская экологическая станция, где школьники города смогут получить основы экологических знаний и практические навыки по охране природы от квалифицированных специалистов.

✂ Международный семинар «Сон и его приложение к военному делу».

✂ Наглядное 3-мерное пространство и ненаглядное 4-мерное.

✂ Объем поступающей воды определен в 1400 т. сутки⁻¹. Сутки в отрицательной степени. А извлечь из суток корень квадратный или возвести их в квадрат или куб тоже можно?

✂ Предложена общебиологическая теория — «Принцип информативного комплекса (принцип ИК). ИК — это эволюционирующая биоорганизация функциональной динамической взаимо-обусловленности составных элементов различной сложности, построенных по иерархическому принципу, которая генерирует, акцептирует и трансформирует информативный сигнал.

✂ Коллег-психологов занимает репрезентация проблемной ситуации, понимаемая как схематический антиципирующий комплекс.

✂ Методы широко используемых в настоящее время инструментальных избегательных рефлексов позволяют, как известно, наиболее объективно оценить состояние психики в эксперименте.

✂ А в реконструкции филогении из двух признаков сходства, взаимно несовместимых в качестве унаследованных, предпочтение следует отдавать тому, для которого есть независимые данные о его меньшей склонности к повторному независимому возникновению.

✂ Река Амур славится крайне богатейшим уникальным ихтиофаунистическим комплексом.

✂ На этих территориях необходимо снижение интенсивности опромыливания популяций охотничьих животных.

✂ Изменение соотношения между темпами возрастания скорости потребления кислорода и веса до и после перехода на внешнее питание приводит к тому, что интенсивность дыхания увеличивается во время развития зародыша

и личинок и снижается на более поздних этапах онтогенеза.

✂ В ...году съем рыбопродукции для моря в целом составлял ...тонн. А современный съем рыбопродукции на североохотоморском шельфе относительно первичной и вторичной продукции примерно в 10 раз меньше. Авторы забыли, что в русском языке есть слово «улов».

✂ В развитии морского ежа имеет место взаимодействие паттерна и формы.

✂ Процессированные псевдогены являются общей особенностью животных мультигенных семей.

✂ Насекомые являются объектами для раскрытия многих биологических закономерностей генетиками (вспомним муху дрозофилу) (...) Эти организмы заставляют уделять защите от них человека, животных, культурных растений, товаров большое внимание.

✂ У рептилий направление адаптации проявляется в 3 вариантах: каннибалистических морфах, трофических яйцах и эпителиофагии.

✂ Асфальтирование улиц увеличивает поступление токсинов в воздух, вместо того чтобы поглотиться почвой.

✂ Живые организмы — рекордсмены по облучению от естественного радиационного фона.

✂ Международной комиссией по радиологической защите рекомендована величина всасывания соединений плутония в желудочно-кишечном тракте человека, равная 0.01% от поступившей с пищей.

✂ Для ...Ро характерна очень высокая концентрирующая способность в тканях гидробионтов.

✂ Пестициды из воды циркулируют в водную растительность и водных беспозвоночных.

✂ Трудami исследователей поведения обнаружено, что молодые животные любят играть. Как было отмечено рядом авторов, у млекопитающих (грызунов, хищников, копытных) на определенном этапе онтогенеза имеет место так называемая игровая деятельность. Так, например, у ягнят в вечерние часы отмечается скопление молодняка в определенные группы и появление специфической формы двигательной активности в виде игр.

✂ Удалось обнаружить и еще одно важное явление: голодные птенцы в гнезде трепыхаются и раскрывают рты. Врожденная пищевая реакция у птенцов в онтогенезе, как отмечают Морган (1899), Herrick (1905, 1910), Leichtentritt (1919),

Васильев (1938, 1940), Милягин (1950, 1954), Промттов (1947, 1956, 1958) проявляется в виде раскрытия рта и ярко выраженной общей двигательной реакции.

✍ Новорожденный теленок следует за матерью. В соответствии с гипотезой А.Д.Слонима, реакция следования возникает на основе желания новорожденного сохранить визуальный контакт с матерью, остаться в пределах ее индивидуальной дистанции.

✍ У взрослых же подопытных животных статистический анализ полученных результатов показал явное увеличение числа единичных побегов к сухарям у оперированных собак.

✍ Труп мамонтенка сгнил под солнцем с помощью личинок мух.

✍ По одному из основных положений этологии, целый ряд демонстративных актов возник в результате обычных, преадаптированных для этой цели двигательных реакций.

✍ Общее время сна было снижено у лишенных сна крыс в 10 раз.

✍ Отсутствие поведенческой неподвижности.

✍ Улучшение настроения, что характерно для положительного эмоционального состояния.

✍ Из 15 гнезд 67% располагались на соснах и 33% на осинах {...}. Из 11 птенцов перед вылетом процентное соотношение полов составило 36.4% самок и 63.6% самцов.

✍ А у растений целесообразность использования жизненных форм ограниченного содержания не вызывает сомнений.

✍ Сравнительный анализ растений, которые различаются таксономически и географически,

показал применимость общих закономерностей на видовом уровне сопоставления и выявил высокие потенциальные возможности внутривидовых принципов анализа, которые в экологическом плане превышают тенденции таксономических категорий.

✍ Исследования показали, что каждый сорт представляет собой целостную коррелятивную ростовую, морфогенетическую и биоритмическую систему. Для понимания эффективности регуляторов искусственного отбора важно и нужно представлять основные закономерности морфогенеза формы на всех этапах ее онтогенеза.

✍ Метасеквойя и ее грибные возбудители.

✍ Также не был подтвержден факт о том, что на севере листья мало развиты.

✍ Это свойство получило хорошую изученность.

✍ Организмы, растущие в автотрофных условиях.

✍ Многие ландшафты Крыма изобилуют специфическими памятниками геолого-геоморфологической группы компонентов. Такие объекты выступают в качестве репрезентативных фиксаторов, отображающих сложность и оригинальность геологической истории региона, индуцируют геодинамические процессы и служат научному обоснованию инженерно-геологического освоения и оптимизации охраны геоматической среды.

✍ Уникальность компонентов ландшафтных уникамов на фоне единого природного комплекса не всегда равнозначна. ■

Сердечно благодарю мою долголетнюю сотрудницу М.В.Костину за помощь в оформлении статьи.

Литература

1. Римашевская Н.М. Русский крест // Природа. 1999. №6. С.3—10.
2. Прохоров Б.Б. Россия в окружающем мире. Аналитический ежегодник: в 3 вып. / Отв. ред. Н.Н.Мирфенин; Под общ. ред. Н.Н.Моисеева, С.А.Степанова. М., 1998—2000.
3. Rieger R., Michaelis A., Green M. Glossary of genetics and cytogenetics. Jena, 1978. P.106.
4. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С.Гиляров. М., 1968.
5. Гиляревский Р.С., Старостин Б.А. Иностранные имена и названия в русском тексте. М., 1985. С.303.
6. Солоухин В. Камешки на ладони // Новый мир. 1987. №8. С.156.
7. Галь Н. Слово живое и мертвое. М., 1979.

Многоликая изомерия координационных соединений

О.В.Михайлов

Даже нескольких страниц любого школьного учебника по органической химии достаточно, чтобы обнаружить весьма любопытный факт: одному и тому же эмпирическому составу довольно часто отвечают как минимум два вещества, подчас с отличными друг от друга физико-химическими свойствами. Эти своеобразные двойники химического мира получили название изомеров (от греч. $\iota\zeta\omicron\sigma$ — равный, $\mu\epsilon\rho\omicron\sigma$ — мера). Примеров их множество, однако в сущности все двойники можно распределить на два типа: структурные изомеры, отличающиеся химическим строением, и пространственные, или стереоизомеры, — молекулы одного и того же химического строения, но с различной пространственной конфигурацией. К тому же органическая химия — это прежде всего, по образному выражению выдающегося популяризатора науки А.Азимова, — «мир углерода». В таком мире главным и практически единственным строительным элементом кристаллической решетки служит тетраэдр. «Кирпичики» из других многогранников в строительстве этого мира практически не используются, что уже само по себе вносит весьма существенные ограничения и в проявлении изомерии.

Существует, однако, еще и представительный мир координационных соединений. Он находится на стыке современной неорганической и органической химии и сочетает в себе ряд особенностей как той, так и другой ветви современной химической науки. И стоит лишь немного заглянуть в этот мир, как заметишь, что проявления изомерии резко расширяются, возникают варианты, аналогов которым в «мире углерода» нет и быть не может. В свое время, кстати, именно изомерия сыграла роль своего рода третейского судьи, когда решался спор, правильна ли теория строения комплексов Бломстранда—Йёргенсена, формаль-

Глядя на мир, нельзя не удивляться!
Козьма Прутков.
«Мысли и афоризмы»



Олег Васильевич Михайлов, доктор химических наук, профессор Казанского государственного технологического университета. Область научных интересов — хелатные координационные соединения, химия иммобилизованных металлокомплексных матричных систем и фотопроекторов. Автор около 500 научных работ, опубликованных в 20 странах мира. Неоднократно публиковался в «Природе».

но использовавшая положения структурной теории Бутлерова, или координационная теория Вернера. Принята была последняя.

Прежде чем повести разговор об изомерии координационных (или, как их еще часто называют, комплексных) соединений, необходимо разобраться в том, что они вообще собой представляют. Первым это сделал швейцарский химик А.Вернер в 1893 г. (за что 20 лет спустя ему была присуждена одна из высших наград — Нобелевская премия). Основой его теоретических воззрений служило положение о координационном соеди-

нении как некоем многограннике, в геометрическом центре которого находится ион металла (называемый ныне комплексообразователем или центральным ионом), а в вершинах — ионы или нейтральные молекулы (по Вернеру — адденды, теперь — лиганды), соединенные с ним одной или большим числом химических связей, причем каждый из лигандов довольно жестко фиксирован в пространстве. Лиганд может образовать одну или несколько координационных связей с атомом металла, т.е. бывает моно-, би-, три- ... и полидентатным (от лат. *dentatus* — зубчатый). К монодентатным относятся ионы галогенов, H_2O , H_3N , пиридин, к бидентатным —

1,2-этилендиамин ($H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$), диметилглиоксим ($H_3C-C(=NOH)-C(=NOH)-CH_3$), оксалат- (C_2O_4)²⁻ и тиосульфат- (S_2O_3)²⁻ анионы, к тридентатным —

диэтилентриамин ($H_2N-CH_2-CH_2-NH-CH_2-CH_2-NH_2$).

По введенной Вернером терминологии, лиганды составляют внутреннюю сферу комплекса, наличие которой — обязательное условие для причисления того или иного химического соединения к координационному «лику». В большинстве случаев, однако, наряду с внутренней сферой у них есть еще и внешняя, в которой квартируют какие-либо противоионы. В частности, в хорошо знакомом многим координационном соединении — гексацианоферрате(III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$ (железосинеродистом калии, или феррицианиде калия по более древним номенклатурам), известном в народе как «красная кровяная соль», монодентатные цианид-ионы и железо(III) составляют внутреннюю сферу, а ионы калия — внешнюю. Конечно, сказанным терминологические тонкости координационной химии далеко не исчерпываются (в этой связи уместно напомнить, что в настоящее время не существует общепринятого определения даже самого понятия «координационное соединение»). Однако пока мы ограничимся этим «прожиточным минимумом», его вполне достаточно, чтобы рассмотреть известные к настоящему времени виды изомерии.

С некоторой долей условности их можно разделить по характерным признакам на три группы. Первую группу составят **координационная** и **сольватная** изомерии, **ионизационная метамерия** и **координационная полимерия**. В каждой из них изомеры отличаются химическим составом двух координационных сфер — либо внутренней и внешней, либо двух внутренних. Во второй группе окажутся **лигандная**, **связевая**, **трансформационная** и **формальная** изомерии. Здесь двойники различаются химическим составом лигандов лишь в одной (внутренней) координационной сфере. И наконец, **геометрическая**, **оптическая**, **конформационная** и **аллогональная** изомерии войдут в третью группу, где изомеры не сходны только геометрическим строением внутренней сферы.

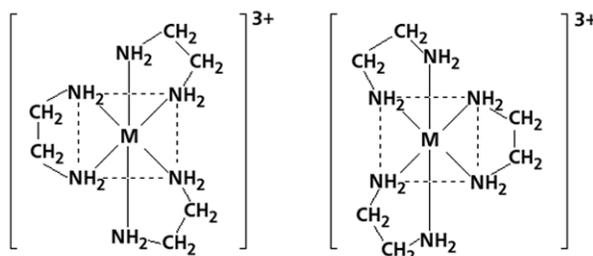
В каждой из этих групп оказалось, по крайней мере на сегодня, по четыре вида изомерии. Автор, однако, ни в коей мере не претендует на исключительность такой классификации, тем более что есть еще внутримолекулярная **хелатно-связевая** и **спиновая** изомерии, которые в эту схему не вписываются. Рассказать подробно о каждой из почти полутора десятков разновидности изомерных комплексов в данной статье невозможно и потому придется ограничиться лишь отдельными, наиболее яркими и интересными примерами из последней группы.

Пожалуй, наиболее простая изомерия — **оптическая**, та, которую обнаружил гениальный французский химик и биолог Л.Пастер еще в 1848 г. Изучая винную кислоту, он заметил, что это соединение кристаллизуется в двух асимметрических формах (так называемых энантиоморфных модификациях), внешне отличающихся друг от друга примерно так же, как левый ботинок от правого. Причина подобного явления коренится в способности целого ряда химических соединений образовывать структурные пары, которые соотносятся между собой как предмет и его зеркальное изображение. Подобные молекулы не имеют центра и плоскости симметрии. В мире координационных соединений едва ли не простейшим примером таковых могли бы быть тетраэдрические комплексы *p*- или *d*-элементов с четырьмя различными монодентатными лигандами. Но... такие комплексы до сих пор не известны.

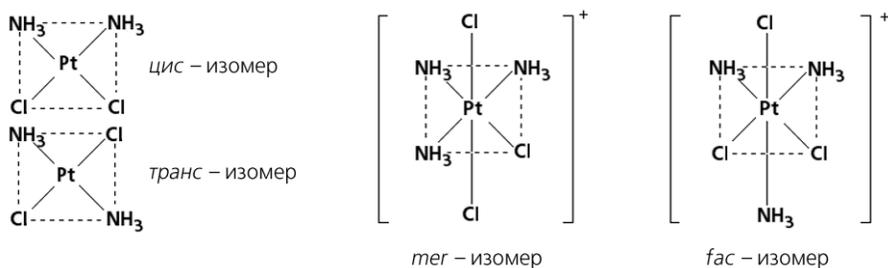
Зато хорошо изучена оптическая изомерия для *трис*-комплексов $[ML_3]^{3+}$, в которых центральным атомом служит трехвалентный металл (хром, кобальт, родий или иридий), а лигандом — 1,2-этилендиамин.

Как нетрудно заметить, никакими поворотами не удастся совместить эти фигуры таким образом, чтобы положения всех одинаковых атомов полностью совпадали друг с другом.

Плоские же квадратные или ромбические комплексы не образуют подобных изомерных форм, так как обладают центром и (или) плоскостью



Пример оптических изомеров трис-комплекса.
M: Cr(III), Co(III), Rh(III) или Ir(III).



Геометрические изомеры.

симметрии (для некоторых, правда, известна оптическая изомерия, но она связана не с асимметрией всего соединения, а с оптической активностью его лигандов). Для плоских комплексов характерна **геометрическая** изомерия, обусловленная различием в ориентации донорных центров лиганда относительно центрального иона металла в координационном полиэдре. Простейший пример подобного рода — комплексы Pt(II) общего состава $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$. Изомер, в котором одинаковые лиганды (например Cl) расположены по одному ребру квадрата, называется *цис*-формой, а если по диагонали, это *транс*-изомер (от лат. *cis* — вместе, *trans* — напротив). Сходная изомерия характерна и для комплексов состава $[Pt(NH_3)_3Cl_3]^+$, но здесь употребляется другая маркировка: конфигурация с тремя одинаковыми лигандами, которые находятся по одному меридиану, получила название *mer*-изомер, а другой, с лигандами, расположенными на лицевой стороне, — *fac*-изомер (от англ. meridional — меридиональный, facial — лицевой).

Такие изомерные соединения, как правило, различаются цветом, формой кристаллов и отношением к определенным реагентам. *Mer*- $[Pt(NH_3)_3Cl_3]Cl$

окрашен в зеленовато-желтый цвет и его растворимость в воде составляет 5.64 масс. %, тогда как *fac*- $[Pt(NH_3)_3Cl_3]Cl$ — в бледно-желтый и растворим почти в четыре раза хуже (1.49 масс. %). При восстановлении, которое сопровождается удалением одной из координационных позиций октаэдра, первый образует безизомерный комплекс $[Pt(NH_3)_2Cl]Cl$, тогда как второй — *цис*- $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$.

Цис-транс-изомерия известна и для некоторых хелатных комплексов, например для хелатов двухвалентной платины с глицином (H_2N-CH_2-COOH). Однако образовать сразу два подобных изомера могут только довольно устойчивые комплексы, для лабильных же свойствен лишь изомер термодинамически более стабильный, т.е. с наименьшей свободной энергией. Поэтому, в частности, не существуют геометрические изомеры плоских квадратных комплексов Ni(II) и Au(III) с монодентатными лигандами. Какой из двух изомеров будет преобладать в растворе, где они находятся в таутомерном равновесии, зависит от растворителя. Если он полярный, равновесие смещается в сторону образования *цис*-формы, а если неполярный, — *транс*-изомера. Благодаря этому в неполярном диоксане можно, например, пре-

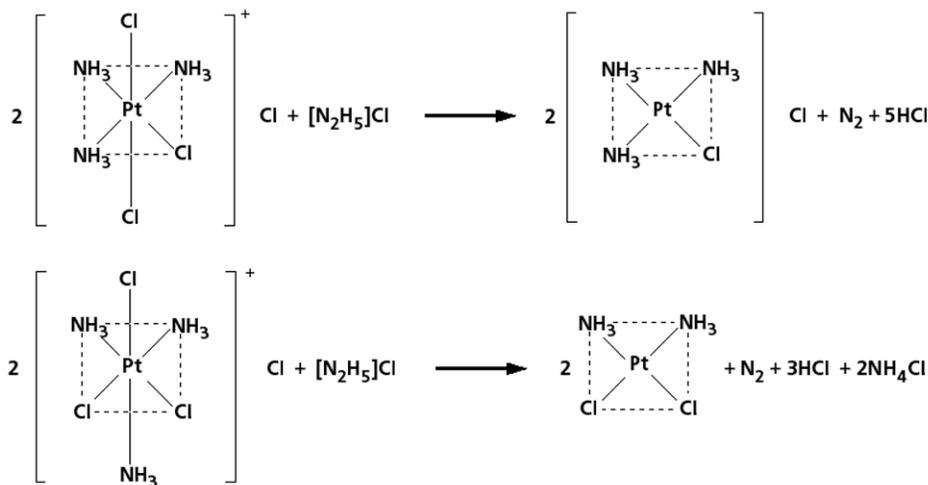


Схема восстановления двух геометрических изомеров.

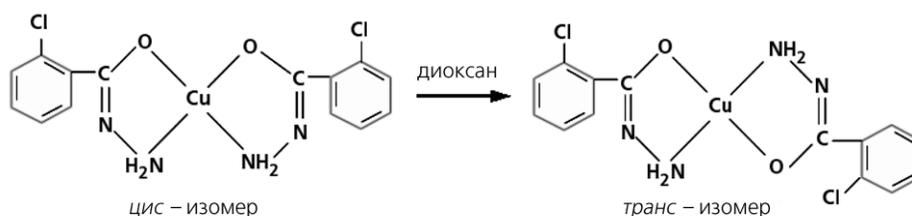
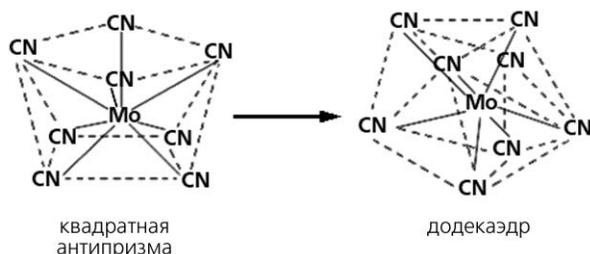


Схема трансформации одного изомера хелата меди в другой.

вратить *цис*-хелат меди(II) с 2-хлорбензгидрази-дом в соответствующий *транс*-комплекс.

Комплексные соединения с координационными числами*, равными, скажем, четырем или восьми, могут существовать в виде двух или большем количестве разных многогранников, которые практически эквивалентны друг другу в энергетическом отношении. Эту разновидность изомерии, специфическую и весьма редкую, называют **алло-гональной** (от греч. *αλλος* — различный, *γωνιος* — угол). Чаще всего один изомер имеет форму плоского квадрата, а другой — тетраэдра, как в координационном соединении $[\text{NiBr}_2\{(\text{C}_6\text{H}_5)_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{P}\}_2]$. Его изомеры отличаются и цветом, и способностью намагничиваться. Кристаллы с плоскочувственной ориентацией лигандов относительно атома никеля окрашены в темно-коричневый цвет и диамагнитны, а с тетраэдрической — темно-зеленые и парамагнитны. Известно соединение — $\text{Ni}[(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2)(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{P}]_2\text{Br}_2$, — кристаллы которого представляют собой своеобразный симбиоз молекул тетраэдрической и плоскочувственной координации. Помимо квадрата и тетраэдра возможны и другие варианты аллогональных изомеров — додекаэдр и квадратная антипризма, существующие в разных условиях и переходящие друг в друга.

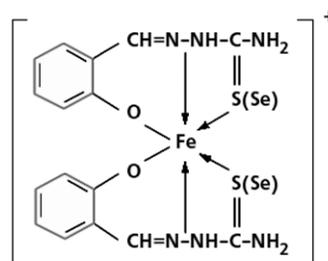


Превращение аллогональных изомеров.

Так, если комплекс с ионом $[\text{Mo}(\text{CN})_8]^{4-}$ находится в твердом состоянии, этот анион представляет собой додекаэдр, а если в водном растворе — квадратную антипризму.

* Координационное число (КЧ) — это количество координационных связей между центральным атомом металла и лигандами.

Самая поразительная изомерия, припасенная на конец, — **спиновая** (она, как упоминалось, не вписывается ни в одну из трех групп изомерий). Спиновые изомеры — это координационные соединения, у которых в зависимости от температуры или каких-либо иных факторов изменяется лишь число неспаренных электронов, тогда как все остальное (стехиометрический состав, лиганды, их взаимное расположение в пространстве и даже геометрия координационного многогранника) одинаково. Примеры таких соединений — хелаты железа(III) с тио- или селенодикарбозонами.



Хелат железа, способный образовывать спиновые изомеры.

Изомер, который содержит один неспаренный электрон, существует при низкой (<270 К) температуре, а второй, с пятью такими электронами, — при высокой. Окраской эти изомеры тоже отличаются друг от друга, и это вполне понятно, если учесть, что набор разрешенных электронных переходов, ответственных за цвет в видимой области спектра, у них резко различен. Аналогично ведут себя и дитиокарбаматные комплексы Fe(III) состава $\text{Fe}(\text{S}_2\text{CNR}_2)_3$, где R — алкильный или арильный остаток. До сих пор ни у одного другого класса химических соединений чего-либо подобного не обнаружено.

Прагматичный читатель, каковых в наше рыночное время, наверное, куда больше, чем чис-

тых философов, вправе задать вопрос: все это, может быть, и весьма важно для сугубо фундаментальной химической науки, но нельзя ли хоть что-то использовать для каких-либо прикладных целей? Конечно, значимые для практики достижения на данном поприще есть. В частности, существование изомерии приходится принимать во внимание при создании новых типов лекарственных препаратов на основе металлосодержащих соединений. Так, в 1969 г. было установлено, что упоминавшийся в статье *цис*-[Pt(NH₃)₂Cl₂] обладает отчетливо выраженными противоопухолевыми свойствами, тогда как у его геометрического *транс*-изомера они напрочь отсутствуют. Еще более эффективным примером могут служить оптические изомеры комплекса [Ru(dipy)₃]Cl₂ (dipy — стилизованное обозначение 2,2'-дипиридила): один из них, правовращающий, — сильный мышьяковый яд, а другой, левовращающий, действует как противоядие. Практическое приложение нашли созданные из бис(дитизонато)цинка(II) или бис(дитизонато)ртути(II) фотохромные полимерные пленки, которые при облучении светом меняют окраску за счет изомеризации координированного лиганда. Но все это — частности по сравнению с тем, что создали У.Ноулс, Р.Нойори и Б.Шарплесс. Они разработали методы получения оптически ак-

тивных катализаторов для асимметричного гидрирования и окисления соединений разных классов, за что в 2001 г. и были удостоены Нобелевской премии (об этом см.: Лауреаты Нобелевской премии 2001 года // Природа. 2002. №1. С.69—72). Благодаря такому синтезу можно промышленно получать индивидуальные изомеры (а не их смесь) многих — и разнообразных — лекарственных препаратов, а также ароматизирующих веществ, подсластителей, инсектицидов и даже создавать новые материалы. Это поистине триумфальное шествие координационных изомеров!

А вообще надо помнить: ничего в принципе бесполезного фундаментальная наука (если это действительно фундаментальная наука, а не мимикрия под таковую) все же не создает, и задача ученых-технологов — суметь использовать ее достижения в той или иной отрасли практической деятельности человечества.

Так уж получилось, что первые строки статьи были написаны еще в 1980 г., а вот последняя точка поставлена более 20 лет спустя — под «занавес» 2001 г. И хотя за это время полку разновидностей изомерии как будто не прибавилось, считать их перечень завершенным, видимо, еще рановато. ■

Археология

Сокровища Ассирии заговорят по-новому

Иракский археолог М.Хусейн (M.Hussein) около 20 лет назад вел раскопки на берегу р.Тигр в г.Калахе (ныне Нимруд), бывшем некоторое время столицей Ассирии. В середине IX в. до н.э. город представлял собой цитадель, окруженную мощной стеной. Расчищая заваленный обломками пол в царском дворце, ученый заметил, что кладка нескольких кирпичей отличается от обычной. Когда этот участок пола

вскрыли, перед глазами археологов оказались сокровища, не уступающие найденным в гробнице Тутанхамона. Сотни изящных золотых украшений и предметов роскоши, прекрасно сохранившиеся надписи указывают на захоронение здесь останков царственных особ, которые правили в VIII в. до н.э. империей, простиравшейся от Персидского залива до Средиземного моря.

В центре вскрытого помещения стоял гроб, запечатанный царской печатью, внутри него находились останки мужчины, личность которого уста-

новить пока не удалось, однако его высокое положение в обществе не вызывает сомнений: рядом со скелетом лежало около 200 ценных предметов (типичные для тогдашнего Ближнего Востока золотые бусы, цилиндрические печатки с изображениями и текстами, драгоценный гребень). Поблизости находилось еще одно захоронение, в котором покоился Аталия, супруга царя Саргона II, и ее дочь Банити — жена царя Салманасара V; рядом с ними найдены золотые короны и драгоценности. Из сохранившейся в гробнице надписи сле-

давало, что неподалеку покоится еще одна представительница царской семьи по имени Яба, но в стенной нише оказался лишь ее пепел в золотой чаше с текстом, указывающим, что здесь покоится возлюбленная Тиглатпаласара III (кремация необычна для древней Ассирии, так что этот случай представляет большой интерес).

В 1989 г. была открыта еще одна гробница — по-видимому, жены царя Ашшурнасирапа II (правил в 883—859 гг. до н.э.), имя которой неизвестно. В саркофаге находилось около 440 драгоценных (не только с точки зрения ювелирного искусства, но и с исторической) предметов, однако ни останков, ни пепла не обнаружено. Неподалеку от царственных могил и дворца был вскрыт глубокий колодец, в котором находились скелеты примерно 300 казненных мужчин — предполагается, что это были последние защитники дворца, пытавшиеся отстоять его во время нашествия мидян в 612 г. до н.э.

До сих пор ученые рассматривали (в основном по библейским текстам) Ассирию как милитаристское государство, не отмеченное достижениями ни в ремеслах, ни в культуре. Ошибочность такого мнения стала теперь очевидной. Так, золотые серьги в виде колокольчиков и крупные браслеты со стилизованными змейками, украшенные полудрагоценными камнями и гравировкой, — безусловные шедевры ювелирного искусства местных мастеров.

Однако эти выводы — результат лишь предварительных научных исследований. Едва начавшись, они были трагически прерваны в 1992 г., после нападения Ирака на Кувейт. Тогда, в обстановке хаоса, многие исторические ценности были разграблены или разрушены. Сейчас памятники стали охранять; преданы суду варвары,

распилившие 2700-летнюю каменную голову царя Саргона II, которая украшала дворец в Дур-Шаррукине (ныне Хорсабад) на севере Ирака. Сейчас ее реставрируют...

Правда, услышав слово «реставрация» в применении к крупным объектам, многие археологи вздрагивают: нередко правители, больше заинтересованные в привлечении туристов, чем в исторических открытиях, заменяют разрушенные сооружения новоделами. При этом неизбежно страдают неисследованные, а то и неизвестные еще памятники древности. Например, прямо на месте вавилонских стен, остатки которых сохранялись тысячелетиями, уже возведены новые. К тому же навыки современных строителей часто уступают мастерству их предшественников. Тем не менее массовое разграбление памятников прекратилось, и археологи Австрии, Бельгии, Германии, Италии, Франции и Японии уже распределили между собой предоставленные им места раскопок.

Science. 2001. V.293. №5527. P.32—42 (США).

Палеонтология

Таймырский мамонт: успех или конфуз?

Семья оленеводов-долган Жарковых, кочевавшая в конце 1999 г. на Таймыре, заметила торчавшие из мерзлой земли огромные бивни. Полагая, что в глубине кроются остатки мамонта, они предложили желающим купить находку. Среди местных жителей покупателей не нашлось, и за дело взялся француз Б.Бюже (B. Buiges), владелец парижской туристической фирмы, организующей поездки на Северный полюс. При финансовой поддержке британского телевизионного канала «Discovery» (Кембридж) он нанял команду, которая вырубил

из вечной мерзлоты многотонный блок льда и перевезла его за 300 км в Хатангу. Еще до этого команда Бюже раскопала череп мамонта, получившего имя Жарков, и специалисты установили, что это самец, живший 20 380 лет назад.

Находка костей мамонта не такая уж редкость, но на этот раз была надежда, что в вечной мерзлоте хорошо сохранились и ткани, позволяющие провести интереснейшие исследования. Правда, посетивший место находки российский палеонтолог выразил серьезные сомнения в такой сохранности.

В Хатанге ледяной куб поместили в естественный ледяной холодильник, где жители хранят рыбу и оленину, и приступили к размораживанию находки при помощи фенов. В самой верхней части блока обнаружили три позвонка грудной области (два из них находились в естественном анатомическом сочленении), а также пара ребер, расположенных случайным образом. Тканей же мамонта там не оказалось вообще.

По мнению многих (в том числе и научного обозревателя лондонской «Таймс»), все это — крупномасштабная фальсификация, подобная той, на которую поддались даже английские специалисты, когда найденный в 1918 г. в Пилтдауне (графство Сассекс) скелет «древнейшего человека» в действительности оказался грубой подделкой.

Более сдержанной была реакция палеонтолога Р.Макфи (R. MacPhee), куратора позвоночных в Американском музее естественной истории (Нью-Йорк), и геолога Л.Эйдженброда (L. Agenbroad; Северо-Аризонский университет во Флагстаффе), считающих, что «еще не все потеряно, и по мере таяния ледяного куба может найтись нечто интересное».

Science. 2001. V.291. №5502. P.229 (США).

Рудный потенциал океана

Г.Н.Батурин

На протяжении предшествующих тысячелетий единственным источником минеральных ресурсов был континентальный блок, а в последней четверти XX в. началось освоение дна Мирового океана.

В связи с этим уместно рассмотреть, каковы перспективы будущего освоения рудных ресурсов океана.

Различным аспектам проблемы посвящено множество публикаций [1, 2]*, писала об этом и «Природа» [3]. Мы коснемся лишь самых характерных сторон состава и формирования океанских рудоносных отложений.

История исследования

Начальные сведения о рудных образованиях на дне открытого океана были получены в ходе проведения первой в истории мировой науки комплексной океанологической экспедиции на английском судне «Челленджер», продолжавшейся почти четыре года (1872—1876).

18 февраля 1873 г. при проведении драгировки в 160 милях к юго-западу от Канарских о-вов со дна были подняты черные ок-



Глеб Николаевич Батурин, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Область научных интересов — геохимия и минеральные ресурсы океана. Неоднократно публиковался в «Природе».

руглые желваки — железомарганцевые конкреции, содержащие, как показали уже первые анализы, значительное количество никеля, меди и кобальта. Правда, несколько ранее, в 1868 г., во время экспедиции Н.Норденшельда на шведском судне «София», похожие конкреции были подняты со дна Карского моря, но эта находка осталась практически незамеченной.

В течение нескольких десятилетий после экспедиции «Челленджера» конкреции находили регулярно почти все последующие экспедиции, получавшие донные пробы, и начиная с 60-х годов XX в. стали появляться обоснованные предположения о глобальном характе-

ре железомарганцевого оруденения на дне океана. Так, по расчетам Д.Меро [4], общие ресурсы железомарганцевых конкреций на дне Тихого океана достигают $1.66 \cdot 10^{12}$ т.

Другой тип подобных образований — железомарганцевые корки, которые, в отличие от конкреций, образуют протяженные относительно тонкие покровы на твердых породах различного состава, преимущественно на подводных поднятиях. Они были открыты и впервые описаны совместно с конкрециями в результате той же экспедиции на «Челленджере» и лишь много позднее выделены в самостоятельный морфологический тип.

* В работах [1, 2] приводится список основных монографий по этой теме.

В 1954 г. появилось первое сообщение о высоком содержании кобальта (0.7%) в железомарганцевых корках Тихого океана, что стимулировало дальнейшие комплексные исследования. В настоящее время растущие корки обычно называют гидротермальными, или рудными, в отличие от бедных кобальтом и быстро растущих гидротермальных.

Собственно гидротермальные рудные образования включают в себя металлоносные и рудные осадки, массивные сульфиды и гидротермальные железомарганцевые корки.

Металлоносные осадки с аномально высоким содержанием железа были впервые обнаружены экспедицией «Челленджера», а спустя 70 лет экспедицией «Карнеги» в юго-восточной части Тихого океана, но они также не привлекли к себе внимания. Ситуация изменилась, когда были опубликованы карты распределения железа и марганца в осадках Тихого океана, продемонстрировавшие региональное обогащение этими металлами обширной юго-восточной зоны. Такое обогащение связывалось с поставкой гидротермального вещества [5]. О возможном наличии в океане подобного процесса сообщал и К.К.Зеленов, воочию наблюдавший осаждение гидроксидов железа и алюминия из гидротерма на подводном склоне вулкана Бану-Вуху в Индонезии.

Детальные данные по геохимии осадков и дальнейшие исследования показали глобальный характер подводной гидротермальной минерализации; были выявлены новые площади распространения металлоносных осадков в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах, а также обнаружены древние металлоносные осадки в скважинах глубоководного бурения [6–8].

Столь же повышенный интерес вызвали к себе металлоносные осадки Красного моря.

В 1964 г. в его центральной впадине, названной впоследствии именем исследовательского судна «Атлантис II», на глубине 2190 м обнаружили горячие рассолы с температурой 44°C и соленостью 261‰. (Заметим, что температурная аномалия была здесь впервые выявлена на глубине 600 м контр-адмиралом С.О.Макаровым во время плавания на корвете «Витязь», в 1886 г., и впоследствии многократно подтверждалась другими экспедициями, но ее объясняли погружением нагретых и осолоненных поверхностных вод.) Затем установили, что придонный рассол обогащен растворенными металлами, а донные осадки состоят из чередующихся полужидких слоев оксидов и сульфидов металлов, превращающихся при высыхании в рудное вещество с примесью соли. Поэтому осадки впадины Атлантис II нередко называют рудными илами. После таких сенсационных находок в Красном море работало несколько экспедиций и было установлено 14 впадин с осадками, обогащенными металлами гидротермального происхождения [9].

Наличие сульфидных прослоев в металлоносных осадках Красного моря показало, что сульфидоносные гидротермы могут разгружаться также и в рифтовых зонах открытого океана. Действительно, в 1967 г. в зоне тройного сочленения Аравийско-Индийского и Центрально-Индийского подводных хребтов, в гидротермально измененных основных породах, обнаружили сульфидную минерализацию штокверкового типа, представленную пиритом, халькопиритом, ковеллином, ильменитом, гематитом. Судя по характеру двойников халькопирита, температура рудоносного флюида была около 550°C. Но большинство исследователей считало, что накопление сульфидов на поверхности дна в рифтовых зонах открытого океана невозможно из-за насыщенности морской воды кисло-

родом, который приводит к быстрому окислению сульфидов.

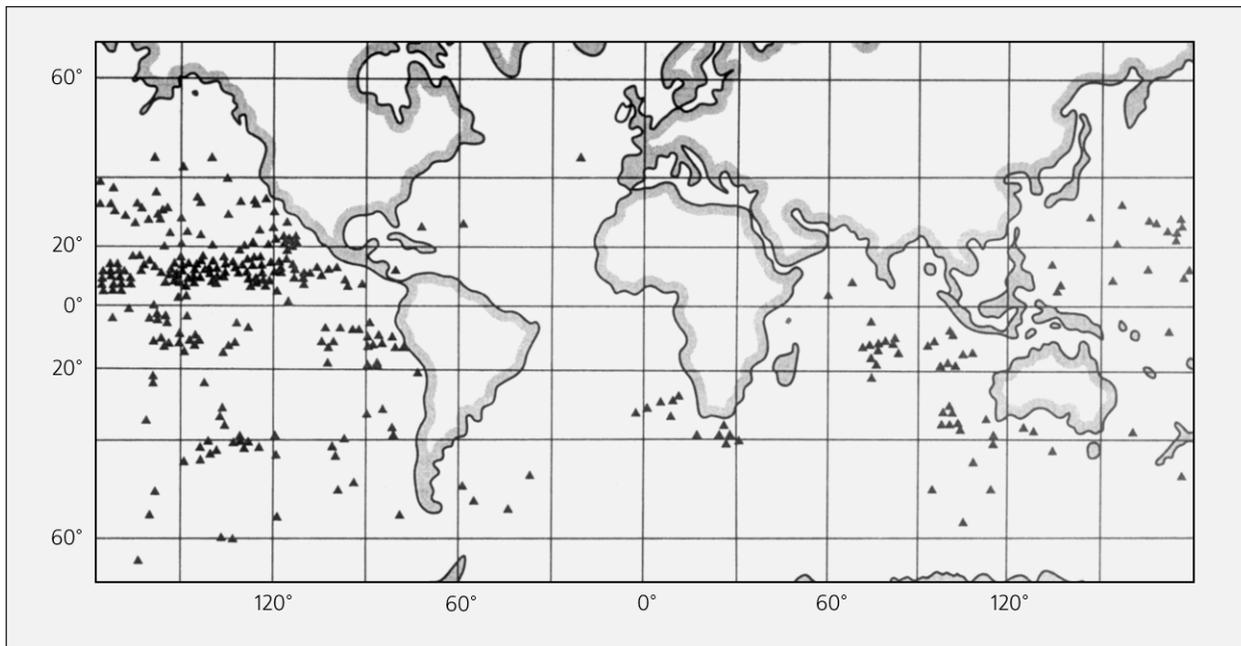
Это мнение оказалось ошибочным. В 1978 г., во время комплексной международной морской геологической экспедиции, при погружении французской подводной лодки СИАНА, к северу от разлома Ривера с глубины 2620 м были подняты образцы черных плотных пород, принятых поначалу за базальты.

Позднее, уже в институтской лаборатории, сотрудник Геологической службы США Д.Бишофф обратил внимание на их значительную плотность и предложил проверить состав, что и было сделано. Результаты анализа мгновенно изменили отношение первооткрывателей к этим породам. Вскоре была опубликована статья нескольких участников французской экспедиции с описанием первой находки массивных сульфидов на дне океана [10].

Иной тип рудных образований представляют собой фосфориты, которые наряду с железомарганцевыми конкрециями были впервые найдены экспедицией на «Челленджере» в 1874 г. в районе банки Агульяс у побережья Южной Африки. Позднее фосфориты обнаружили на подводном плато у восточного побережья Флориды, во Флоридском проливе и в Калифорнийском бассейне, а во второй половине XX в. и на подводных окраинах континентов, подводных горах и возвышенностях в Тихом, Атлантическом и Индийском океанах, в том числе на подводном поднятии Ямато в российской экономической зоне Японского моря [11, 12].

Распространение, состав и генезис рудных образований

Железомарганцевые конкреции, широко распространенные на дне Мирового океана, максимально сосредоточены в нескольких рудных полях,



Распространение железомарганцевых конкреций, обогащенных рудными металлами.

в пределах которых они распределяются неравномерно, хотя на некоторых участках конкреции покрывают свыше 50% площади дна. В их минеральном составе доминируют гидроксиды марганца (тодорокит, бернесит, бузерит, асболан) и железа (вернадит, гематит, ферроксит), с ними связаны все представляющие экономический интерес металлы.

Химический состав океанских конкреций крайне разнообразен: в тех или иных количествах присутствуют практически все элементы периодической системы. Для сравнения в таблице 1 приводятся средние содержания главных рудных элементов в морских железомарганцевых конкрециях и в глубоководных пелагических осадках.

Проблема генезиса железомарганцевых конкреций сопряжена с проблемой скорости их роста [13]. Согласно результатам датирования конкреций традиционными радиометрическими методами, скорость их роста оценивается миллиметрами за миллион лет, т.е. намного ниже скоростей отложения осадков. По другим данным, в частности по возрасту органических остатков и по изотопному составу гелия, конкреции растут в сотни и тысячи раз быстрее и могут, как предполагают, оказаться моложе подстилающих осадков.

Для подтверждения первой точки зрения требуется объяснить, почему конкреции не перекрываются относительно быстро накапливающимися осадками, для подтверждения второй — откуда за относительно короткое время поступила колоссальная масса марганца, необходимая для формирования конкреций в масштабах всего океана.

В первом случае предлагался ряд объяснений, например: активность переворачивающих конкреции донных организмов,

Таблица 1
Химический состав железомарганцевых конкреций Мирового океана

Элемент	Диапазон содержания	Средние содержания, %				
		Океаны			Моря	Глубоководные осадки
		Тихий	Индийский	Атлантический		
Mn	0.04–50.3	21.6	15.25	13.25	5.3	0.3
Fe	0.3–50.0	10.4	14.2	17.0	19.1	3.8
Ni	0.08–2.48	0.90	0.43	0.32	0.015	0.010
Cu	0.003–1.90	0.60	0.25	0.13	0.003	0.024
Co	0.001–2.53	0.26	0.21	0.27	0.01	0.006
Zn	0.01–9.0	0.11	0.149	0.123	0.01	0.013
Pb	0.01–7.5	0.074	0.100	0.140	0.003	0.004
Mo	0.0007–0.22	0.040	0.030	0.037	0.010	0.001
V	0.001–0.5	0.050	0.049	0.060	0.035	0.010
Ti	0.01–8.90	0.73	0.62	0.42	0.23	0.26

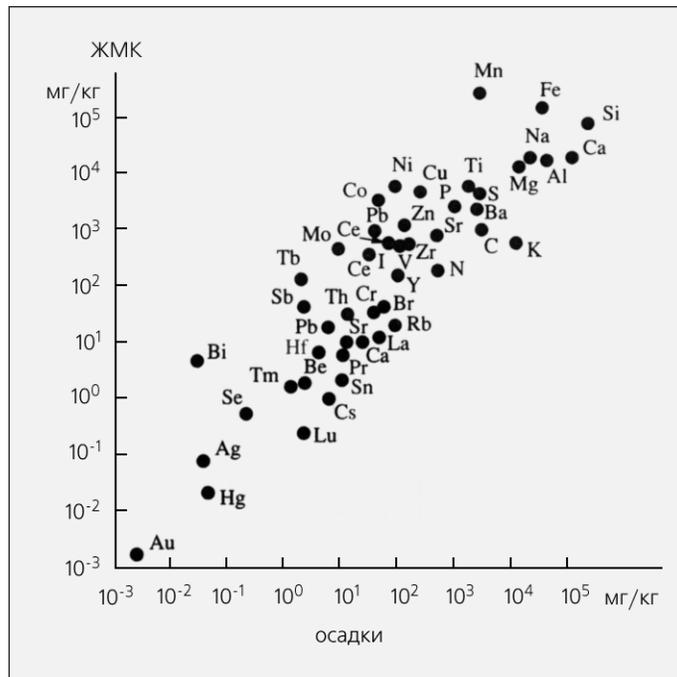
воздействие придонных течений, поддерживающих конкреции «на плаву», тектонические толчки, встряхивающие донные отложения. Для обоснования второй концепции наиболее удобна гипотеза усиленной поставки в позднечетвертичный океан гидротермального марганца, однако конкретные доказательства подобного явления пока не приводились. В любом случае конкреции сформировались за счет поступления рудного материала из подстилающих осадков, о чем свидетельствует корреляция средних содержаний в них различных элементов.

Железомарганцевые гидротермальные (или рудные) корки характеризуются низкими скоростями накопления, относительно стабильным составом и повышенным содержанием цветных металлов, что сближает их с глубоководными железомарганцевыми конкрециями.

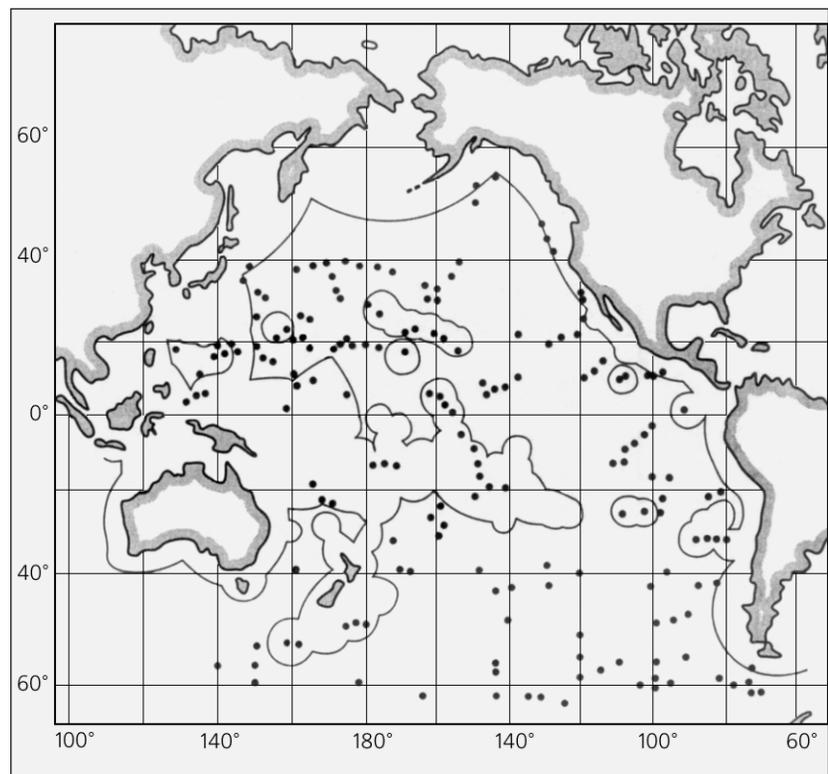
Рудные корки, распространенные на подводных поднятиях, встречаются во всех климатических зонах в прибрежных, гемипелагических и пелагических обстановках на глубинах от нескольких десятков до нескольких тысяч метров. В наибольшей степени они распространены в Тихом океане — на подводных горах Мид-Пацифик и Магеллановых, в северной части экваториальной зоны, на склонах Гавайского хребта, на подводных горах в районе Маршалловых о-вов и архипелага Туамоту и в других районах.

Обычно корки залегают на поверхности плотных пород — базальтов, гравелитов, известняков, мергелей, иногда фосфоритов. В большинстве регионов их мощность связана с глубиной океана. Так, на подводных горах Мид-Пацифик корки мощностью свыше 6 см находятся на глубинах 1500—2100 м; выше и ниже этого интервала их мощность сокращается до 0,5—3,5 см.

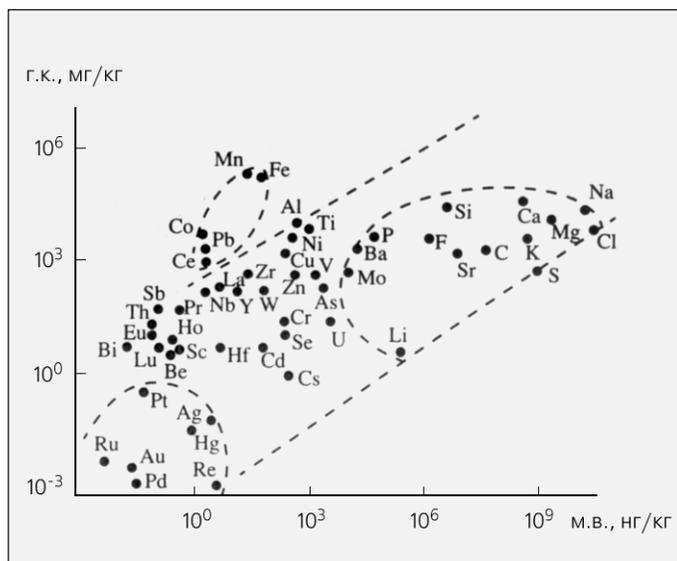
На склонах Гавайского хребта корки мощностью 2—4 см нередко образуют сплошной покров, простирающийся на несколько



Соотношение средних содержаний химических элементов в железомарганцевых конкрециях (ЖМК) и глубоководных осадках океана.



Распространение железомарганцевых корок на подводных горах и возвышенностях Тихого океана.



Соотношение средних содержаний химических элементов в гидрогенных железомарганцевых корках (г.к.) и океанской (морской) воде (м.в.). Оконтурены группы элементов, образующих устойчивые ассоциации.

километров на подводных террасах, находящихся на глубинах 370–560 и около 1000 м.

В химическом составе рудных корок Тихого океана, изученных наиболее детально, доминируют марганец и железо, при средних содержаниях соответственно 22.5 и 15% (табл.2). Наиболее ценный компонент — кобальт — концентрируется местами до 2.5%, при среднем содержании 0.68%. В некоторых районах, например на подводных склонах Гавайского хребта

и о-вов Туамоту, в корках отмечалось повышенное содержание платины (до 4 г/т), серебра (до 3.7 г/т) и золота (до 0.169 г/т).

Генезис корок связан, очевидно, с теми же механизмами, которые предлагались для железомарганцевых конкреций, но с превалированием гидрогенных процессов, т.е. осаждением металлов непосредственно из океанской воды. Об этом свидетельствует и определенная зависимость между средними содержаниями элементов в кор-

ках и воде. Наибольшую роль в процессе формирования таких образований играют, по мнению большинства исследователей, окислительные и сорбционные процессы, в частности окисление $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{4+}$, $Co^{2+} \rightarrow Co^{3+}$, $Ce^{3+} \rightarrow Ce^{4+}$, $Pt^{2+} \rightarrow Pt^{4+}$, сопровождающееся сорбцией микроэлементов гидроксидами марганца. Но для платины предполагался также механизм ее восстановления двухвалентным марганцем до Pt^0 , что подтверждается находкой самородной платины в железомарганцевых конкрециях Тихого океана.

Гидротермальные рудопроявления (из которых наиболее разнообразием пользуются металлоносные осадки) известны в Тихом, Атлантическом океанах и в меньшей степени — в Индийском.

Металлоносные осадки

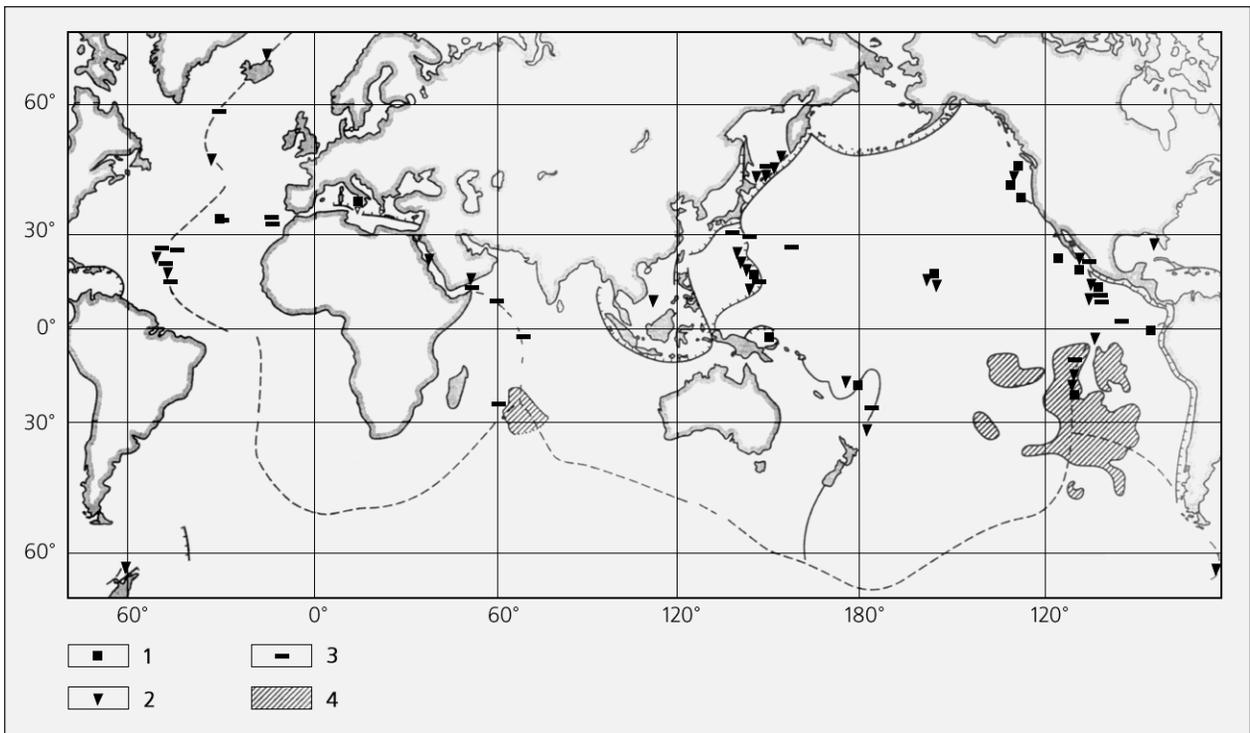
отличаются повышенным содержанием железа гидротермального происхождения (более 10%). Обширная зона их распространения — юго-восточная часть Тихого океана (около четверти всей площади) между 5° и 45° ю.ш., куда поступает гидротермальный материал из рифтовой зоны Восточно-Тихоокеанского поднятия. На значительной части этой площади содержание железа в осадках (в пересчете на бескарбонатное вещество) превышает 20%.

Рудная часть осадков состоит из бесформенных агрегированных масс колломорфного вещества и глобулярных бурых частиц, видимо, кремнисто-железистых гелей. В мелкопесчаной и крупноалевритовой фракциях обнаружены сульфиды Fe, Cu, Zn, а также самородные металлы и интерметаллические соединения.

Путем геохимических сопоставлений было показано, что основная часть (62–88%) Fe, Mn, Pb, Zn поступила в эти осадки из гидротермальных источников, в то время как основная часть (54–94%) Ba, Ni, Co, Zr, La, Sm, Eu — из океанской воды. До-

Таблица 2
Химический состав рудных и гидротермальных корок Тихого океана

Элемент	Рудные корки		Гидротермальные корки	
	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее
Mn	1–40	22.5	10.5–55.01	36.97
Fe	2–25	15	0.019–59.1	18.70
Ni	0.1–1.5	0.45	0.0001–0.(?)	0.0287
Cu	0.001–1.0	0.12	0.0018–0.32	0.0228
Co	0.1–2.5	0.68	0.0002–0.11	0.0072
Zn	0.044–0.47	0.066	0.0009–0.142	0.0238
Pb	0.01–0.47	0.16	0.0001–0.067	0.0045
Mo	0.005–0.11	0.043	0.0027–0.1840	0.0327
V	0.005–0.3	0.06	0.0005–0.0926	0.0225
Ti	0.2–2.2	0.98	0.0085–0.43	0.1466



Распространение гидротермальных образований на дне Мирового океана. 1 — массивные сульфидные руды, 2 — активные гидротермальные выходы, 3 — гидротермальные железомарганцевые корки, 4 — области сплошного распространения металлоносных осадков.

ля гидротермального источника в поставке Si, V, В оценена в 28—37%, Ni, Co, Zr — в 11—18%.

Массивные сульфиды представляют собой плотные образования сложного строения и переменного состава. Они известны в ряде участков Восточно-Тихоокеанского поднятия, в Калифорнийском заливе, в зонах задугового спрединга, западной части Тихого океана, в северной части Срединно-Атлантического хребта. Сульфидные рудопроявления на поверхности дна имеют форму холмов и труб высотой от десятков сантиметров до десятков метров [14].

Во впадине Гуаймас (Калифорнийский залив) встречаются конусообразные гидротермальные постройки высотой до 50 м; другие постройки, находящиеся на внутритроговых полях, имеют форму колонн и пагод, возвышающихся над коническими цоколями на 17—23 м. На поверхности цоколей на-

блюдаются скопления вестиментифер (специфической фауны гидротермали) и бактериальные маты.

В рифтовой зоне Атлантического океана (поле ТАГ, 26°с.ш.) встречены гидротермальные холмы конусообразной формы диаметром до 200 и высотой до 30 м, увенчанные конусами высотой до 15 м. Из активных конусов фонтанируют гидротермальные сульфидные растворы с температурой 350—360°С. По данным глубоководного бурения, корни базальных цоколей прослеживаются до глубин свыше 100 м.

Минеральный состав массивных сульфидов варьирует в пределах каждого рудопроявления в зависимости от состава и температуры гидротермального раствора, скорости его истечения и условий осаждения рудного материала. Для большинства рудопроявлений характерны различные сочетания сульфи-

дов железа, меди, цинка и свинца (табл.3). Химический состав сульфидов также варьирует в зависимости от того, рассматриваются ли мономинеральные компоненты, минеральные агрегаты, поликомпонентные штуфы или морфологически обособленные части рудных построек.

Генезис сульфидов связан с проникновением океанской воды в толщу трещиноватых коренных пород рифтовых зон, ее нагревом и взаимодействием с породами, в результате чего вода трансформируется в рудоносный гидротермальный флюид, разгружающийся затем по мере восходящей миграции и приближения к поверхности дна.

Гидротермальные железомарганцевые корки встречаются как совместно с металлоносными осадками, так и без них, нарастая на твердых породах или на поверхности некон-

Таблица 3
Главные минералы некоторых сульфидных рудопроявлений

Район	Минералы	
	преобладающие	второстепенные
г. Осевая (хр.Хуан де Фука) Галапагос	сфалерит (ZnS)	халькопирит, пирит, опал (SiO ₂ ·nH ₂ O)
Гуаймас (Калифорнийский залив) ТАГ, 26°с.ш. (Атлантика)	халькопирит, пирит (CuFeS ₂ , FeS ₂)	сфалерит, марказит (FeS ₂) ковеллин (CuS), халькопирит галенит (PbS)
трог Окинава: массивная руда тип I: внешняя часть	пирротин (FeS), сфалерит, халькопирит пирит, марказит, халькопирит, кварц (SiO ₂) ангидрит (CaSO ₄)	сфалерит, ковеллин, изокубанит (CuFe ₂ S ₃), борнит (Cu ₃ FeS ₄) атакамит (Cu ₂ (OH) ₃ Cl)
внутренняя часть массивная руда тип II	аурипигмент (As ₂ S ₃), галенит, сфалерит, барит (BaSO ₄) реальгар (As ₂ S ₄)	халькопирит
штокверковая минерализация	сфалерит, галенит, пирит сфалерит, халькопирит, пирит сфалерит теннантит (Cu ₁₀ Cu ₂ As ₃ S ₁₃), галенит, энаргит (Cu ₃ AsS ₄)	халькопирит англезит (PbSO ₄), опал пирит, халькопирит

солидированных осадков, главным образом на возвышенностях океанского дна. По морфологии они аналогичны гидрогенным (рудным) коркам, но отличаются минеральным составом.

Химический состав гидротермальных корок характеризуется резким преобладанием марганца или железа: отношение Fe/Mn колеблется от 24 000 (при максимальном содержании Fe = 58%) до 0.001 (при максимальном содержании Mn = 52%). Содержание в гидротермальных корках преимущественно марганцевого состава практически всех металлов (кроме марганца) значительно ниже по сравнению с гидрогенными корками; то же относится и к большинству микроэлементов, кроме Li, Cd, Hg. Встречающиеся значительно реже корки железистого состава еще более обеднены цветными металлами и микроэлементами, за исключением хрома и мышьяка.

Происхождение гидротермальных корок связано с разгрузкой в океане подводных гидротерм рифтовых зон или пост-

вулканических гидротерм подводных вулканов, которые распространены также и на океанических плитах. Механизм осаждения главных компонентов — марганца и железа — такой же, какой действует при формировании гидрогенных корок, а низкое содержание в них сопутствующих элементов, извлекаемых из океанской воды, обусловлено высокой скоростью роста, которая ограничивает сорбционные возможности породообразующих гидроксидов.

Фосфориты распространены на подводных окраинах континентов и на подводных горах и возвышенностях. Морфологически они представлены фосфатными песками, конкрециями и разнообразными фосфатизированными породами.

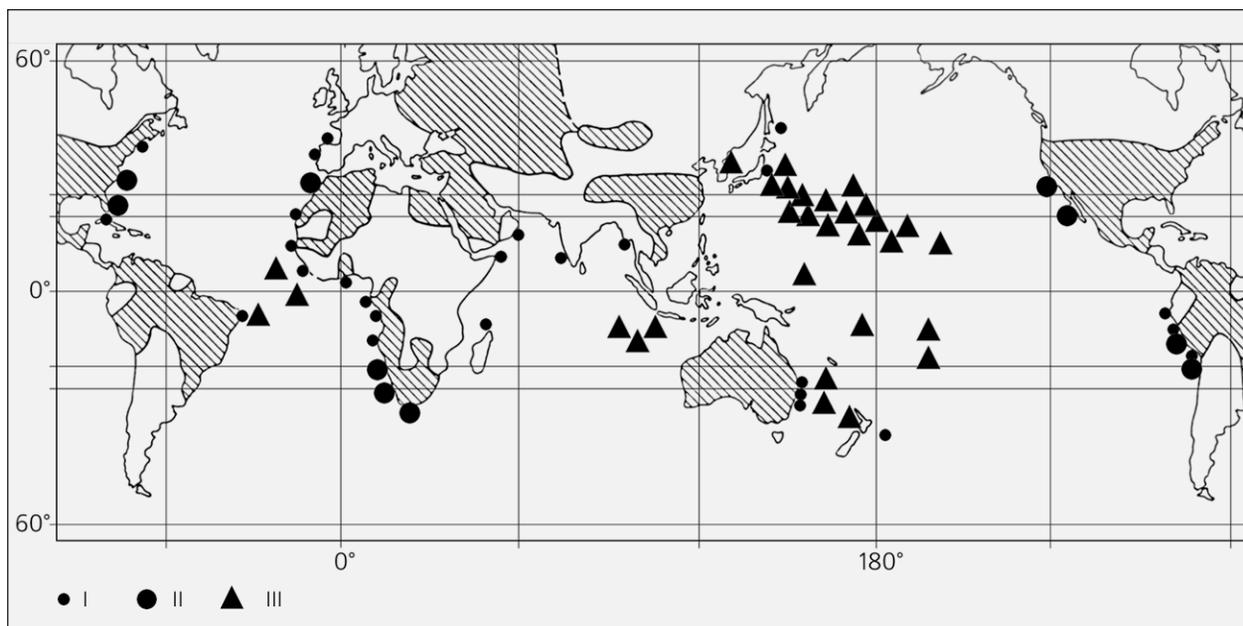
Фосфатный минерал океанских фосфоритов представлен, как правило, фторкарбонататапатитом. Среди сопутствующих минералов преобладают кварц, биогенный опал, карбонат кальция, пирит, барит, глауконит, гидроксиды железа. Из редких минералов обнаружены уранинит, коффинит

(U[SiO₄]), аутигенный монацит (Ce[PO₄]), самородное серебро, штернбергит (сульфид серебра).

Химический состав фосфоритов варьирует в зависимости от соотношения фосфатных и нефосфатных компонентов. Так, содержание P₂O₅ колеблется в них от 10 до 39,5% (табл.4). Анализ относительно чистого фосфатного вещества, выделенного из наиболее молодых (голоценовых) океанских образцов, показал, что оно характеризуется повышенными по сравнению с фосфоритами на континентах содержаниями легкорастворимого фосфора, адсорбционной воды, хлора и натрия, частично входящего, видимо, в кристаллическую решетку апатита. Содержание в современных фосфоритах урана оказалось сопоставимым с таковым в древних фосфоритах, а редкоземельных элементов — многократно ниже, что свидетельствует о накоплении первого в раннем диагенезе, а вторых — в постседиментационных процессах.

Генезис фосфоритов на современных подводных окраинах континентов связан с явлением прибрежного апвеллинга, обеспечивающим высокую биологическую продуктивность фитопланктона, накопление обогащенных подвижным фосфором биогенных осадков и формирование в них диагенетических фосфатных стяжений. При последующем переотложении таких осадков фосфатный материал может подвергаться вторичной концентрации, о чем, например, свидетельствует сходство строения и состава современных фосфатных зерен, рассеянных в диатомовых илах внутреннего шельфа и сконцентрированных в переотложенных плиоценовых-плейстоценовых осадках внешнего шельфа Намибии.

Генезис фосфоритов на подводных горах и возвышенностях объясняется аналогичным образом для мелководных этапов геологической истории



Распространение фосфоритов на дне океанов.

Обозначены: мелкие (I) и крупные (II) залежи фосфоритов в приконтинентальных районах и фосфориты на подводных горах открытого океана (III). Заштрихованы части континентов, обеспеченные фосфатным сырьем за счет наземных месторождений.

Таблица 4

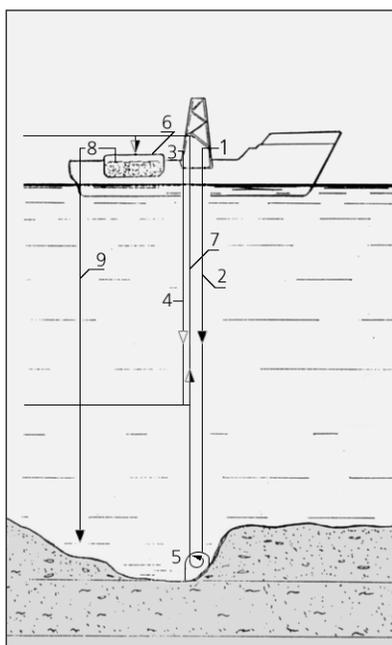
Химический состав некоторых океанских фосфоритов

Район	шельф Марокко	внутренний шельф Намибии	внешний шельф Намибии	шельф ЮАР	шельф Сев. Каролины	Калифорнийский бассейн	шельф Перу	шельф Сахалина	Японское море	горы Мид-Пацифик	шельф о.Сокотра	
Глубина, м	55–290	80–120	150–200	215–490	13–35	100–350	117–446	150–180	450–1800	1050	210	
Материал	пеллеты	конкреции	пеллеты	пеллеты	пеллеты	конкреции	конкреции	конкреции	конкреции	фосфатизированный известняк	конкреции	
Геологический возраст	миоцен	голоцен	плиоцен–плейстоцен	олигоцен–плейстоцен	миоцен–плиоцен	миоцен–плиоцен	поздне-четвертичный	плиоцен	миоцен	поздний мел	плиоцен	
Состав, %	P ₂ O ₅	26.2	32.8	28.5	32.2	29.2	30.0	21.2	23.28	28.0	31.60	28.0
	CaO	49.0	49.1	44.6	45.5	47.8	47.8	34.0	35.11	43.32	48.72	43.9
	MgO	0.9	1.2	0.9	1.1	0.8	0.7	1.5	0.87	0.94	0.60	1.1
	SiO ₂	2.5	0.5	3.7	5.1	4.5	9.5	22.0	21.0	7.90	—	3.1
	Al ₂ O ₃	0.4	0.2	1.1	1.4	0.5	1.4	4.9	4.8	1.44	0.25	2.3
	Fe ₂ O ₃	0.8	0.5	4.1	3.5	0.5	1.0	2.1	2.7	2.41	0.39	5.75
	Na ₂ O	1.3	1.0	1.1	0.9	1.5	0.8	0.9	0.85	2.15	2.16	0.9
	K ₂ O	0.13	0.06	0.3	0.5	0.1	0.6	1.1	1.3	0.42	0.15	0.43
	CO ₂	10.8	5.2	3.7	—	5.9	5.5	3.6	3.0	3.75	4.90	8.45
	SO ₃	3.2	1.8	10.6	4.1	4.2	2.1	1.1	0.4	1.14	—	—
	F	—	2.9	2.4	—	3.5	3.4	2.14	2.2	2.97	3.87	2.0
	C _{орг}	0.8	1.1	—	—	1.2	1.0	0.64	0.62	0.8	0.25	0.55

Таблица 5

Сравнительные показатели ресурсов и добычи металлов при потенциальной разработке железомарганцевых конкреций (3 млн т/год) и корок (1 млн т/год)

Элементы	Мировые ресурсы, т			Мировое производство, т/год		
	на континентах	в океане		на континентах	в океане	
		конкреции	корки		конкреции	корки
Mn	8·10 ⁹	6·10 ⁹	2,5·10 ⁶	15·10 ⁶	0,75·10 ⁶	0,25·10 ⁶
Ni	100·10 ⁶	290·10 ⁶	40·10 ⁶	700·10 ³	36·10 ³	5·10 ³
Cu	600·10 ⁶	240·10 ⁶	7·10 ⁶	14·10 ⁶	30·10 ³	0,7·10 ³
Co	3·10 ⁶	60·10 ⁶	80·10 ⁶	50·10 ³	7,2·10 ³	8·10 ³



Принципиальная схема разработки конкреционных океанских месторождений методом гидроподъема на специально оборудованном судне. 1, 2 — водяной насос и трубопровод для подачи воды к рабочей головке; 3, 4 — компрессор и трубопровод для подачи сжатого воздуха в пульпу; 5 — рабочая головка с гидромонитором для размыва грунта и всасывающим устройством; 6, 7 — насос и трубопровод для подъема пульпы с конкрециями; 8, 9 — насос и трубопровод для откачки отработанной пульпы и укладки на дно. Система разработана в Московской горной академии.

поднятий, когда они омывались поверхностными водами. Вопрос о том, происходила ли фосфатизация пород при глубоководной стадии развития подводных гор, остается спорным и требует дополнительного исследования.

О перспективах освоения рудных ресурсов

Идея освоения рудных ресурсов океана возникла на базе значительных достижений в области исследований океанского дна, проводившихся ведущими мировыми державами в эпоху холодной войны и активной конкуренции за приоритет в освоении океана как стратегического пространства. Естественно, что эта идея получила поддержку руководства каждой из конкурирующих сторон, поскольку руды марганца и кобальта рассматривались как стратегическое сырье.

В океане были проведены сотни специализированных рейсов научно-исследовательских судов США, СССР, а также Индии, Японии, европейских стран, Австралии, Новой Зеландии и ЮАР. Было получено и обработано невиданное ранее количество новой информации о рудном потенциале океана (табл.5), на что было истрачено, по ориентировочной оценке, около 4 млрд долл.

Одновременно решались и другие аспекты этой проблемы — технические, правовые, экологические, экономические.

Технические проблемы заключаются в способах добычи, транспортировки и переработки. Из различных методов разработки железомарганцевых конкреций и фосфоритов наиболее перспективны гидроподъемный и эрлифтный (подъем с помощью сжатого воздуха). Для транспортировки сырья предполагалось использовать обычные сухогрузные суда. Переработка конкреций и корок методами пиро- и гидрометаллургии была успешно опробована на ряде предприятий США и бывшего СССР.

Правовые вопросы, возникшие в связи с предполагаемыми добычными работами в международных водах, были разрешены путем создания при ООН Подготовительной комиссии Международного органа по морскому дну, которая была уполномочена выдавать лицензии на заявочные участки. Наиболее перспективная для добычи конкреций зона Клариян-Клиппертон была поделена между несколькими заявителями — государственными организациями и международными горнорудными консорциумами. Многие залежи рудных корок, особенно в центральной части Тихого океана, оказались в пределах 200-мильных экономических зон островных государств, которые обладают монопольными правами на их освоение.

Экологические проблемы, связанные с нарушением среды как на дне, так и в фотическом горизонте водной толщи, предполагалось разрешить путем минимизации взмучивания придонного слоя, а также выводом продуктов промывки конкреций с борта судна на глубину нескольких сот метров по специальному трубопроводу.

Наконец, наиболее критическая проблема, ставшая первостепенной, — рентабельность предприятия в целом. Еще

в конце 70-х годов было подсчитано, что капитальные затраты на создание производственного комплекса по добыче и переработке 3 млн т конкреций в год составят 1.5–2 млрд долл. При этом доходы на вложенный капитал — 8.5–9.5%, а чистая прибыль после вычета налогов — лишь 3–4.5%. С учетом нестабильности океанской среды, изменчивости ситуации на рынках сбыта, а главное, при отсутствии стратегического стимула, такой экономический риск не оправдан.

Но работавшие в этой области специалисты считают, что накопленный опыт по освоению подводных месторождений необходимо тщательно сохранять и приумножать, дабы немедленно его реализовать в случае изменения экономической ситуации в мировой экономике и технологиях, могущих вызвать повышение цен на черные и цветные металлы.

Ресурсы массивных сульфидов исследованы недостаточно, но в перспективе могут оказаться весьма значительными: протяженность зон спрединга океана, к которым они приурочены, достигает 60 тыс. км, а расстояние между расположенными вдоль них гидротермальными полями может быть относительно коротким — десятки и сотни километров. В Галапагосском поле заключено около 25 млн т массивных сульфидов, а общие ресурсы меди и цинка в сульфидных рудах океана оценивались в 1987 г. от 216 до 518 млн т, или соответственно 14 и 29% от мировых запасов. Массивные сульфиды образуют, в противоположность железомарганцевым конкрециям, концентрированные рудные тела, залегают на значительно меньшей глубине (около 2.5 км) и находятся в большинстве случаев ближе к континенту, что упростит проблему их будущей разработки.

Ресурсы фосфоритов, потребность в которых по мере расширения сельскохозяйст-



Распределение заявленных участков на разработку железомарганцевых конкреций в зоне Клариион-Клиппертон. А — Ocean Mining Assoc. (международный консорциум); J — Ocean Management Inc. (Япония); O — Ocean Minerals Co. (США); K — Kennecott Consort (Канада); I — Ocean Mining Inc. (международный консорциум); C — COMRA (Китай) R — Южморгеология (Россия), P — Interoccean Metal (бывшие страны СЭВ); черным цветом показаны участки французской ассоциации AFERNOD, серым — резервные площади Международного органа по морскому дну.

венного производства неуклонно растет, оцениваются примерно в 20–25 млрд т P_2O_5 на подводных окраинах континентов и свыше 1 млрд т на подводных горах. При этом многие страны и регионы, имеющие выход в океан, не обеспечены наземными ресурсами фосфоритов, что стимулирует исследование возможностей их освоения.

Значительная часть океанских фосфоритов представлена шельфовыми залежами фосфатных песков и желваков, разработка которых не вызывает технических сложностей. Технологические и агрохимические испытания фосфоритов из этих залежей неоднократно проводились специалистами США, СССР, ЮАР, Новой Зеландии. Установлено, что океанские фосфориты обладают высокими агрохимическими качествами и могут применяться в виде фосфатной муки. Также они пригодны и для производства простого и двойного суперфосфата, аммофоса, фосфорной кислоты, кормовых фосфатов.

Препятствия на пути освоения океанских фосфоритов носят, видимо, временный характер. Так, месторождения мелководных фосфатных песков на шельфах Джорджии и Северной Каролины не разрабатываются главным образом потому, что в том же регионе находятся давно уже эксплуатируемые месторождения Флориды — второго после Марокко поставщика фосфатного сырья на мировой рынок. Месторождение фосфатных песков на шельфе Намибии не разрабатывается потому, что эта страна не обладает собственным технологическим потенциалом, а соседняя ЮАР обеспечивает потребность в фосфатном сырье за счет собственных ресурсов. Месторождение желваковых фосфоритов на подводном подъятии Чатам (к востоку от Новой Зеландии) признано перспективным, но проект его разработки для производства удобрений вызвал протесты новозеландских экологов в связи с высоким содержанием урана в желваках.

Открытие на дне океана около 130 лет назад железомарганцевых конкреций и фосфоритов было первым свидетельством сосредоточения в океане рудных ресурсов. Бурное ускорение исследований рудного потенциала океана началось в 60—70-х годах прошлого столетия в ходе конкуренции мировых держав за освоение стратегического пространства и стратегического сырья. По ресурсам некоторых видов рудного сырья океан не уступает континентам. Это относится в первую очередь к ко-

бальт-марганцевым рудным коркам и фосфоритам, а в перспективе, видимо, и к сульфидам.

Результаты выполненных к настоящему времени поисково-разведочных работ, технических и технологических испытаний свидетельствуют о практической возможности освоения рудных ресурсов океана, включая обеспечение соответствующих природоохранных мероприятий.

Однако возобновление этого комплекса работ, приостановленных сейчас в связи с изменением политической ситуа-

ции в мире, произойдет лишь при повышении экономической конкурентоспособности океанского рудного сырья по сравнению с континентальным, стоимость которого растет по мере истощения имеющихся ресурсов. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 00-05-64762) и Министерства науки, промышленности и технологий РФ (проект 3.2.4).

Литература

1. Батулин Г.Н. Руды океана. М., 1993.
2. Батулин Г.Н. // Литология и полез. ископаемые. 2000. №5. С.451—476.
3. Силкин Б.И. Не переоценить сокровища Нептуна // Природа. 2001. №5. С.53—54.
4. Мери Д. Минеральные богатства океана. М., 1969.
5. Скорнякова Н.С. // Литология и полез. ископаемые. 1964. №5. С.3—20.
6. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. М., 1990.
7. Богданов Ю.А. Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. М., 1997.
8. Гурвич Е.Г. Металлоносные осадки Мирового океана. М., 1998.
9. Бутузова Г.Ю. Гидротермально-осадочное рудообразование в рифтовой зоне Красного моря. М., 1998.
10. Francbeteau J., Needham H.D., Choukroune P. et al. // Nature. 1969. V.277. №5697. P.523—528.
11. Батулин Г.Н. Фосфориты океана // Природа. 1989. №5. С.76—85.
12. Батулин Г.Н. Фосфориты на подводных горах // Природа. 1996. №8. С.3—13.
13. Краснов С.Г. Крупные сульфидные залежи в океане // Природа. 1995. №2. С.3—14.
14. Ануфриев Г.С., Болтенков Б.С. Космическая пыль в Океане // Природа. 2000. №3. С.21—28.

Космические исследования

Система космических наблюдений Земли

На борту искусственных спутников Земли «EOS Terra» и «EOS Aqua», запущенных НАСА США, установлены приборы MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Эти спектрорадиометры, создающие изображения умеренной разрешающей способности, предназначены для наблюдений по весьма широкой программе: измерение температуры поверхностного

слоя Мирового океана, обнаружение скоплений в нем планктона, установление общей биопродуктивности морей, определение характера лесного покрова, высоты и расположения облачности, состояния плавучих льдов в Северном Ледовитом океане и образования в них трещин и развоидов, выявление лесных пожаров в их начальной стадии и т.п.

MODIS позволяет вести наблюдения в 36 различных спектральных диапазонах и регистрировать выделение и отраженные энергии любым наземным источником. Спутники находятся на полярной орбите, в ча-

стности проходят над территорией штата Аляска. В связи с этим особое значение придается сооружению в Фэрбенксе специальной станции для слежения и приема информации из космоса. Руководитель проекта — профессор геофизики Б.Шарптон (B.Sharpton; Университет штата Аляска).

Предполагается, что какая-то доля получаемого научного продукта найдет коммерческий сбыт в различных областях частного бизнеса, таких, например, как лесное хозяйство, рыболовство и мореплавание.

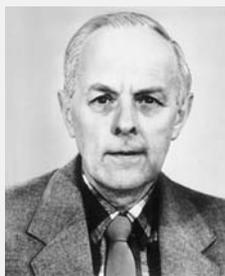
Geophysical Institute Quarterly. 2001. V.297. №1. P.3 (США).

Химия атмосферы: спурт длиной в 30 лет

И.Л.Кароль, А.А.Киселев

Для истории бурного развития сравнительно молодой отрасли науки, именуемой атмосферной химией, более всего подходит термин «спурт» (бросок), применяемый в высокоскоростных видах спорта. Выстрелом же из стартового пистолета, пожалуй, послужили две статьи, опубликованные в начале 1970-х годов. Речь в них шла о возможном разрушении стратосферного озона оксидами азота — NO и NO₂. Первая принадлежала будущему нобелевскому лауреату, а тогда сотруднику Стокгольмского университета П.Крутцену [1], который посчитал вероятным источником оксидов азота в стратосфере распадающуюся под действием солнечного света закись азота N₂O естественного происхождения. Автор второй статьи, химик из Калифорнийского университета в Беркли Г.Джонстон [2] предположил, что оксиды азота появляются в стратосфере в результате человеческой деятельности, а именно — при выбросах продуктов сгорания реактивных двигателей высотных самолетов.

Конечно, вышеупомянутые гипотезы возникли не на пустом месте. Соотношение по крайней мере основных компонент в атмосферном воздухе — молекул азота, кислорода, водяного пара



Игорь Леонидович Кароль, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова. Специалист в области моделирования климата, фотохимических и радиационных процессов в атмосфере. Многие годы занимается проблемами атмосферного озона.



Андрей Александрович Киселев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела динамической метеорологии той же обсерватории. Занимается фотохимическими процессами в атмосфере.

и др. — было известно намного раньше. Уже во второй половине XIX в. в Европе производились измерения концентрации озона в приземном воздухе. В 1930-е годы английский ученый С.Чепмен открыл механизм формирования озона в чисто кислородной атмосфере, указав набор взаимодействий атомов и молекул кислорода, а также озона в отсутствие каких-либо других составляющих воздуха

[3]. Однако в конце 50-х годов измерения с помощью метеорологических ракет показали, что озона в стратосфере гораздо меньше, чем его должно быть согласно циклу реакций Чепмена. Хотя этот механизм и по сей день остается основополагающим, стало ясно, что существуют какие-то иные процессы, также активно участвующие в формировании атмосферного озона.

© И.Л.Кароль, А.А.Киселев

Нелишне упомянуть, что знания в области атмосферной химии к началу 70-х годов в основном были получены благодаря усилиям отдельных ученых, чьи исследования не были объединены какой-либо общественно значимой концепцией и носили чаще всего чисто академический характер. Иное дело — работа Джонстона: согласно его расчетам, 500 самолетов, летая по 7 ч в день, могли сократить количество стратосферного озона не меньше чем на 10%! И если бы эти оценки были справедливы, то проблема сразу становилась социально-экономической, так как в этом случае все программы развития сверхзвуковой транспортной авиации и сопутствующей инфраструктуры должны были подвергнуться существенной корректировке, а может быть, и закрытию. К тому же тогда впервые реально встал вопрос о том, что антропогенная деятельность может стать причиной не локального, но глобального катаклизма. Естественно, в сложившейся ситуации теория нуждалась в очень жесткой и в то же время оперативной проверке.

Напомним, что суть вышеупомянутой гипотезы состояла в том, что оксид азота вступает в реакцию с озоном $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$, затем образовавшийся в этой реакции диоксид азота реагирует с атомом кислорода $\text{NO}_2 + \text{O} \rightarrow \text{NO} + \text{O}_2$, тем самым восстанавливая присутствие NO в атмосфере, в то время как молекула озона утрачивается безвозвратно. При этом такая пара реакций, составляющая азотный каталитический цикл разрушения озона, повторяется до тех пор, пока какие-либо химические или физические процессы не приведут к удалению оксидов азота из атмосферы. Так, например, NO_2 окисляется до азотной кислоты HNO_3 , хорошо растворимой в воде, и потому удаляется из атмосферы облаками и осадками. Азотный каталитический цикл весьма эффективен: одна молекула NO за время своего пребывания в ат-

мосфере успевают уничтожить десятки тысяч молекул озона.

Но, как известно, беда не приходит одна. Вскоре специалисты из университетов США — Мичигана (Р.Столярски и Р.Цицероне) и Гарварда (С.Вофси и М.Макэлрой) — обнаружили, что у озона может быть еще более беспощадный враг — соединения хлора. Хлорный каталитический цикл разрушения озона (реакции $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$ и $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$), по их оценкам, был в несколько раз эффективнее азотного. Сдержанный оптимизм вызывало лишь то, что количество хлора естественного происхождения в атмосфере сравнительно невелико, а значит, суммарный эффект его воздействия на озон может оказаться не слишком сильным. Однако ситуация кардинально изменилась, когда в 1974 г. сотрудники Калифорнийского университета в Ирвине Ш.Роулэнд и М.Молина установили [4], что источником хлора в стратосфере являются хлорфторуглеродные соединения (ХФУ), массово используемые в холодильных установках, аэрозольных упаковках и т.д. Будучи негорючими, нетоксичными и химически пассивными, эти вещества медленно переносятся восходящими воздушными потоками от земной поверхности в стратосферу, где их молекулы разрушаются солнечным светом, в результате чего выделяются свободные атомы хлора. Промышленное производство ХФУ, начавшееся в 30-е годы, и их выбросы в атмосферу постоянно наращивались во все последующие годы, особенно в 70-е и 80-е. Таким образом, в течение очень короткого промежутка времени теоретики обозначили две проблемы атмосферной химии, обусловленные интенсивным антропогенным загрязнением.

Однако чтобы проверить состоятельность выдвинутых гипотез, необходимо было выполнить немало задач.

Во-первых, расширить лабораторные исследования, в ходе которых можно было бы опре-

делить или уточнить скорости протекания фотохимических реакций между различными компонентами атмосферного воздуха. Надо сказать, что существовавшие в то время весьма скудные данные об этих скоростях к тому же имели изрядную (до нескольких сот процентов) погрешность. Кроме того, условия, в которых производились измерения, как правило, мало соответствовали реалиям атмосферы, что серьезно усугубляло ошибку, поскольку интенсивность большинства реакций зависела от температуры, а иногда от давления или плотности атмосферного воздуха.

Во-вторых, усиленно изучать радиационно-оптические свойства ряда малых газов атмосферы в лабораторных условиях. Молекулы значительного числа составляющих атмосферного воздуха разрушаются ультрафиолетовым излучением Солнца (в реакциях фотолиза), среди них не только упомянутые выше ХФУ, но также молекулярный кислород, озон, оксиды азота и многие другие. Поэтому оценки параметров каждой реакции фотолиза были столь же необходимы и важны для правильного воспроизведения атмосферных химических процессов, как и скорости реакций между различными молекулами.

В-третьих, нужно было создавать математические модели, способные возможно более полно описывать взаимные химические превращения компонент атмосферного воздуха. Как уже упоминалось, продуктивность разрушения озона в каталитических циклах определяется тем, сколь долго пребывает в атмосфере катализатор (NO , Cl или какой-либо другой). Понятно, что такой катализатор, вообще говоря, мог вступить в реакцию с любой из десятков составляющих атмосферного воздуха, быстро разрушаясь при этом, и тогда ущерб стратосферному озону оказался бы значительно меньше, чем предполагалось. С другой стороны, когда в атмо-

сфере ежесекундно происходит множество химических превращений, вполне вероятно выявление других механизмов, прямо или косвенно влияющих на образование и разрушение озона. Наконец, такие модели в состоянии выделить и оценить значимость отдельных реакций или их групп в формировании других газов, входящих в состав атмосферного воздуха, а также позволить вычислить концентрации газов, которые недоступны измерениям.

И наконец, предстояло организовать широкую сеть для измерений содержания в воздухе различных газов, в том числе соединений азота, хлора и др., используя с этой целью наземные станции, запуски метеозондов и метеоракет, полеты самолетов. Безусловно, создание базы данных было наиболее дорогостоящей задачей, которую и не решить в короткое время. Однако только измерения могли дать исходную точку для теоретических изысканий, будучи одновременно пробным камнем истинности высказанных гипотез.

Модели лидируют

С начала 70-х по крайней мере раз в три года выходят специальные, постоянно пополняемые сборники, содержащие сведения обо всех значимых атмосферных реакциях, включая реакции фотоллиза. Причем погрешность в определении параметров реакций между газовыми компонентами воздуха сегодня составляет, как правило, 10–20%.

На вторую половину этого десятилетия приходится бурное развитие моделей, описывающих химические преобразования в атмосфере. Наибольшее их число было создано в США, но появились они и в Европе, и в СССР. Сперва это были боксовые (нульмерные), а потом и одномерные модели. Первые воспроизводили с разной степенью достоверности содержание основных атмосферных газов в за-

данном объеме — боксе (отсюда и их название) — в результате химических взаимодействий между ними. Поскольку постулировалось сохранение общей массы воздушной смеси, удаление какой-либо ее доли из бокса, например, ветром, не рассматривалось. Боксовые модели были удобны для выяснения роли отдельных реакций или их групп в процессах химических образований и разрушений газов атмосферы, для оценки чувствительности газового состава атмосферы к неточностям определения скоростей реакций. С их помощью исследователи могли, задав в боксе атмосферные параметры (в частности, температуру и плотность воздуха), соответствующие высоте полетов авиации, оценить в грубом приближении, как изменятся концентрации атмосферных примесей в результате выбросов продуктов сгорания двигателями самолетов. В то же время боксовые модели были непригодны для изучения проблемы хлорфторуглеводородов, так как не могли описать процесс их перемещения от земной поверхности в стратосферу. Вот здесьгодились одномерные модели, которые совмещали в себе учет подробного описания химических взаимодействий в атмосфере и переноса примесей в вертикальном направлении. И хотя вертикальный перенос задавался и здесь достаточно грубо, использование одномерных моделей было заметным шагом вперед, поскольку они давали возможность как-то описать реальные явления.

Оглядываясь назад, можно сказать, что наши современные знания во многом базируются на проведенной в те годы с помощью одномерных и боксовых моделей черновой работе. Она позволила определить механизмы формирования газового состава атмосферы, оценить интенсивность химических источников и стоки отдельных газов. Важная особенность этого этапа развития атмосферной химии в том, что рождавшиеся новые

идеи апробировались на моделях и широко обсуждались среди специалистов. Полученные результаты часто сравнивались с оценками других научных групп, поскольку природных измерений было явно недостаточно, да и точность их была весьма низкой. Кроме того, для подтверждения правильности моделирования тех или иных химических взаимодействий было необходимо проводить комплексные измерения, когда одновременно определялись бы концентрации всех участвующих реагентов, что в то время, да и сейчас, было практически невозможно. (До сих пор проведено лишь несколько измерений комплекса газов с «Шаттла» в течение 2–5 сут.) Поэтому модельные исследования шли впереди экспериментальных, и теория не столько объясняла проведенные натурные наблюдения, сколько способствовала их оптимальному планированию. Например, такое соединение, как хлорный нитрат ClONO_2 , сначала появилось в модельных исследованиях и только потом было обнаружено в атмосфере. Даже сравнивать имевшиеся измерения с модельными оценками было трудно, поскольку одномерная модель не могла учесть горизонтальных движений воздуха, из-за чего атмосфера предполагалась горизонтально однородной, а полученные модельные результаты соответствовали некоторому среднеглобальному ее состоянию. Однако в реальности состав воздуха над индустриальными регионами Европы или США сильно отличается от его состава над Австралией или над экваторией Тихого океана. Поэтому результаты любого натурального наблюдения в значительной мере зависят от места и времени проведения измерений и, конечно, не соответствуют в точности среднеглобальному значению.

Чтобы устранить этот пробел в моделировании, в 80-е годы исследователи создают двумерные модели, в которых наряду с вертикальным переносом

учитывался и перенос воздуха вдоль меридиана (вдоль круга широты атмосфера по-прежнему считалась однородной). Создание таких моделей на первых порах было сопряжено со значительными трудностями.

Во-первых, резко возросло количество внешних модельных параметров: в каждом узле сетки необходимо было задать скорости вертикального и межширотного переноса, температуру и плотность воздуха и т.д. Многие параметры (в первую очередь, вышеупомянутые скорости) не были надежно определены в экспериментах и поэтому подбирались из качественных соображений.

Во-вторых, состояние вычислительной техники того времени заметно сдерживало полноценное развитие двумерных моделей. В отличие от экономичных одномерных и тем более боксовых двумерных модели требовали существенно больших затрат памяти и времени ЭВМ. И в результате их создатели были вынуждены значительно упрощать схемы учета химических превращений в атмосфере. Тем не менее комплекс атмосферных исследований, как модельных, так и натурных с использованием спутников, позволил нарисовать относительно стройную, хотя и далеко не полную картину состава атмосферы, а также установить основные причинно-следственные связи, вызывающие изменения содержания отдельных компонент воздуха. В частности, многочисленные исследования показали, что полеты самолетов в тропосфере не наносят сколь-нибудь существенного вреда тропосферному озону, однако их подъем в стратосферу, похоже, может иметь отрицательные последствия для озоносферы. Мнение большинства специалистов о роли ХФУ было почти единодушным: гипотеза Роуланда и Молина подтверждается, и эти вещества действительно способствуют разрушению стратосферного озона, а регулярный рост их промыш-

ленного производства — мина замедленного действия, так как распад ХФУ происходит не сразу, а спустя десятки и сотни лет, поэтому последствия загрязнения будут сказываться в атмосфере очень долго. Более того, долго сохраняясь, хлорфторуглероды могут достигнуть любой, самой удаленной точки атмосферы, и, следовательно, это — угроза глобального масштаба. Настало время согласованных политических решений.

Каверзы дистанции. Измерения заявляют о себе

В 1985 г. при участии 44 стран в Вене была разработана и принята конвенция по охране озонового слоя, стимулировавшая его всестороннее изучение. Однако вопрос, что же делать с ХФУ, все еще оставался открытым. Пустить дело на самотек по принципу «само рассосется» было нельзя, но и запретить производство этих веществ в одностороннем порядке невозможно без огромного ущерба для экономики. Казалось бы, есть простое решение: нужно заменить ХФУ другими веществами, способными выполнять те же функции (например, в холодильных агрегатах) и в то же время безвредными или хотя бы менее опасными для озона. Но воплотить в жизнь простые решения часто бывает очень непросто. Мало того что создание таких веществ и налаживание их производства требовали огромных капиталовложений и времени, необходимы были критерии оценки воздействия любого из них на атмосферу и климат.

Теоретики снова оказались в центре внимания. Д.Уэбблс из Ливерморской национальной лаборатории предложил использовать для этой цели озоно-разрушающий потенциал, который показывал, насколько молекула вещества-заменителя сильнее (или слабее), чем молекула CFCl_3 (фреона-11), воздействует на атмосферный озон. На тот

момент также хорошо было известно, что температура приземного слоя воздуха существенно зависит от концентрации некоторых газовых примесей (их называли парниковыми), в первую очередь углекислого газа CO_2 , водяного пара H_2O , озона и др. К этой категории отнесли и ХФУ, и многие их потенциальные заменители. Измерения показали, что в ходе индустриальной революции среднегодовая глобальная температура приземного слоя воздуха росла и продолжает расти, и это свидетельствует о значительных и не всегда желательных изменениях климата Земли. Для того чтобы поставить эту ситуацию под контроль, вместе с озоноразрушающим потенциалом вещества стали также рассматривать его потенциал глобального потепления. Этот индекс указывал, насколько сильнее или слабее изучаемое соединение воздействует на температуру воздуха, чем такое же количество углекислого газа. Проведенные расчеты показали, что ХФУ и альтернативные вещества обладали весьма высокими потенциалами глобального потепления, но из-за того, что их концентрации в атмосфере были гораздо меньше концентрации CO_2 , H_2O или O_3 , их суммарный вклад в глобальное потепление оставался пренебрежимо малым. До поры до времени...

Таблицы рассчитанных значений озоноразрушающих потенциалов и потенциалов глобального потепления хлорфторуглеродов и их возможных заменителей легли в основу международных решений о сокращении и последующем запрещении производства и использования многих ХФУ (Монреальский протокол 1987 г. и более поздние дополнения к нему). Возможно, собравшиеся в Монреале эксперты не были бы столь единодушными (в конце концов статья Протокола основывалась на не подтвержденных натурными экспериментами «измышлениях» теоретиков), но за подпи-

сание этого документа высказалось еще одно заинтересованное «лицо» — сама атмосфера.

Сообщение об обнаружении английскими учеными в конце 1985 г. «озонной дыры» над Антарктидой стало, не без участия журналистов, сенсацией года, а реакцию мировой общественности на это сообщение легче всего охарактеризовать одним коротким словом — шок. Одно дело, когда угроза разрушения озонового слоя существует лишь в отдаленной перспективе, другое — когда все мы поставлены перед свершившимся фактом. К этому не были готовы ни обыватели, ни политики, ни специалисты-теоретики.

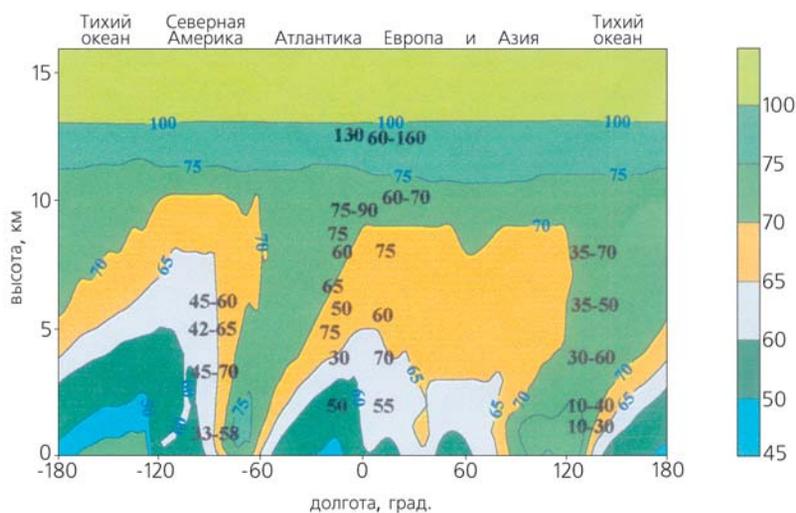
Очень быстро выяснилось, что ни одна из существовавших тогда моделей не могла воспроизвести столь значительного сокращения содержания озона. Значит, какие-то важные природные явления либо не учитывались, либо недооценивались. Вскоре проведенные в рамках программы изучения антарктического феномена натурные исследования установили, что важную роль в формировании «озонной дыры», наряду с обычными (газофазными) атмосферными реакциями, играют особенности переноса атмосферного воздуха в стратосфере Антарктики (ее почти полная изоляция зимой от остальной атмосферы), а также в ту пору мало изученные гетерогенные реакции (реакции на поверхности атмосферных аэрозолей — частиц пыли, сажи, льдинок, капель воды и т.д.) [5]. Только учет вышеупомянутых факторов позволил добиться удовлетворительного согласования модельных результатов с данными наблюдений. А уроки, преподанные антарктической «озонной дырой», серьезно сказались на дальнейшем развитии атмосферной химии.

Во-первых, был дан резкий толчок к детальному изучению гетерогенных процессов, протекающих по законам, отличным от тех, которые определяют процессы газофазные. Во-вто-

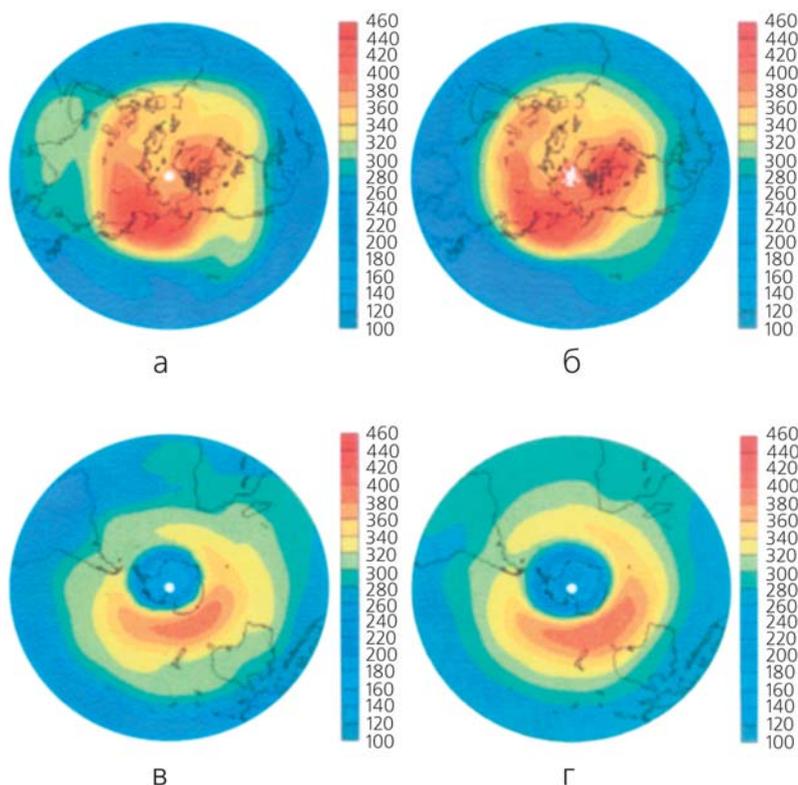
рых, пришло ясное осознание того, что в сложной системе, каковой является атмосфера, поведение ее элементов зависит от целого комплекса внутренних связей. Другими словами, содержание газов в атмосфере определяется не только интенсивностью протекания химических процессов, но и температурой воздуха, переносом воздушных масс, особенностями загрязнения аэрозолями различных частей атмосферы и пр. В свою очередь радиационные нагрев и выхолаживание, формирующие поле температуры стратосферного воздуха, зависят от концентрации и распределения в пространстве парниковых газов, а следовательно, и от атмосферных динамических процессов. Наконец, неоднородный радиационный нагрев разных поясов земного шара и частей атмосферы порождает движения атмосферного воздуха и контролирует их интенсивность. Таким образом, неучет каких-либо обратных связей в моделях может быть чреват большими ошибками в полученных результатах (хотя, заметим попутно, и чрез-

мерное усложнение модели без насущной необходимости столь же нецелесообразно, как стрельба из пушек по известным представителям пернатых).

Если взаимосвязь температуры воздуха и его газового состава учитывалась в двумерных моделях еще в 80-е годы, то привлечение трехмерных моделей общей циркуляции атмосферы для описания распределения атмосферных примесей стало возможным благодаря компьютерному буму только в 90-е. Первые такие модели общей циркуляции использовались для описания пространственного распределения химических пассивных веществ — трассеров. Позже из-за недостаточной оперативной памяти компьютеров химические процессы задавались только одним параметром — временем пребывания примеси в атмосфере, и лишь относительно недавно блоки химических превращений стали полноправными частями трехмерных моделей. И хотя до сих пор сохраняются трудности подробного представления атмосферных химических процессов в трех-



Июльское распределение отношения смеси озона (млрд^{-1} по объему) в поясе $30\text{--}60^\circ\text{с.ш.}$, рассчитанное с помощью двумерной фотохимической модели атмосферы Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова [7]. Черными числами на рисунке показаны результаты измерений на соответствующих высотах и долготах.



Общее содержание озона (в единицах Добсона; 1 ед. Добсона = 10^{-3} см слоя озона при 15°C на уровне моря) над Северным полушарием в марте 2000 г. (а и б) и над Южным полушарием в октябре 1998 г. (в и г). Данные получены в результате модельных расчетов (а и в) и спутниковых измерений (б и г). Для расчетов использована трехмерная модель [8].

мерных моделях, сегодня они уже не кажутся непреодолимыми, и лучшие трехмерные модели включают в себя сотни химических реакций, наряду с реальным климатическим переносом воздуха в глобальной атмосфере [6, 7, 8].

В то же время широкое применение современных моделей вовсе не ставит под сомнение полезность более простых, о которых говорилось выше. Хорошо известно, чем сложнее модель, тем труднее отделить «сигнал» от «модельного шума», анализировать полученные результаты, выделить главные причинно-следственные механизмы, оценить влияние на конечный результат тех или иных явлений (а значит, и целесообразности их учета

в модели). И здесь более простые модели служат идеальным испытательным полигоном, они позволяют получить предварительные оценки, в дальнейшем используемые в трехмерных моделях, изучить новые природные явления до их включения в более сложные и т.д.

Смена лидера: измерения вырываются вперед

Бурный научно-технический прогресс породил еще несколько направлений исследований, так или иначе связанных с атмосферной химией.

Спутниковый мониторинг атмосферы. Когда было

налажено регулярное пополнение базы данных со спутников, для большинства важнейших компонент атмосферы, охватывающих почти весь земной шар, возникла необходимость в совершенствовании методов их обработки. Здесь и фильтрация данных (разделение сигнала и ошибок измерений), и восстановление вертикальных профилей концентрации примесей по их суммарным содержаниям в столбе атмосферы, и интерполяция данных в тех областях, где прямые измерения по техническим причинам невозможны. К тому же спутниковый мониторинг дополняется проведением самолетных экспедиций, которые планируются для решения различных проблем, например, в тропической зоне Тихого океана, Северной Атлантике и даже в летней стратосфере Арктики.

Важная часть современных исследований — ассимиляция (усвоение) этих баз данных в модели различной сложности. При этом параметры подбираются из условия наибольшей близости измеренных и модельных значений содержания примесей в точках (регионах). Таким образом производится проверка качества моделей, а также экстраполяция измеренных величин за пределы регионов и периодов проведения измерений.

Оценка концентраций короткоживущих атмосферных примесей. Атмосферные радикалы, играющие ключевую роль в атмосферной химии, такие как гидроксил OH , пергидроксил HO_2 , оксид азота NO , атомарный кислород в возбужденном состоянии $\text{O}(^1\text{D})$ и др., имеют наибольшую химическую реактивность и, следовательно, очень маленькое (несколько секунд или минут) «время жизни» в атмосфере. Поэтому измерение таких радикалов чрезвычайно затруднено, а реконструкция их содержания в воздухе часто осуществляется по модельным соотношениям

химических источников и стоков этих радикалов. Долгое время интенсивности источников и стоков вычислялись по модельным данным. С появлением соответствующих измерений стало возможным восстанавливать на их основе концентрации радикалов, при этом совершенствуя модели и расширяя сведения о газовом составе атмосферы.

Реконструкция газового состава атмосферы в доиндустриальный период и более ранние эпохи Земли. Благодаря измерениям в антарктических и гренландских ледовых кернах, возраст которых колеблется от сотен до сотен тысяч лет, стали известны концентрации углекислого газа, закиси азота, метана, окиси углерода, а также температура тех времен. Модельная реконструкция состояния атмосферы в те эпохи и его сопоставление с нынешним позволяют проследить эволюцию земной атмосферы и оценить степень воздействия человека на природную среду.

Оценка интенсивности источников важнейших компонент воздуха. Систематические измерения в приземном воздухе содержания газов, таких, как метан, оксид углерода, оксиды азота, стали основой для решения обратной задачи: оценки размера выбросов в атмосферу газов, имеющих наземные источники, по их известным концентрациям. К сожалению, лишь инвентаризация виновников вселенского переполоха — ХФУ — является относительно простой задачей, так как

почти все эти вещества не имеют естественных источников и общее их количество, поступившее в атмосферу, ограничивается объемом их производства. Остальные газы имеют разнородные и сравнимые по мощности источники. Например, источник метана — переувлажненные территории, болота, нефтяные скважины, угольные шахты; это соединение выделяется колониями термитов и даже является продуктом жизнедеятельности крупного рогатого скота. Оксид углерода попадает в атмосферу в составе выхлопных газов, в результате сжигания топлива, а также при окислении метана и многих органических соединений. Трудно осуществить прямые измерения выбросов этих газов, но разработаны методики, позволяющие давать оценки глобальных источников газов-загрязнителей, погрешность которых в последние годы значительно сократилась, хотя и остается большой.

Прогнозирование изменений состава атмосферы и климата Земли. Рассматривая тенденции — тренды содержания атмосферных газов, оценки их источников, темпы роста населения Земли, скорости увеличения производства всех видов энергии и т.д., — специальными группами экспертов создаются и постоянно корректируются сценарии вероятного загрязнения атмосферы в ближайшие 10, 30, 100 лет. Исходя из них, с помощью моделей прогнозируются возможные изменения газового состава, температуры и циркуляции атмо-

сферы. Таким образом удастся заблаговременно обнаружить неблагоприятные тенденции в состоянии атмосферы и можно попытаться их устранить. Антарктический шок 1985 г. не должен повториться.

На промежуточном финише

Нетрудно заметить, что в последние годы ведущие позиции в развитии атмосферной химии занял эксперимент, а место теории такое же, как в классических, уважаемых науках. Но по-прежнему существуют области, где приоритетными остаются именно теоретические изыскания: например, только модельные эксперименты в состоянии обеспечить прогнозирование изменений состава атмосферы или оценить эффективность ограничительных мер, реализуемых в рамках Монреальского протокола. Стартовав с решения пусть важной, но частной задачи, сегодня химия атмосферы в сотрудничестве со смежными дисциплинами охватывает весь сложный комплекс проблем изучения и охраны окружающей среды. Пожалуй, можно сказать, что первые годы становления атмосферной химии прошли под девизом: «Не опоздать!» Стартовый рывок закончился, бег продолжается. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-05-64254.

Литература

1. *Crutzen P.J.* // Quart. Journal of Roy. Meteorol. Society. 1970. V.96. №408. P.320—325.
2. *Johnston H.* // Science. 1971. V.173. №3996. P.517—522.
3. *Chapman S.* // Mem. Roy. Society. 1930. V.3. P.103—125.
4. *Molina M.J., Rowland F.S.* // Nature. 1974. V.249. P.810—812.
5. *Кароль ИЛ.* Настоящее и будущее атмосферного озона // Природа. 1988. №9. С.10—19.
6. *Киселев АА., Кароль ИЛ.* // Известия РАН. Сер. Физика атмосферы и океана. 1998. Т.34. №4. С.490—497.
7. *Kiselev A.A., Karol I.L.* // Atmospheric environment. 2000. V.34. №29—30. P.5271—5282.
8. *Егорова Т.А., Розанов Е.В., Кароль ИЛ. и др.* // Метеорология и гидрология. 2002. №1. С.5—13.

Красотки, красотки...

М.А.Клепиков

г.Тутаев (Ярославская обл.)

Красотками энтомологи называют особое семейство довольно своеобразных и очень элегантных стрекоз. Именно они, порхая над прибрежной растительностью небольших речек, в первую очередь привлекают внимание. Эти стрекозы действительно очень красивы. В отличие от большинства других представителей отряда у стрекоз-красоток крылья темно-синего цвета с характерным металлическим отливом. Но так окрашены только самцы, самочки же гораздо скромнее: их бледно-зеленоватые крылья выглядят полупрозрачными и не столь эффектны.

Несмотря на субтильную внешность, красотки, как и все остальные стрекозы, — хищники, причем весьма и весьма прожорливые. Чтобы понять это, достаточно посмотреть сквозь сильную лупу на их подвижные острые челюсти, прикрывающие широкую пасть. Неторопливо порхая над водой, большую часть своей добычи красотки, как и все прочие стрекозы, ловят на лету. Однако замечено, что они также могут подхватывать мелких насекомых, упавших на воду. Жертвами этих очаровательных обжор чаще всего становятся всевозможные комары и мошки, чьи

личинки развиваются в воде. Выход взрослой мошки из куколки и переход ее из водной среды в воздушную весьма ответственный момент. Как раз в это время они и становятся добычей красоток. Впрочем, попадают на обед красоткам и другие, «сухопутные» насекомые, случайно оказавшиеся над водой.

Длинные цепкие лапки красоток, усаженные редкими жесткими щетинками, в полете действуют как своеобразный капкан или сачок. А широко расставленные глаза на очень подвижной голове позволяют увидеть добычу практически с любой стороны, сверху или снизу.

Охотятся красотки, как и все стрекозы, днем, причем наиболее активны они в теплую и ясную солнечную погоду. Ближе к вечеру усаживаются на стебельки околоводных трав и в такой позе проводят всю ночь, пока утром их не согреют лучи восходящего солнца.

Крылья у сидящих красоток сложены на спине. Летают стрекозы неторопливо, крылышками машут довольно медленно, не в пример их более крупным родственникам — коромыслам и дозорщикам. Именно потому красоток часто принимают за каких-то особенных бабочек, тем не менее они — самые настоящие стрекозы, со всеми

приличествующими атрибутами стрекозиной жизни. Синие крылышки красоток не могут ни противостоять сильному ветру, ни преодолевать большие расстояния. Поэтому всю свою жизнь стрекозы проводят около воды, где развиваются их личинки, при этом красотки не столько летают, сколько перепархивают со стебелька на стебелек. Самки откладывают яйца, втыкая их в ткани околоводных растений.

Красотки относятся к группе так называемых равнокрылых стрекоз. Их небольшие стройные личинки имеют на конце тела три характерные листовидные жабры, с помощью которых дышат в воде. Они же помогают им плавать: личинки гребут жабрами, как киты или дельфины — хвостовыми плавниками.

Характерна для личинок красоток и другая «стрекозиная» особенность — так называемая маска, своеобразный ротовой орган, похожий на руку с двумя пальцами. В покое такая «рука» как бы сложена в локте вдоль нижней части головы и груди личинки. А когда поблизости появляется добыча, «рука» резко выбрасывается вперед и хватает жертву двумя «пальцами»-крючьями. Остается лишь подтянуть добычу ко рту и съесть. Питаются личинки мелкими водными беспозвоночными: личинками



Самец и самка красотки-девушки. На р.Эдоме в окрестностях д.Артемьево (Тутаевский р-н, Ярославская обл.).

Фото автора

комаров и поденок, а также небольшими олигохетами.

Становясь взрослыми, личинки поднимаются на торчащие из воды стебельки камыша или тростника. Шкурка на спине лопается, и из личинки выползает взрослая стрекоза. Некоторое время ей надо отсидеться на стебельке, чтобы небольшие зачатки на спине превратились в роскошные металлически-блестящие крылья.

В средней полосе России чаще всего встречается два вида красоток: красотка-девушка (*Caloptera virgo*) и красотка блестящая (*C.splendens*). Различить их проще всего по самцам: кры-

лышки у самцов красотки-девушки полностью и равномерно окрашены в темно-синий цвет, а у красотки блестящей затемнена только середина крыльев, а основания и вершины прозрачные. Самочек различают по цвету жилок крыльев. У красотки-девушки жилки бурые, а у блестящей — металлически-зеленые.

Личинки обоих видов развиваются в проточных водоемах — небольших и средних размеров реках и речках, а также ручьях. Однако красотка блестящая — более обычный вид, встречается почти на всей европейской части России, кроме севера, а также

на юге Сибири, вплоть до Прибайкалья. Красотка-девушка — вид малочисленный, потому увидеть ее можно редко, хотя населяет она те же территории.

Считается, что стрекозы-красотки обитают вдоль речек или ручьев с чистой водой. Однако это характерно только для красоток-девушек. А вот красоток блестящих мне приходилось встречать даже по берегам «помоечных» ручьев в Ярославле. У более чистых речек и тех, и других стрекоз можно часто видеть неторопливо порхающими над прибрежной растительностью с середины июня до конца августа. ■

Песчаные эоловые потоки из Байкала

Б.П.Агафонов,

доктор географических наук

Институт земной коры Сибирского отделения РАН

Иркутск

Заметки и наблюдения

В Байкальской впадине на фоне нисходящего движения продуктов разрушения горных пород, обусловленного силой тяжести, существуют почти неизученные восходящие потоки твердого вещества. Интересны они тем, что рыхлый материал в них перемещается вверх по уклону изпод воды Байкала в глубь густо залесенных, иногда довольно круто наклоненных к озеру предгорных территорий. Причина таких «антигравитационных» потоков — постоянные сильные ветры, достигающие зачастую ураганной скорости — 40–50 м/с.

Во время вызванных ими бурных штормов на многие участки побережья накатываются волны. Они набрасывают на пляж большое количество мелкозернистого, главным образом песчаного материала, изымая его из подводного потока наносов, движущегося вдоль берега. Когда пляж осушается, песок, а вместе с ним и более мелкие частицы грунта подхватываются резкими порывами ветра, дующего с акватории озера на сушу. При благоприятных условиях этот материал транспортируется в глубь побережья.

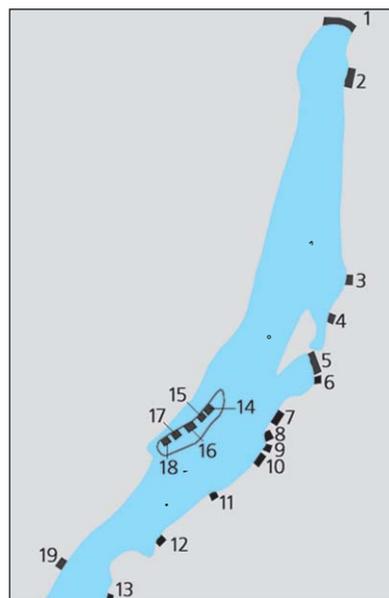
Во время сезонных понижений уровня озера осушенная полоса прибрежной отмели расширяется и вынос ветрами песка и грунта усиливается. Особенно сильно это проявляется в апреле—мае, когда на Байкале еще

стоит ледяной покров, а берега уже освободились от снега. Уровень воды в озере тогда минимальный и дуют сильные, нередко шквальные ветры, легко подхватывающие с пляжа обсыхающий на солнце мелкозернистый материал. То же самое происходит в ноябре—декабре, когда вдоль берега образуются припай льда, препятствующие накату на пляж волн и соответственно смачиванию песчаного материала, а шквальные ветры в эти месяцы учащаются до максимума. В районе долины р.Сармы, например, число дней с силой ветра 15–40 м/с и более в этот период иногда доходит до 25 кряду [1].

Переносят рыхлое вещество из Байкала в глубь побережья главным образом господствующие ветры с названиями Култук, Горная, Верховик и др.

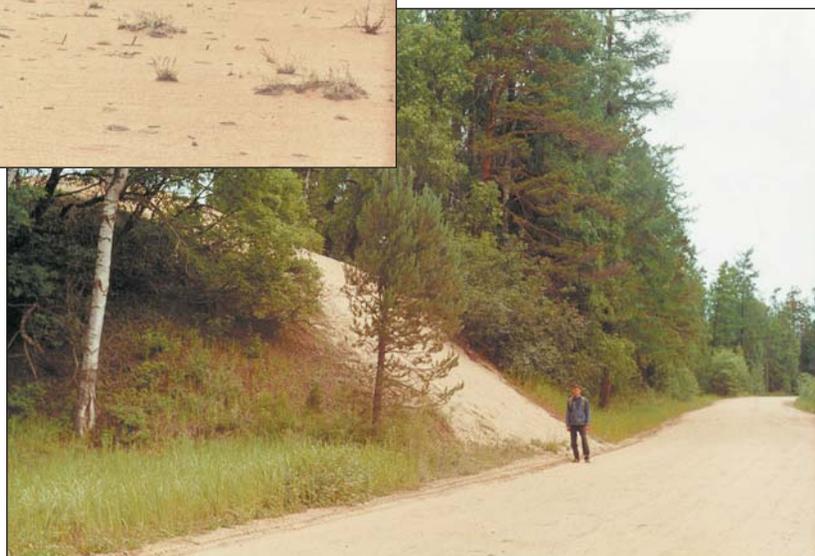
Усилению ветрового выноса вещества из Байкала способствуют циклические, резко выраженные повышения зеркала озера. Уровень воды иногда поднимается до 276 см (в среднем за сентябрь 1869 г.), в то время как средний многолетний уровень равен 128 см над нулем графика водомерного поста у порта Байкал [2]. Именно в такие периоды на внешней части пляжа формируются высокие, мощные песчаные валы, до которых штормовые волны при обычных уровнях воды в водоеме не доходят. Песок просушивается ветром, солнцем и затем уносится дальше на побережье.

Если существует невысокий береговой обрыв, мелкозем



Основные районы развития песчаных эоловых потоков, направленных из озера Байкал в глубь его побережья.

- 1 — о.Ярки и Дагарская губа,
- 2 — губа Хакусы,
- 3 — бухта Сосновка,
- 4 — около устья р.Большой Чивыркуй,
- 5 — перешеек п-ова Святой Нос,
- 6 — южнее устья р.Баргузин,
- 7 — губа Каткова,
- 8 — бухта Безымянная,
- 9 — возле пос.Горячинска,
- 10 — юго-западнее устья р.Турки,
- 11 — губа Малая Сухая,
- 12 — мыс Облом,
- 13 — мыс Карга в районе Посольского залива-сора,
- 14 — залив Нюрганская Губа,
- 15 — Улан-Хушинский залив,
- 16 — Сарайский и Хужирский заливы,
- 17 — залив Семисосенская Губа,
- 18 — залив Ханхойская Губа,
- 19 — губа Песчаная.



Коридор продува в районе губы Каткова и прорвавшаяся по нему к шоссе дорога Улан-Удэ—Усть-Баргузин часть песчаного потока.

Здесь и далее фото автора

с пляжа заносится и туда. В результате после сильных ветров во многих местах обнаруживаются слои свеженадутых супесчаных наносов, отложенных за бровкой абразионного уступа на поверхности дернового покрова. Но чаще береговые обрывы полностью развеваются ветром (срезаются дефляцией) и пляж по поперечному профилю плавно переходит в бережную зону.

В таких случаях обычно создаются своеобразные пути транспортировки песка из Байкала в глубь побережья — коридоры продува, — которые внедряются в лесные массивы иногда на несколько сот метров и даже на несколько километров. Однажды возникнув, например в результате эрозионного врезания временного водотока, образовавшегося во время экстремального ливня, сформировав-

шего временный водоток, или шквального ветра на нарушенном пожаром участке побережья, эти коридоры растут, особенно в длину — по направлению движения эолового потока. Движение ветровых струй в них концентрируется по пути наименьшего сопротивления, т.е. вдоль по ложбине. В результате скорость ветра здесь резко возрастает на фоне общего движения воздушных масс, а вынос песчаного материала усиливается. Эоловые потоки воздействуют на ложбины и по мере их роста усиливаются и приобретают все большее рельефообразующее значение. На берегах Байкала встречаются как небольшие, зарождающиеся, так и обширные, разросшиеся коридоры продува.

Наиболее крупные очаги дефляции с длинными коридорами продува развиты вокруг Байкала в районах губы Дагарской,

о.Ярки, пос.Хакусы, южнее устья р.Баргузин, на побережье губы Каткова, возле пос.Горячинска, юго-западнее устья р.Турки, на о.Ольхон вдоль залива Нюрганская Губа (пос.Песчанка) и Хужирского залива. Для того чтобы нагляднее показать, как конкретно транспортируется по ним песчаный материал, охарактеризуем для примера некоторые наиболее представительные из них.

Очаг развеивания песков южнее устья р.Баргузин протягивается по побережью примерно на 2 км. В береговой полосе он выражен в виде коридоров продува или прорыва, которые в плане напоминают длинные корытообразные языки, внедрившиеся в сосновый с лиственницами и редкими кедром лес. Всего по берегу их насчитывается шесть. Со стороны устья р.Баргузин первые два коридора имеют ши-



Свеженадутые ветром с пляжа Байкала песчаные наносы. Далее они транспортируются в глубь лесного массива.



Зарастание соснами, кедровым стлаником и изредка кедрами очага дефляции на побережье губы Каткова. Куртины кедрового стланика вытянуты по направлению господствующего ветра.

рину около 70 м, два следующих — по 50 м, пятый — 120—130 м и последний к югу — примерно 60 м. Их глубина достигает 2,5—3 м, длина — 0,3—1 км. Весь участок побережья подвергается воздействию господствующего ветра Култук, пути транс-

портировки песчаного материала образованы только в местах с разреженным древостоем и травостоем, возможно, после пожара. Промежутки между коридорами могут в будущем также подвергнуться дефляции при нарушении растительного по-

крова, поскольку они сложены песчаными, легко развеваемыми отложениями.

Сухой песок с пляжа ветрами легко «втягивается» в коридоры. Наблюдались «свежие» языки пляжного песка, перекрывающие расположенную выше полосу галечника, выброшенного волнами Байкала во время наиболее высокого стояния уровня и бурного шторма. Перемещаемый на пляже и далее по коридору продува песчаный слой зачастую приобретает волнообразную поверхность — здесь действует волновой, энергетически наиболее выгодный механизм транспортировки вещества.

Второй крупный очаг разветвления песка, окаймляющий губу Каткова, образовался в значительной степени под воздействием антропогенной деятельности (вырубки леса), поскольку раньше там находилось поселение Колония. Этот очаг простирается вдоль берега на 1,6 км и в отличие от Усть-Баргузинского в прибрежной полосе имеет ширину около 150 м и не прерывается лесными участками. Но дальше, в глубине лесного массива, тоже формирует коридоры продува шириной по 50—60 м. Их глубина уменьшается по мере удаления от Байкала от 3 до 0,5 м. По мере внедрения в лесной массив коридоры продува сужаются, иногда разветвляются и наступают на лес двумя, тремя языками, а также на шоссейную дорогу Улан-Удэ—Усть-Баргузин. Один из них уже достиг дороги, другие на подходе. Песок в их лобовой части средне- и мелкозернистый, а по всему коридору на поверхности — крупнозернистый.

Характерно, что в Катковском очаге песчаный пляж Байкала на значительных протяжениях переходит в дефляционную поверхность без резкой границы, и не везде их можно отделить друг от друга. Граница прикрыта песком, поступающим с пляжа, а бывший абразионный уступ уничтожен дефляцией или присыпан эоловым

материалом. Наблюдая за этим очагом с 1968 г., я заметил, что в прибрежной полосе он на некоторых участках начинает зарастать сосной обыкновенной и кедровым стлаником. Значит, очаги дефляции на берегах Байкала не вечны и могут менять местоположение.

Дефляция и разрастание очагов интенсивны после нарушения растительного покрова. Но едва песчаный материал в прибрежной зоне начинает исчерпываться, а на поверхности коридоров продува образуется броня — слой из отсеянных ветрами крупнозернистых песчинок (1–2 мм) и дресвы (3–4 мм), — как это наблюдается в районе губы Каткова, создаются условия для поселения отдельных растений, которые со временем покрывают все большие площади. Песка, поступающего из Байкала, недостаточно, чтобы их уничтожить, особенно устойчив к ветрам кедровый стланик. Кроме него, пески надежно защищают от развевания куртины стланика сосны обыкновенной, встреченные нами в Усть-Баргузинском очаге дефляции. Их образуют отдельные деревья, сохранившиеся в условиях сильных ветров. Комлевые части засыпаются песком, изгибаются, наклоняются, но даже оставаясь прямоствольными, приживляют ветви к земле, как это, например, наблюдалось в прифронтовой полосе Усть-Баргузинского очага. В местах касания земли ветви пускают дополнительные корни. Вокруг сосны они начинают разрастаться наподобие кедрового стланика. Распластывая вокруг стволов живой ковер из стелющихся и все разрастающихся в стороны ветвей, сосны таким образом сохраняют себя от уничтожения. Некоторые такие куртины во время наблюдений в 2000 г. достигали в диаметре 10 м.

Как только лес в прибрежной полосе очага шириной 100–150 м вырастет, он прикроет от господствующих ветров коридоры продува остальной части пе-



Куртины соснового стланика в очаге дефляции южнее устья р.Баргузин.

счаного поля, и они смогут постепенно покрыться растительностью. Поступающий из Байкала песчаный материал станет отлагаться в основном в прибрежной лесной полосе, наращивая земную поверхность. Но после накопления значительного количества песка и образования мощной толщи могут вновь возникнуть очаги дефляции, особенно если нарушить дерново-растительный покров вырубкой леса или пожаром. И тогда вновь активизируется приторможенный выросшим прибрежным лесом вынос песчаного материала из Байкала.

Измерения, проводившиеся в течение длительного времени, показали, что земная поверхность приозерной полосы в районах коридоров продува понижалась от 3.6 мм/год до 27.5 мм/год [3] — в среднем 15.6 мм/год. Ширина пляжа оз.Байкал около различных очагов развевания в летний период варьирует от 8 до 15 м. С учетом средней величины дефляции, а также ширины пляжей около очагов ветрового развевания и коридоров продува вдоль береговой линии, посредством волново-ветровой деятельности

из Байкала удаляется приблизительно 6000 м³ песчаного материала в год.

Известно, что глубоководный Байкал, в котором смогла сохраниться реликтовая фауна, существует не менее 25 млн лет. Если в течение этого времени существовали сильные ветры, подобные современным, ими из озера могло быть изъято около 150 км³ преимущественно песчаного материала, отложенного в некотором отдалении от береговой линии. Это вполне достаточно для формирования песчаной толщи мощностью 100 м, шириной 1.5 км, длиной 1000 км. Такова длина береговой линии юго-восточного побережья Байкала, где в основном распространены очаги эолового развевания.

За четвертичный период из Байкала на его побережье было вынесено около 10 км³ песчаных наносов. Какое-то количество этого материала было снесено обратно в Байкал водоками и более слабыми, гораздо реже возникающими ветрами противоположных направлений. Но большая часть песчаных наносов все же осталась на побережье и продолжает увеличиваться. Лучше всего сохраняется

материал, попавший в прибрежные водоемы, где местами он приобрел водно-озерные черты с соответствующим набором флоры и фауны. Все это необходимо учитывать при палеореконструкциях генезиса подобных отложений, оказавшихся со временем на суше из-за, например, тектонического подъема

местности или полного заполнения прибрежного водоема эоловым песчаным материалом.

Таким образом, в надводной части Байкальской впадины в результате проведенных исследований обнаружен не известный ранее довольно мощный источник песчаных отложений. Полученные данные не только позво-

ляют решить одну из загадочных геолого-географических проблем региона [4, 5], но и помочь изучить круговорот вещества и энергии в оз.Байкал. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 02-05-65244.

Литература

1. Яхонтов Г. // Зап. Импер. Акад. Наук. Сер. 8 по физ-мат. отд. 1906. Т.ХІХ. №3.
2. Лопатин Г.В. // Докл. АН СССР. 1954. Т.ХСІV. №6. С.1041—1043.
3. Агафонов Б.П. Экзолигодинамика Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск, 1990.
4. Логачев Н.А. // Изв. СО АН СССР. Сер. геол. и геофиз. 1958. Вып.1. С.84—95.
5. Резанов И.Н. // Геоморфология. 1995. №1. С.80—87.

Живые дары московским государям

Т.Д.Панова,

кандидат исторических наук
Москва

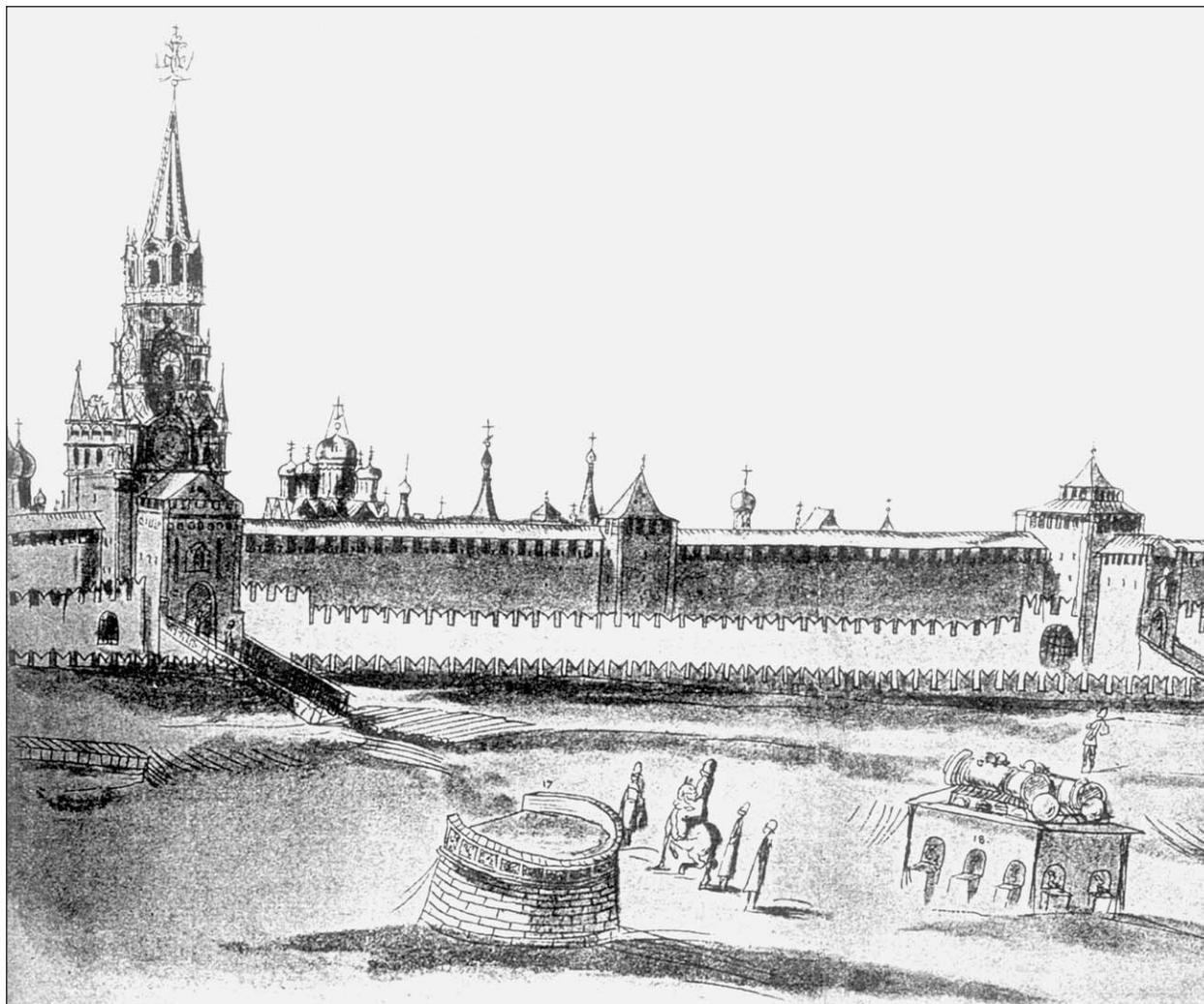
Природа России, ее просторы всегда, особенно в средневековье, поражали иноземцев-путешественников. Их воспоминания полны восхищенных отзывов о животном мире наших широт, обилии зверей, птиц и рыб. На страницах записок о России, относящихся к XV—XVII вв., постоянно встречаются упоминания о больших медведях, зубрах и лосях, тетеревах и фазанах, осетрах и белугах, ястребах и соколах, моржах и других представителях животного мира. Но иногда в записках иностранных дипломатов и купцов, а также и в русских летописях мелькают сообщения о появлении в Москве экзотических, совершенно не характерных для

нашего климата животных. Попадали они в столицу Московского княжества и Русского государства чаще всего вместе с иностранными посольствами. Дарили такие редкости друг другу и русские князья, стараясь закрепить военный союз или какой-либо выгодный договор.

Самое первое подобное сообщение связано с древнейшим упоминанием о Москве. Известно, что в апреле 1147 г. суздальский князь Юрий Долгорукий пригласил в Москву своего союзника, черниговского князя Святослава Ольговича с сыном Олегом. Последний, опередив отца, прибыл в Москву несколько ранее и успел одарить князя Юрия Владимировича: «Олег же еха наперед к Гюргеви и да ему пардуса». Так в Ипатьевской ле-

тописи изложено в общем-то рядовое событие — встреча князей-союзников. Необычно же это сообщение тем, что в нем впервые упоминается под 4 апреля 1147 г. Москва и отмечен первый случай дарения князю — владельцу Москвы — редкого животного.

Сегодня трудно понять, был ли то живой «пардус» (леопард или барс) или только его шкура — вещь также весьма ценная даже в наши дни. Интересно было бы узнать, и где был пойман леопард — в Южной или Средней Азии, на Кавказе или в Африке. Но если о московском «пардусе» мы мало что знаем, то о судьбе других экзотических для наших краев животных, попадавших в средневековую Москву, сведений сохранилось немало.



Одно из ранних изображений древнего рва на Красной площади, принадлежащее немцу Августину фон Мейербергу (жил в России в 1661—1662 гг.). Никольские ворота тогда еще не были надстроены. Рядом с ними во рву содержались в конце XVI — начале XVII в. дикие животные, привезенные в Москву.

Можно только догадываться, какое впечатление произвели на москвичей привезенные из Англии лев и львица — дар царю Ивану IV. Так начинались русско-английские дипломатические отношения. Первое посольство из Англии прибыло в Москву в 1553 г. Дорога была трудной, из трех кораблей в район будущего Архангельска попал лишь один — остальные погибли в суровых северных широтах. Капитан Ричард Ченслер, привезший послание короля Эдуарда, отправился в обратный путь в Англию лишь в 1556 г., вместе

с послом Ивана Грозного дьяком Иосифом Непеей Вологжаниным. И вновь вмешалась природа: буря разметала корабли, и Иосиф Непея спасся чудом. Все дары Ивана IV погибли или были частично разграблены шотландцами, у берегов которых чуть не утонул сам посол. Иосиф Непея был принят в Лондоне с величайшими почестями и богато одарен — так велика была заинтересованность английского государства в русском рынке. Королева Мария I Тюдор отправила в 1557 г. царю Ивану Васильевичу значительные да-

ры: Непея привез два куска парчи, по половине куска алого, фиолетового и голубого сукна, два панциря и шлем с вызолоченными гвоздями, покрытые алым бархатом, а также льва и львицу.

Могучих животных поместили во рву на Красной площади, возле Никольских ворот Кремля. Это огромное оборонительное сооружение было устроено под восточными стенами московской крепости еще в начале XVI в., но уже к его концу ров стал сухим, чем и воспользовались для размещения львов. Глу-

бина рва достигала 12 м при ширине около 32 м, так что пространства для этих крупных хищников было достаточно [1]. Сообщение о том, что львы содержались именно в этом месте Москвы, есть в сочинении Генриха фон Штадена — немца-опричника, жившего в России с 1565 по 1576 г. Описывая московские укрепления, он упомянул и Никольские ворота: «Ворота эти двойные. Около них во рву под стенами находились львы: их прислала Великому князю английская королева» [2].

Судьба львов завершилась печально; они погибли в 1571 г., когда крымский хан Девлет-Герей неожиданным набегом захватил Москву и сжег ее. Не был захвачен только Кремль, но пожар в городе был так страшен, что и в крепости погибло от него много людей. Об этом бедствии Штаден писал так: «Никто не мог спастись от этого пожара. <...> Львы, которые были под стенами в яме, были найдены мертвыми. <...> После пожара ничего не осталось в городе <...> ни кошки, ни собаки».

В своих записках о Москве времен Ивана Грозного Штаден сообщил и о другом животном, содержавшемся у Никольских ворот в одной из частей древнего оборонительного рва: «У этих же ворот стоял слон, прибывший из Аравии». По свидетельству Штадена, столь необычный и весьма дорогой подарок был получен Иваном Грозным от персидского шаха Тахмаспа. Слон прибыл «вместе с арабом, который за ним ухаживал. Араб получал в Москве большое жалованье».

Мощные фортификационные сооружения в столице Рос-

сии утратили к тому времени свое прежнее военное значение. Вот почему в конце XVI в. часть оборонительного рва была превращена в зверинец.

Однако сложная и нервная обстановка в годы правления Ивана Грозного привела к страшной гибели даже ни в чем не повинного слона. О его судьбе повествует все тот же Штаден. Атмосфера всеобщей подозрительности оказалась роковой для животного и его дрессировщика. Пошли разговоры, что именно они повинны в распространении чумы. «Араб был оклеветан и оговорен вместе со своим слонем». Видимо, необычный вид огромного животного внушал москвичам невольный ужас, порождая страшные мысли. Тогда «араба и его слона сослали в опале в посад Городецкий». Там для содержания животного построен был специальный сарай (можно представить себе его размеры!), огороженный мощным забором. Дрессировщик умер, и царь Иван Васильевич «послал дворянина с наказом умертвить слона при помощи крестьян и посадских». Слон очень остро переживал смерть своего друга. Когда араба похоронили рядом с вольером (и это естественно — на христианском кладбище человеку другой веры места не было), «он проломил тын и улегся на могиле друга. Там его и добили: выбили клыки и доставили великому князю в доказательство того, что слон действительно околел».

Так печально закончилась история с подарком персидского шаха русскому царю. Но московский зверинец 16-го столетия, видимо, пополнялся довольно часто. Об этом можно

судить по «Реляции Хуана Персидского испанскому королю Филиппу II» (мужу английской королевы Марии Тюдор). Он посетил Москву в 1599—1600 гг., т.е. уже при царе Борисе Годунове. Многие удивило и заинтересовало его в русской столице. Мы отметим в его реляции лишь одну запись: «Нам также показали клетку с дикими зверями, между которыми был лев величиною с лошадь, с гривой длиною в два локтя: при виде нас он пришел в такую ярость, что сломал очень толстую перекладину» [3]. Когда это животное попало в Россию и откуда — источники умалчивают. Неизвестна и его дальнейшая судьба, скорее всего, он умер от голода в Смутное время.

Впечатление, которое производили эти редкие животные на московский люд, отразилось даже в летописях. Так, фиксируя сооружение в 1599—1600 гг. дополнительной кирпичной стены и зубцов с восточной (со стороны Красной площади) и южной сторон Кремля (вдоль Москвы-реки), летописец упомянул часть рва вдоль Красной площади, «где львы сидели».

А вот лисицы, которых в 1605 г. поймали близ кремлевского рва, были в средневековье обычными обитателями окружающих Москву лесов. Об этом любопытном случае в «Повествовании» о Московском государстве начала XVII в. написал иноземец Исаак Масса: «Лисы оказались в самом центре столицы, на Красной площади, перебравшись по мосту из Замоскворечья, еще слабо заселенного в то время» [4]. Но это уже другая история из жизни Москвы и москвичей. ■

Литература

1. Штаден Г. фон. // Москва Ивана Грозного: Записки немца-опричника. М.; Л., 1925.
2. Забелин И.Е. История города Москвы. М., 1990. Ч.1. С.142.
3. Реляция Хуана Персидского испанскому королю Филиппу II // Иностранцы о древней Москве. М., 1991. С.138—140.
4. Масса И. Краткое известие о Московии в начале XVII в. // Иностранцы о древней Москве. М., 1991. С.293.

Экспедиция AMORE-2001 в Центральную Арктику

Йорн Тиде,

профессор

Институт полярных и морских исследований им.А.Вегенера

С.С.Драчев,

доктор геолого-минералогических наук

*Санкт-Петербургское отделение Института литосферы
окраинных и внутренних морей РАН*

В.П.Шевченко,

кандидат геолого-минералогических наук

Институт океанологии им.П.П.Шишова РАН

7 октября 2001 г. ледокол «Polarstern» — флагман германского научно-исследовательского флота, находящийся в распоряжении Института полярных и морских исследований им.А.Вегенера (AWI), вернулся в порт Бремерхафен: закончилась 10-недельная экспедиция AMORE-2001 (Arctic Mid-Ocean Ridge Expedition). Нацеленная на изучение подводного хребта Гаккеля в центральной части Северного Ледовитого океана, эта экспедиция открыла новый этап в исследованиях Арктики. Ее успех определило четко скоординированное взаимодействие экипажей и научных коллективов двух мощных ледоколов: «Polarstern» с 60 учеными из Германии, России и США, которыми руководил Й.Тиде (J.Thiede), директор AWI, и «Healy» — ледокола береговой охраны США с 20 американскими учеными, возглавляемыми профессором П.Майклом (P.Michael) из Университета г.Тулса.

© Йорн Тиде, С.С.Драчев,
В.П.Шевченко

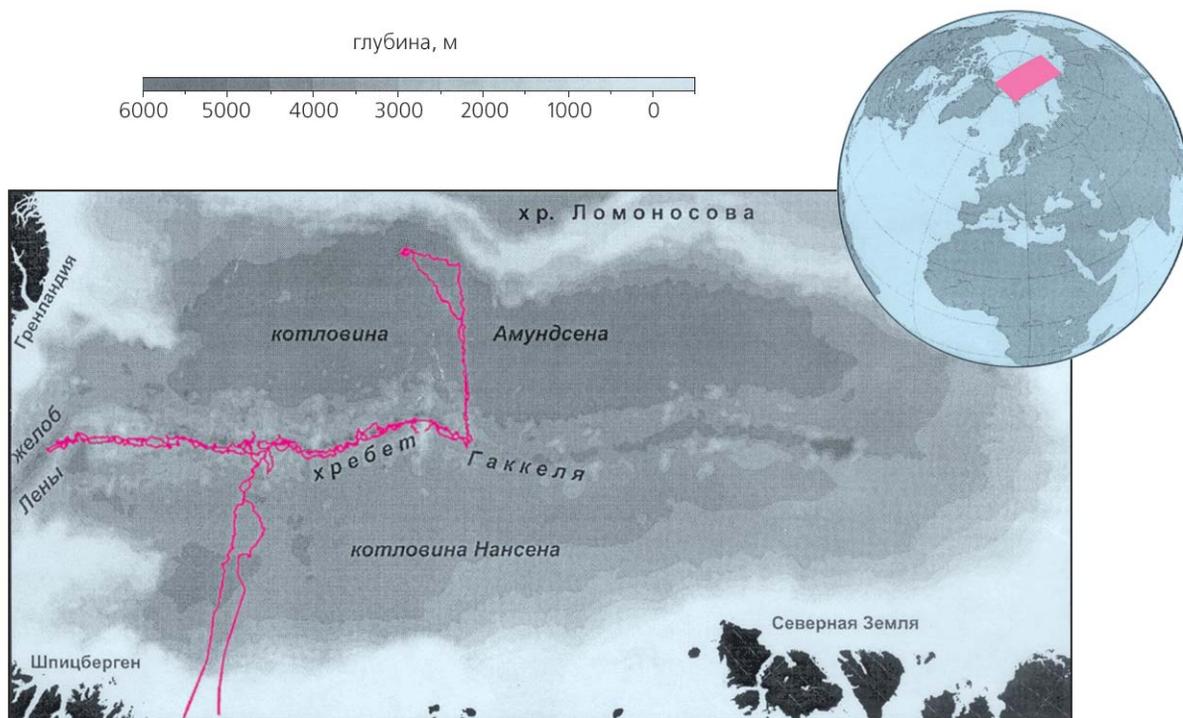
Оба ледокола вышли вечером 31 июля 2001 г. из норвежского порта Тромсё, направляясь в центральную часть Евразийского глубоководного бассейна, где предстояло изучить практически неведомый мир подводного хребта Гаккеля — самого северного сегмента всемирной системы срединно-океанических хребтов; этот ее участок образует границу между Евразийской и Северо-Американской литосферными плитами в Арктике.

Как известно, такие хребты осложнены глубокой продольной осевой расселиной (или рифтом), в которой происходит спрединг — растяжение дна и формирование новой океанской литосферы. Хребет Гаккеля представляет собой уникальное звено в этой цепи: здесь наиболее низкая из известных скоростей спрединга (менее 1 см/год) и самая глубокая в Мировом океане рифтовая долина — около 6 км. До экспедиции AMORE существовали лишь весьма скудные сведения о рельефе хребта, а слагающие его изверженные породы (базальты) были пред-

ставлены всего тремя образцами, поднятыми случайно в ходе предыдущих арктических экспедиций.

AMORE-2001 должна была провести комплекс детальных геолого-геофизических исследований в западной части хребта Гаккеля, от желоба Лены до 75°в.д. Все работы велись на основе батиметрической карты осевой зоны хребта, включающей полностью его рифтовую долину. Карта составлялась непосредственно на борту в ходе высокоточной съемки подводного рельефа многолучевыми эхолотами «Seabeam-2112» и «Hydrosweep-DS2». Главные усилия ученых были сосредоточены на отборе образцов горных пород, слагающих дно и борта рифтовой долины, и на изучении различными геофизическими методами глубинного строения океанской литосферы.

Руководили работами по изучению горных пород специалисты из Германии Дж.Сноу (J.Snow; Химический институт им.Макса Планка, г.Майнц) и Р.Мюэ (R.Muhe; Геолого-пале-



Батиметрическая схема Евразийского глубоководного бассейна Северного Ледовитого океана. Маршрут ледокола «Polarstern» показан цветной линией. На врезке отмечен район исследований.



Высадка группы специалистов на льдину.



Встреча трех ледоколов над рифтовой долиной хребта Гаккеля. На переднем плане «Oden», за ним — «Polarstern», на горизонте — «Healy».



Предстоят замеры толщины полярного льда.



Отбор базальтовой глыбы весом около 1 т с помощью телеуправляемого ковша.

онтологический институт при Кильском университете). С борта «Polarstern» в соответствии с 44-дневной программой опробования дна было выполнено на 96 океанологических станциях (полигонах) 63 драгировки и произведено 32 отбора образцов горных пород с помощью телеуправляемого ковша (всего отобрано 10,9 т). Пробы донных осадков предназначались для последующего анализа на содержание металлов — индикаторов гидротермальной активности.

Группа ученых под руководством В.Йоката (W.Jokat; AWI) провела успешные геофизические исследования, в ходе которых были осуществлены три сейсмических разреза через котловины Нансена и Амундсена; в 18 точках определена мощность океанской земной коры методом преломленных сейсмических волн, построены аэромагнитные профили длиной 8300 км, многократно измерена величина теплового потока; выполнены пробные сейсмологические и магнитотеллурические эксперименты.

С борта «Nealy» в основном проводились драгировки (101 станция) и наблюдения за гидротермальной деятельностью с помощью спускаемого прибора MAPR (Miniature Autonomous

Plume Recorder — миниатюрный автономный регистратор плюмов). Однако американский ледокол играл важную роль и при геофизических исследованиях, пробивая в мощном ледовом покрове канал, в котором шел «Polarstern» с буксируемой сейсмической установкой.

Все поднятые с океанского дна образцы были разделены поровну (каждый образец — на две части) между научными группами обоих ледоколов; их изучение будет продолжено в лабораториях крупных научных центров Германии и США.

Научные результаты AMORE-2001 превысили все ожидания. На их основе уже сделаны и, несомненно, возможны новые открытия. Так, например, по существовавшим до экспедиции представлениям считалось, что рифтовую долину хребта Гаккеля подстилает аномально тонкая земная кора, что определяется относительно слабыми вулканическими процессами в условиях низкоскоростного спрединга. В связи с этим ожидалось, что на дне расселины будут обнажены породы мантии Земли — дуниты и перидотиты. Действительно, на некоторых участках рифтовой долины они были обнаружены, однако совершенно неожиданным оказа-

лось подавляющее преобладание вулканических пород — базальтов. Кроме того, вдоль рифтовой долины были найдены многочисленные признаки недавней деятельности подводных вулканов и современной гидротермальной активности.

В число других важных задач экспедиции входило изучение снежного покрова, дрейфующего льда и новейших донных отложений, что позволило бы установить современные и недавние климатические изменения в Арктике. Вертолеты доставляли на льдины научную ледовую группу, которой руководил Х.Хаас (Ch.Haas; AWI), и там ученые измеряли толщину ледового покрова, отбирали пробы снега и льда для геохимических и биологических исследований. Параллельно принимались и обрабатывались спутниковые данные. Неожиданностью для участников экспедиции стало большое количество айсбергов, встреченных в районе хребта Гаккеля; шесть из них были детально изучены. Лабораторное исследование проб горных пород и осадочного материала, отобранных на айсбергах, позволит установить районы их образования.

Новейшие донные отложения изучались как с помощью



Конец полярного дня. Вид с борта ледокола «Polarstern».

Все фото из архива экспедиции

узколучевого параметрического эхолота PARASOUND, осуществляющего непрерывное акустическое профилирование высокого разрешения (ответственный — С.С. Драчев), так и путем поднятия донных осадков коробчатым пробоотборником 50×50×60 см³ и грунтовой трубкой длиной 5 или 10 м; этими работами руководил Р.Шпильхаген (R.Spielhagen; Институт ГЕОМАР, Киль, Германия). Лабораторное изучение образцов донных отложений позволит получить новые данные о циклах и масштабах оледенений в Арктике за последние 300 тыс. лет ее геологической истории

и о их влиянии на глобальный климат.

Экспедиционные трудовые будни изредка перемежались праздниками. Одним из таких замечательных дней стало 23 августа, когда состоялась встреча трех ледоколов: «Polarstern», «Healy» и шведского «Oden», возвращавшегося из района Северного полюса на Шпицберген. Все три ледокола пришвартовались к большой и прочной льдине над рифтовой долиной хребта Гаккеля, и в течение восьми часов участники экспедиций знакомились друг с другом, осматривали корабли и научные лаборатории, играли в футбол

и соревновались в перетягивании каната.

Апогеем стало 6 сентября, когда «Polarstern» и «Healy» достигли Северного полюса. Для германского ледокола это было второе посещение (7 сентября 1991 г. он достиг полюса вместе с ледоколом «Oden»), а для «Healy» — первое. После выполнения стандартных для океанологической станции работ начался праздник на льдине. Такие, пусть и редкие, моменты способствовали укреплению межнациональной дружбы, взаимопониманию людей, совместно изучающих неведомый мир в трудных условиях Арктики. ■

Русский соболь — 70 лет селекции

С.В.Бекетов, С.Н.Каштанов

На протяжении нескольких веков соболь (*Martes zibellina*) по праву считается одним из национальных символов России. И тому есть вполне объяснимые причины: вплоть до начала XVIII в. меха на Руси (беличьи, куньи, собольи) служили эквивалентом стоимости товара и обращались наравне с деньгами, при этом главной платежной единицей был мех соболя, не имеющий себе равных по качеству и носкости. Собольи шкурки в большом количестве поставлялись в Западную Европу и Китай. Естественно, это вызывало нещадный промысел соболя, что привело к резкому снижению его численности уже в XVII в., а к 20-м годам прошлого столетия ценный пушной зверек семейства куньих был практически полностью истреблен. Лишь чрезвычайные охранные меры, принятые советским правительством, помогли восстановить его численность и даже позволили впоследствии возобновить промысловую охоту.

Много труда и энтузиазма в дело восстановления поголовья дикого соболя вложил В.В.Тимофеев, родной брат известного генетика Н.В.Тимофеева-Ресовского [1]. Всего зоологи расселили по таежным лесам



Сергей Валериевич Бекетов, аспирант лаборатории сравнительной генетики животных Института общей генетики им.Н.И.Вавилова.



Сергей Николаевич Каштанов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Область научных интересов — селекция пушных зверей на основе изучения их морфологического и белкового полиморфизма, а также эволюция этих животных.

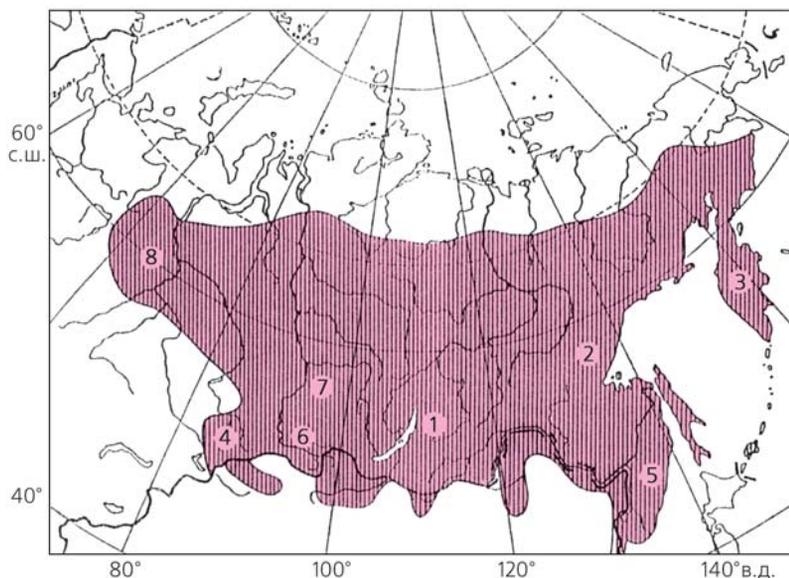
Сибири и Дальнего Востока около 12.5 тыс. соболей, и в 60-х годах промысловики стали добывать столько соболиных шкурок, сколько в лучшие годы XVII в. По данным департамента по охране охотничьих ресурсов Министерства сельского хозяйства России, в 2000 г. общая чис-

ленность соболя в природе составила 1120.9 тыс. голов, и это несмотря на то, что за последние десять лет добыча его выросла почти вдвое.

Сегодня, как и встарь, Россия — единственное государство, поставляющее шкурки соболя на мировой рынок, и в этом

нет ничего удивительного: обитает этот вид соболя только в нашей стране. (В лиственных лесах Кореи и Японии обитает другой вид — японский соболь, *Martes melampus*.) Распространен он преимущественно в таежной зоне от Среднего и Северного Урала до побережья Японского, Охотского и Берингова морей, включая Камчатку, Сахалин и Курильские о-ва. В западной части ареала (на Урале) соболь скрещивается с лесными куницами (*Martes martes*), в результате чего возникают гибриды — кидасы. Лишь в некоторых районах ареала соболь пересекает границу России — изредка его можно встретить в Монголии и Северо-Восточном Китае, однако опушение и особенно окраска этих животных обычно низкого товарного качества [2]. Давно замечено, что цвет опушения соболя зависит от места его обитания и весьма изменчив: окраска ости бывает от светлой (желтовато-бурой) до почти черной, а подпуши — от желтовато-рыжеватой до темно-голубой. Нередко по всему телу встречаются осветленные остевые волосы, создающие эффект седины. Для соболей характерно также наличие горлового пятна белого либо оранжевого цвета с резко очерченным контуром или подпалины — участка с более светлой окраской. Иногда белые пятна могут располагаться и на других участках тела (лапах, хвосте), однако в любом случае дикие особи вообще без пятен встречаются в природе очень редко [3].

Традиционно наиболее ценен по окраске и качеству меха так называемый черный соболь с окраской шкурки от темно-бурого до смолисто-черного цвета с темно-голубым пухом, но он немногочислен, гораздо чаще попадаются светлые особи — песчано-желтые и светлорыжие. Правда, есть и исключения: так, среди баргузинских соболей доля темных жи-



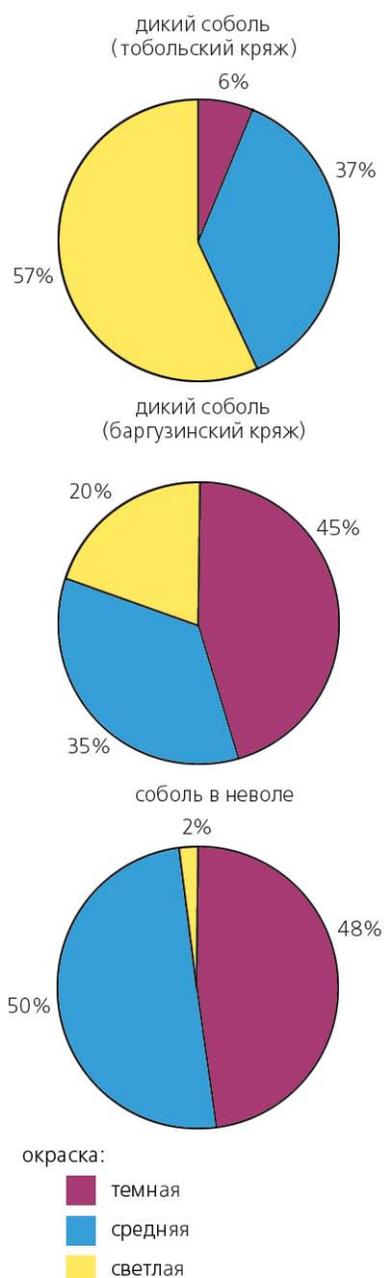
Ареал соболя. Цифрами показано географическое распределение подвидов: баргузинский (1), якутский (2), камчатский (3), алтайский (4), амурский (5), минусинский (6), енисейский (7), тобольский (8).

вотных составляет примерно 45%. Таким образом, шкурки промысловых соболей, в зависимости от места добычи и пушно-меховых качеств, условно делятся на восемь краёв в порядке убывания их стоимостной ценности: баргузинский, якутский, камчатский, алтайский, амурский, минусинский, енисейский и тобольский. Считается, что соболи этих краёв соответствуют зоологическим подвидам. В то же время не удалось установить какую бы то ни было связь между экологическими условиями районов обитания соболей и их окраской [2]. Однако большинство подвидов было описано в тот период, когда ареал соболя распался на изолированные районы. С тех пор в структуре популяций произошли существенные изменения, связанные, в частности, с искусственным расселением соболей, а также их массовыми миграциями на большие расстояния (120–150 км), истинная причина которых так до сих пор и не выяснена.

Кроме всего прочего, дикие соболи очень изменчивы и по своим размерам. Самые крупные особи обитают на западной и восточной границах ареала — на Урале и на Камчатке, где максимальная длина самцов, измеряемая от кончика носа до основания хвоста, составляет 53–56 см. Однако лучший по окраске и качеству меха баргузинский соболь сравнительно некрупный: средний размер тела самцов 42 см, самок 38 см [3]. Высокая изменчивость окраски шкурок соболя, добываемого в природе, а также невыравненность их по величине и структуре опушения послужили главными стимулами к искусственному разведению этого животного в неволе и получению соболя с наиболее ценными характеристиками меха.

Разведение в неволе

Разведением соболя в нашей стране начали заниматься еще в 1919 г., а в 1921 г. был утвержден декрет о содержании этого



Разновидности окраски молодых соболей в разных участках ареала и в неволе.

животного на зверофермах и о запрещении его вывоза за границу. Правда, первые попытки получения потомства в неволе оказались неудачными. Прежде всего это объяснялось слабой изученностью его биологии, в частности не был известен сезон спаривания со-

болей. По наблюдениям промысловиков-охотников, родительские пары ошибочно соединяли весной. П.А.Мантейфель, изучив особенности размножения соболей, установил, что гон у них проходит в июне—июле, и 3 апреля 1929 г. в Московском зоопарке профессору впервые удалось получить приплод от соболя.

В том же году была организована крупная соболиная ферма в зверосовхозе «Пушкинский» Московской обл., куда животных завозили из разных районов Сибири, Урала и Тувы. И в 1931 г. здесь приступили к промышленному разведению соболя. Основное стадо собрали из лучших животных разных зверохозяйств, дополнительно завезли 130 баргузинских соболей, отловленных на воле [2]. Эти звери, собственно, и послужили основой для создания нового породного типа — черного соболя (статус породы получен в 1969 г.), который по размерам подобен камчатскому, а по качеству и цвету меха не имеет себе равных. Черный соболь окрашен равномерно, без посветления головы и часто даже без рыжих пятен около ушей, характерных для диких черных особей. Однако в потомстве и породистых соболей иногда появляются более светлые щенки, что указывает на их гетерозиготность по отдельным генам [2]. В среднем же при скрещивании черных самца и самки примерно половина родившихся у них щенков похожи на родителей [4]. Так как обычно количество темных соболей в зверохозяйствах ограничено и в основном стаде всегда присутствует определенное количество средних по окраске животных (цвет ости варьирует от каштанового до темно-каштанового), нередко родительские пары формируют из черного самца и средней окраски самки, средней окраски самца и черной самки, а также средних по окраске самца и самки. В результате в общем количест-

ве рожденных щенков доля черных соболят несколько снижается.

Таким образом, несмотря на то, что наследование основной окраски соболей изучено еще недостаточно, можно с определенной уверенностью говорить о ее полигенном характере, что, впрочем, относится и к наследованию величины горлового пятна и седины. В то же время не вызывает сомнения и наличие специальных генов, определяющих появление этих признаков.

У диких соболей в единичных случаях зарегистрированы резкие отклонения в окраске, очевидно мутантного происхождения: голубые, золотистые, бежевые с оранжевым оттенком, белые с легким коричневым налетом и др. Уникальная коллекция цветных соболей представлена на экспозиции в Дарвиновском музее (Москва). В неволе (в зверосовхозах «Пушкинский» и «Салтыковский») такого разнообразия не наблюдалось — рождались только очень светлые щенки, но все они погибали в раннем возрасте. Поэтому принято разводить соболей дикого типа (разных оттенков коричневого цвета), т.е. такой же основной окраски, как и у зверей в природе [5].

Помимо упомянутого «пушкинского» черного соболя официально зарегистрирован еще один породный тип, который получен в племенном зверохозяйстве «Салтыковский» и внесен в Государственный реестр селекционных достижений 1998 г. [6]. Внешне «салтыковский» породный тип мало чем отличается от «пушкинского», однако анализ полиморфных белковых систем крови выявил, что показатели генетической дистанции между этими двумя совхозными популяциями находятся на уровне межпородных отличий [7]. В том же зверохозяйстве под руководством одного из авторов статьи (С.Н.Каштанова) ведется работа по созданию новой породной группы со-

более с ярко выраженной седой. На прошлогоднем Санкт-Петербургском пушном аукционе соболиные шкурки именно такой окраски оценивались по наивысшей стоимости. По-прежнему соболоводы надеются вывести цветного соболя, однако до сих пор это никому не удалось.

Размножение

Жизнедеятельность соболя, как на воле, так и при содержании в клетках, зависит от условий окружающей среды — света и естественного ультрафиолетового излучения [2]. В неволе животных содержат в шедах, которые мало защищают от воздействия метеорологических факторов. Гон у соболей обычно протекает с середины июня до начала августа. В течение этого периода самки допускают самца несколько раз. Затем, после оплодотворения яйцеклетки, происходит весьма любопытное явление, вызывавшее путаницу в определении сроков гона у соболя, — развитие зародыша почти полностью прекращается на начальной стадии бластоцисты. Такое состояние относительно покоя в развитии беременности длится 7.5–8 месяцев, и лишь по прошествии латентного периода (в конце февраля — начале марта) происходит имплантация бластоцисты в стенку матки. Наконец, общая продолжительность периода развития и формирования зародыша после имплантации (истинная беременность) составляет всего 30–35 дней [3].

С точки зрения экологии вида отсрочка имплантации — важное приобретение, так как, появляясь на свет в конце апреля, детеныши соболя избегают влияния суровых зимних условий. С другой стороны, для эффективного промышленного звероводства желательно получать не один, а несколько помётов в год. И предпосылки к этому есть. Например, в зверосовхозе «Салтыковском» известен



«Салтыковский» соболь.

Здесь и далее фото автора

случай, когда самка вместо девяти положенных месяцев носила щенков всего четыре. В возрасте одного года она ослепла на один глаз, а к трем годам, когда впервые оценилась, — полностью потеряла зрение. Сначала ее соболята развивались нормально, но затем из-за нехватки молока (такое иногда случается) двое из них погибли. Звероводы выхостили оставшегося щенка, который хорошо рос и развивался, ничем не отличаясь от своих сородичей [5]. Так как развитие плодов протекало нормально, скорее всего, у самки была сокращена только латентная фаза беременности, что было вызвано, судя по всему, слепотой, не позволявшей ей определить продолжительность светового дня. Если это так, то в перспективе можно будет искусственно менять сроки беременности у самки соболя, регулируя длительность освещенности.

В помёте соболей в неволе бывает 1–12 щенков, чаще три

детеныша. Наиболее плодовиты самки в возрасте восьми-девяти лет и нормально размножаются до 12–14 лет. Несмотря на столь продолжительный репродуктивный период, клеточное разведение соболя нерентабельно на небольших по размеру фермах (менее тысячи самок основного стада), поскольку интенсивность размножения и плодовитость этих зверей все же недостаточны высоки, чтобы покрыть огромные расходы на их содержание [3]. Для сравнения: у американской норки (*Mustela vison*) — близкородственного соболю вида и основного объекта звероводства — репродуктивный период продолжается три года, в некоторых случаях четыре-пять лет, но при этом средняя плодовитость составляет пять-шесть щенков в помёте. К тому же половая зрелость у нее наступает в 10–11 месяцев [4]. В отличие от норки для соболя характерно более позднее половое созревание: рожденные в апреле соболята участвовать в гоне мо-



Шкурки черного соболя.

гут только на следующий год, а потому первый приплод у самок появляется не ранее чем в двухлетнем возрасте. В природе почти все самки старше одного года половозрелые, и в среднем 60% из них уже оплодотворены. У соболей, разводимых в неволе, в 15–16-месячном возрасте спаривается в среднем только 25% самок, причем подавляющее большинство из них остаются пустыми. Это связано с тем, что при разведении в клетках у многих молодых самок в период гона фолликулы еще недостаточно развиты. Даже трехлетние самки не всегда готовы к воспроизводству: из них щенится только около половины. Самки постарше лишь в 10–15% случаев остаются пустыми. Тем не менее сравнение средних показателей размножения для природных и совхозных популя-

ций в целом существенных различий не выявило [3].

Позднее половое созревание самок в неволе, вероятно, связано с плохой адаптацией молодняка к низким температурам гнезд в осенне-зимний и весенний периоды. Температура внутри гнездовых камер диких соболей в течение всего года составляет от +15 до +23°C независимо от температуры наружного воздуха [2]. В гнездах всегда тепло, потому что в природе соболи устраивают их в защищенном от непогоды месте (дупле либо под корнем дерева) и выстилают их корой, перьями, мхом, шерстью. В неволе вместо гнезда устанавливают в клетке деревянный домик, где температура колеблется в зависимости от погоды.

Есть и еще одно возможное объяснение позднего созрева-

ния и сравнительно низкой плодовитости соболей в неволе. В природе замечено: в февралемарте половозрелый самец часто, иногда по нескольку раз в день, подходит к жилищу беременной самки, чтобы принести корм. Для соболей это наиболее голодный период, и хуже всего приходится самкам, которым чрезвычайно трудно добывать пищу на последних сроках беременности. Таким образом проявляется отцовский инстинкт у самцов. По времени их весенняя активность совпадает с изменением инсоляции — в феврале долгота дня начинает увеличиваться и достигает максимума в июне—июле, когда у соболей наступает период гона [4]. В зверохозяйствах самцов и самок содержат отдельно. По мнению многих специалистов, регулировать продолжи-



Варианты окраски «салтыковского» породного типа соболя.

тельность латентного периода в беременности самок можно, не только искусственно увеличивая продолжительность дня, но и одновременно допуская самца к самке. Однако это предположение еще надо проверить.

Для соболя характерен ярко выраженный половой диморфизм. Как правило, самцы в отличие от самок имеют более длинный и густой мех и примерно на 5–7% превышают их по размеру. Качество же опушения и величина тела зверя во многом определяют коммерческую стоимость шкурки. Поэтому вполне естественно, что специфика соболеводства требует преимущественного разведения самцов. По нашим данным, вторичное соотношение полов, или доля самцов в потомстве, составляет у разводимых в неволе соболей $52.7 \% \pm 0.07$.

При этом в отличие от других пушных зверей (норки, песца и лисицы) не удалось установить связи возраста родителей и величины помета с долей рожденных самцов. Вероятнее всего, у соболя существует некий эволюционно обусловленный механизм, обеспечивающий стабильное преобладание самцов в помете.

Питание

Соболь — оседлый хищник, его охотничья территория занимает от 25 до 700 га. Рацион его весьма разнообразен и зависит от района обитания, климатических условий и физиологического состояния зверя. Охотится соболь в основном на мышевидных грызунов, чаще всего — на полевков, однако не про-

ходит мимо пищух, белок, ляг. Из птиц предпочитает рябчиков, хотя изредка в его лапы попадает кедровка, тетерев, глухарь. Ловит ящериц, змей, насекомых, в ручьях — рыбу. Нередко нападает на таких крупных по сравнению с ним животных, как заяц-беляк и кабарга. Случается охотиться на своих более мелких собратьев — колонка и горностая.

Из растительных кормов предпочитает кедровые орехи, но не отказывается от семян сосны и ели. В сезон не прочь полакомиться ягодами брусники, голубики, жимолости, шиповника, рябины, а также грибами. Нередко в желудках диких соболей обнаруживали хвою и листья багульника.

В совхозах соболей кормили, поначалу исходя из их таежного меню. Давали битую птицу, мед,

фрукты, лесную ягоду, кедровые орехи. Расходы были огромными, а доход от звероводческой продукции — небольшой. Лучшие экономические результаты стали получать гораздо позже, постепенно переходя на дешевые, недефицитные корма. Сейчас рацион в хозяйствах примерно на 70% состоит из мясных продуктов (конины, говядины, печени, мясных субпродуктов, рыбы и т.д.). Кроме того, в кормовую смесь включают молоко, нежирный творог, хлеб, комбикорм, яблоки, картофель, различные витаминные добавки — всего 8–10 компонентов [2, 4]. Однако, несмотря на то, что за последние годы рацион для соболей все же несколько упростили, кормление их обходится недешево: примерно в 1.5 раза дороже, чем норок. В целом в соболеводстве затраты на корма составляют более 70% от себестоимости одной шкурки.

Новое домашнее животное?

В природе соболь — зверь довольно агрессивный. На зверофермах известны случаи, ког-

да испуганное животное, пытаясь вырваться, нападало на человека и наносило множество болезненных укусов, но, как правило, такое случается редко. В отличие от дикого совхозный соболь более спокоен — настолько привыкает к работникам фермы, что практически не реагирует на их присутствие. Вообще соболь — зверь умный и наблюдательный, достаточно легко приручается. Даже взрослый зверек, пойманный на воле, уже через один-два дня начинает брать корм и без труда обживается на новом месте. В Театре зверей В.И.Дурова было даже несколько цирковых номеров с соболями [5]. Однако, чтобы приручить соболя, воспитывать его лучше с самого раннего возраста.

К сожалению, ручной соболь пока еще сравнительно редок, но известно несколько случаев «одомашнивания». Например, вот уже несколько лет в зверохозяйстве «Салтыковский» живет ручная соболиха Маруська. В раннем детстве мать отгрызла у нее переднюю лапку. Щенка пришлось отсадить и выхаживать всей бригадой. Сейчас это здоровый и жизнерадостный

зверек. Несмотря на отсутствие лапы, очень подвижный. Маруська неоднократно щенилась, но привязанность к человеку не потеряла. Легко дается всем в руки. Правда, если ее сильно напугать, может и укусить. Работники фермы иногда с удовольствием берут ее на выходные к себе домой. Честно говоря, трудно передать ощущение, когда по твоим плечам и рукам стремительно пробегает ручной соболь или, с любопытством обнюхивая, нежно тычется мордочкой в ухо. Вообще, поведение соболя очень похоже на кошачье, и хотя специальной селекционной работы по одомашниванию соболя пока не проводилось, очевидно, это только вопрос времени. К тому же имеется исторический прецедент: вот уже несколько столетий как приручен представитель того же, что и соболь, семейства (*Mustelidae*) — африканский хорек (*Putorius furo*). Правда, в наших городских квартирах его увидишь не часто, но в Европе и особенно в Америке он наравне с кошками и собаками давно уже стал полноправным домашним животным. ■

Литература

1. Тимофеев-Ресовский Н.В. История, рассказанная им самим. М., 2000.
2. Клеточное разведение соболей / Ред. Л.А.Шувалова, В.М.Балакин. М., 1979.
3. Ильина Е.Д., Кузнецов Г.А. Основы генетики и селекции пушных зверей. М., 1983.
4. Ильина Е.Д. Звероводство. М., 1975.
5. Рогожкин А.Г. Меховая радуга. М., 1988.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Породы животных. М., 2000.
7. Каштанов С.Н., Казакова Т.И. // Генетика. 1995. Т. 31. №2. С. 234—238.

«ДЖОИДЕС Резолюшн»: 185-й и 186-й рейсы

И.А.Басов,

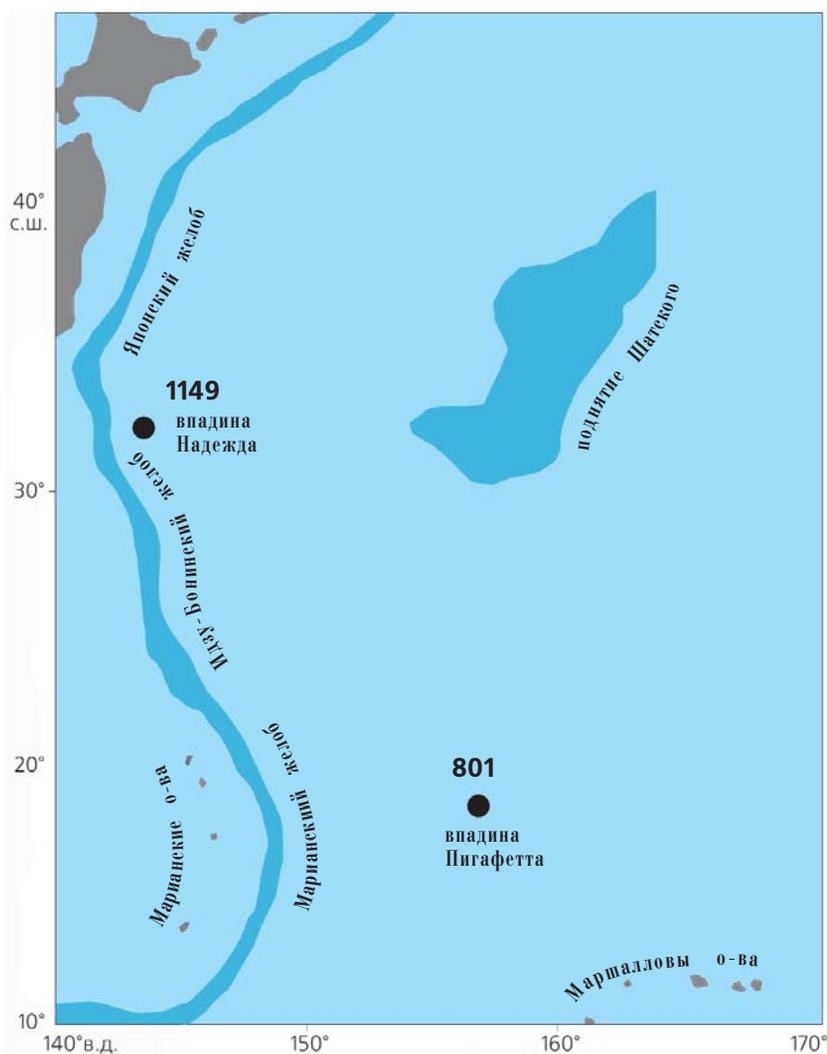
доктор геолого-минералогических наук

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Москва

Древнейшая кора в зоне субдукции (185-й рейс)

Взаимодействие тектонических плит в зонах субдукции — одна из наименее изученных проблем геологии. Совершенно очевидно, что поглощаемый здесь материал должен изменять геохимические характеристики вулканических пород островных дуг, которые приурочены к зонам субдукции. Однако не ясно, какая часть этого материала участвует в формировании продуктов извержения, а какая перерабатывается в мантии.

Состав континентальной земной коры, преобразующейся в зонах субдукции, во многом определяется химическими элементами, которые находятся в осадочном чехле океанских плит (например, редкоземельные элементы, Th, Ba, Be) и в самой верхней окисленной части их вулканического фундамента (K, V, U, CO₂, H₂O). Таким образом, изучение геохимических характеристик океанских плит и разрезов в пределах краевых частей континентальных плит, прилегающих к зонам субдукции, может дать необходимые данные для расчета баланса вещества и его



Положение скважин, пробуренных в 185-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» по Программе океанского бурения. Залитые кружки с номерами — скважины.

© И.А.Басов

преобразования в этих зонах. Именно потому так важно изучение разрезов океанской коры, которые в настоящее время находятся непосредственно в зоне субдукции.

Попытка решить такие проблемы была предпринята более 10 лет назад в Марианском желобе (129-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»), когда во впадине Пигафетта пробурили скважину 801, вскрывшую самую древнюю кору в Тихом океане [1]. Однако применявшаяся в то время технология не позволила полностью вскрыть зону окисления базальтового фундамента, которая содержит львиную долю химических элементов, участвующих в формировании геохимических характеристик коры над зонами субдукции.

Поэтому было решено провести здесь дополнительные исследования. Они выполнены в 185-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн», который состоялся в апреле—мае 1999 г. под руководством Т.Планка (Бостонский университет, США) и Дж.Т.Ладдена (Национальный институт космических наук Национального исследовательского центра Франции). Представителем программы океанского бурения в рейсе стала К.Эскутиа [2].

На 340 м углубили скважину 801 (глубина моря 5674 м, забоя — 936 м), пройденную ранее во впадине Пигафетта, а также пробурили новую скважину 1149 (глубина моря 5817.6 м, забоя — 445.2 м) во впадине Надежда. Обе расположены на древней коре (возраст которой соответственно около 170 и 132 млн лет) в непосредственной близости от системы Марианского и Идзу-Бонинского желобов, маркирующих зону субдукции.

Главная задача рейса — получение количественных геохимических данных для расчета бюджета и динамики вещества в зоне субдукции. Кроме того, предстояло изучить историю

осадконакопления на движущейся Тихоокеанской плите; изменений глубины карбонатной компенсации, ниже которой CaCO_3 растворяется, при пересечении ею экватора; и эволюции экваториальной циркуляции на протяжении мелового периода. Необходимо было: определить возраст наиболее древних магнитных аномалий в так называемой Юрской зоне спокойного магнитного поля, в пределах которой находится скважина 801, и выяснить ее происхождение; получить образцы древней коры для изучения потенциальных бактериальных сообществ в глубоких частях разреза, аналогичных тем, которые были обнаружены в скважинах на глубине 800 м в 180-м рейсе [3].

В результате проведенных работ впервые получен полный разрез осадков и верхней окисленной части базальтового фундамента в пределах самой древней коры Тихого океана, находящейся в непосредственной близости от зоны субдукции. Лабораторная обработка полученных материалов займет длительное время, но уже полученные на борту судна геохимические оценки содержания K_2O в окисленных базальтах и осадках внутри базальтового разреза показывают, что оно приблизительно на 60% выше, чем в неизмененных базальтах. Уже одно это свидетельствует о значительном вкладе осадочного чехла и измененных базальтов в геохимический баланс продуктов островодужного вулканизма и формирующейся коры окраинных частей континентов. Палеомагнитные исследования показали, что лавы в нижней части разреза, вскрытого скважиной 801, характеризуются исключительно быстрыми изменениями знака намагниченности пород. По мнению участников рейса, это в целом могло приводить к их нейтрализации и формированию Юрской зоны спокойного магнитного поля.

Осадочный чехол, относительно полно вскрытый и изученный в скважине 1149, свидетельствует о существенном увеличении биогенного осадконакопления около 18 млн лет назад, когда эта часть Тихоокеанской плиты проходила под высокопродуктивной экваториальной зоной. Второй эпизод резкого роста темпов осадконакопления имел место в раннем плейстоцене, когда плита достигла Марианской островной дуги, поставившей значительные объемы вулканического пепла в осадки.

Опробование воды в скважинах, осадков и пород фундамента с целью выявления бактериальных сообществ сопровождалось тестированием бурового раствора в забое для определения возможного загрязнения разреза поверхностными микробами. Для этого специальный индикатор (трассер) добавлялся в раствор и затем идентифицировался в полученном керне. Проведенные измерения показали, что вероятность и степень такого загрязнения невелики. Данная методика может быть использована также при изучении поровых вод, которые находятся внутри осадков.

Подземная геофизическая обсерватория (186-й рейс)

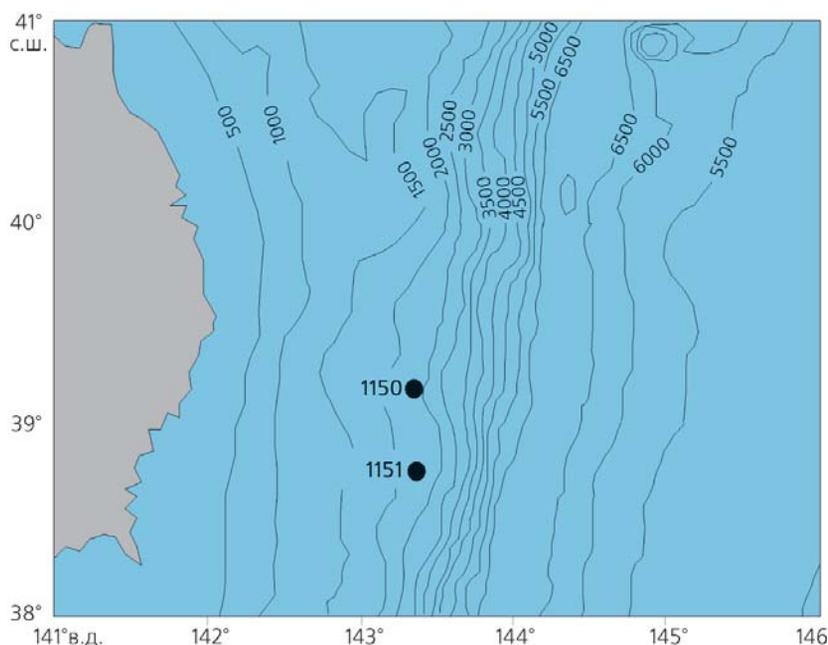
Благодаря сейсмической томографии в последние годы получена обширная информация о строении глубинной части Земли. Вместе с тем многие аспекты тектонических процессов, происходящих в зонах субдукции, остаются практически непознанными из-за недоступности непосредственного наблюдения и длительного мониторинга. Именно поэтому в активных зонах океана организуется сеть геофизических станций, регистрирующих сейсмические импульсы.

Две из них были установлены в районе Японского желоба в 186-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн», который проводился в июне—августе 1999 г. под руководством С.Сакса (Отдел земного магнетизма Института Карнеги, Вашингтон, США) и К.Суехиро (Отдел морских исследований Японского центра морских наук и технологий). Программу океанского бурения представлял Г.Д.Эктон [4].

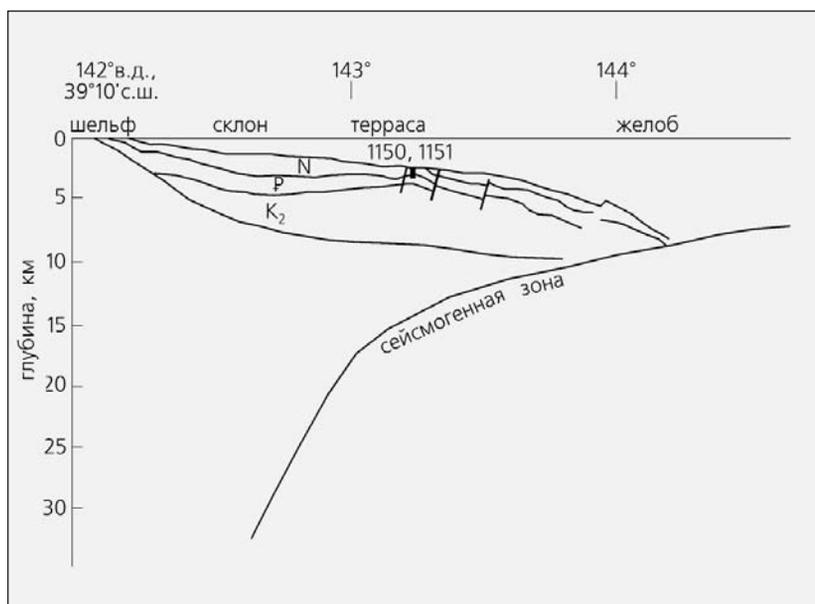
Выбор Японского желоба был обусловлен тем, что этот район характеризуется исключительно высокой сейсмической активностью и строение зоны субдукции здесь неплохо исследовано с помощью наземных станций. Установлено, что Тихоокеанская плита, возраст которой более 100 млн лет, погружается под северную часть Японских о-вов со скоростью около 9 см/год, что приводит к частым и сильным землетрясениям, эпицентры которых расположены вдоль желоба. Оказалось также, что разные участки дна имеют различную степень сейсмичности, что до сих пор не имеет объяснения.

Для установки в скважинах постоянно действующих геофизических станций были выбраны в пределах внутреннего склона Японского желоба два района. Они расположены на глубоководной террасе непосредственно над зоной субдукции [5] и обладают контрастными сейсмическими характеристиками. Скважина 1150 (глубина воды — 2681 м, забоя — 1181 м) пробурена в пределах сейсмически активного района с повторяющимися сильными землетрясениями и частыми микроземлетрясениями. Скважина 1151 (глубина воды — 2681 м, забоя — 1181 м) заложена несколько южнее, в районе, где микроземлетрясений не наблюдается.

Станции установлены и зацементированы в нижней части каждой скважины на расстоянии около 10 км над полого опускающейся под о. Хонсю верх-



Положение скважин, пробуренных в 186-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» по Программе океанского бурения. Залитые кружки с номерами — скважины. Числа на изолиниях — глубина в метрах.



Схематический профиль через Японский желоб (N — неоген, P — палеоген, K₂ — верхний мел). Положение скважин над сейсмогенной зоной субдукции [2, с изменениями].

ней границей плиты. Каждая станция включает приборы для измерения напряжений, наклона, движений и сейсмичности плиты. Кроме решения чисто фундаментальных проблем геологии, эти наблюдения важны также для прогнозирования разрушительных землетрясений.

Планируется, что станция, установленная в скважине 1150, будет подключена к заканчивающемуся вблизи нее оптико-волоконному кабелю,

принадлежащему Токийскому университету. Впоследствии предполагается проложить дополнительно 50-километровый кабель между скважинами. Профилактическое обслуживание станций будет проводиться раз в год. Вместе с имеющейся сетью донных и наземных геофизических станций в западной части Тихоокеанского региона эти внутрискважинные обсерватории позволят вести непрерывный мониторинг субдукции

плиты и сопровождающих ее физических процессов. Данные измерений предполагается распространять через сеть Интернет.

Бурение скважин для установки геофизических станций сопровождалось извлечением керна, всестороннее лабораторное изучение которого позволит получить материалы, которые дополняют исследования, проведенные здесь в предыдущих рейсах. ■

Литература

1. *Lancelot Y., Larson R.L. et al.* Proceeding of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 1990. Leg 129.
2. *Plank T., Ludden J.N., Escutia K. et al.* Izu-Mariana Margin. Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 2000. Leg 185.
3. *Taylor B., Huchon Ph., Klaus A. et al.* Proceeding of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 1999. V.180.
4. *Sacks S., Suyehiro K., Acton G.D. et al.* Proceedings of the Ocean Drilling. Initial Reports. 2000. V.186.
5. *Suyehiro K., Nishizawa A.* // J. Geophys. Res. Lett. 1994. V.99. P.22331—22348.

Космические исследования

Что это светится там вдалеке?

На высоте около 380 км над Землей продолжается сборка Международной космической станции, создаваемой 16 государствами, среди которых ведущую роль играют Россия и США. Помимо российского «Союза», предназначенного для заселения людьми, на МКС формируются три модуля, каждый из которых снабжен двумя огромными панелями солнечных батарей, питающих энергией всю станцию. Именно эти «крылья» делают станцию одним из ярчайших объектов ночного неба: каждое длиной около 80 м и шириной примерно 12 отражает солнечные лучи так сильно, что по светимости МКС уступает лишь Венере, Юпитеру, Сириусу и еще некоторым астрономическим объектам. Различить этот руко-

творный объект в вечернем и утреннем небе станет во много раз легче в 2006 г., когда сборка будет завершена и станцию украсят четыре комплекта солнечных батарей общей площадью примерно в половину гектара!

Национальное агентство США по авиации и космическим исследованиям (НАСА) решило помочь астрономам-любителям всего мира и помещает информацию о времени и месте нахождения Международной космической станции на страницах Интернета.

<http://spaceflight.nasa.gov/station>. Раздел RealTime Station Data

Экология. Океанология

Печальная участь кораллов

Человечество еще не вполне оценило угрозу, нависшую над кораллами. Их хрупкие постройки, находящиеся у побере-

жий 101 страны, занимают сегодня немногим более 284 тыс. км² — 0.1% площади океанского дна. По данным специалистов ООН, недавно составивших первый в картографической литературе Атлас коралловых рифов Мирового океана, это в три раза меньше прежней оценки.

Известно, что Эль-Ниньо 1998 г. губительно сказалось на коралловых постройках. Так, в Индийском океане погибло около 90% кораллов¹. Однако самое печальное состоит в том, что половине барьерных коралловых рифов, где обитает примерно 2 млн видов растений и животных, угрожают глобальное потепление, загрязнение океана, набеги туристов — все это создает риск полного исчезновения кораллов уже в обозримом будущем.

Sciences et Avenir. 2001. №656. P.18 (Франция).

¹ См.: Спасение кораллов с помощью Интернета // Природа. 2000. №2. С.84.

Задержка света в пути и другие необычные явления в оптике

В.В.Самарцев, Л.А.Рассветалов, М.И.Куркин

Единственное, чему научила меня моя долгая жизнь, что наша наука перед лицом реальности выглядит примитивно и по-детски наивно, — и все же это самое ценное, что у нас есть.

А.Эйнштейн

Первая часть нашего заголовка заимствована у статьи Э.Корнелла из «Nature» [1]. Такие интригующие названия на общедоступном языке — большая редкость для научных публикаций. Обычно они включают два-три специальных термина, которые, безусловно, делают заголовок компактнее, но для большинства читателей он превращается в заклинание. Все это понимают, но привычка так писать уже стала безусловным рефлексом. Мы тоже вначале хотели назвать свою статью: «Фотонное эхо и когерентная спектроскопия» (сокращенно ФЭКС). Это сплошь специальные термины, но именно так именуются симпозиумы, которые проводятся более 20 лет: ранее в СССР, а теперь — в России.

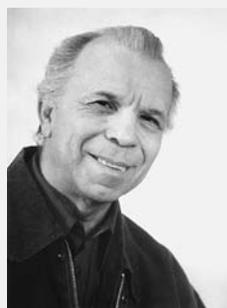
Первый такой симпозиум состоялся в Казани в 1973 г. Его организовал профессор У.Х.Копвиллем, предсказавший вместе с В.Р.Нагибаровым в 1963 г. фотонное эхо. Тогда они назвали его световым, чтобы отличать от сигналов эха в радиочастотном диапазоне. Потом, после перерыва, с 1981 г. ФЭКС стал собираться регулярно с периодичностью в четыре года. Председателем оргкомитета был академик Л.В.Келдыш, затем — ака-



Виталий Владимирович Самарцев, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией нелинейной оптики Казанского физико-технического научного центра РАН. Область научных интересов — когерентные явления в оптике и акустике. Председатель оргкомитетов симпозиумов ФЭКС-93, ФЭКС-97, ФЭКС-2001.



Леонид Александрович Рассветалов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиосистем Новгородского государственного университета им.Ярослава Мудрого. Область научных интересов — применение импульсной оптической спектроскопии и радиоспектроскопии в электронике. Председатель локального оргкомитета симпозиума ФЭКС-2001.



Михаил Иванович Куркин, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией теоретической физики Института физики металлов УрО РАН (Екатеринбург). Занимается проблемами теории когерентных явлений в радиоспектроскопии. Неоднократно публиковался в «Природе».

© В.В.Самарцев, Л.А.Рассветалов,
М.И.Куркин

демик К.К.Ребане, а теперь его возглавляет профессор В.В.Самарцев. Симпозиумы не ограничивались национальными рамками: так, в работе ФЭКС участвовали профессор Ч.М.Боуден (США) — известный специалист по квантовым компьютерам — и профессор С.Р.Хартман (США), обнаруживший долговременное фотонное эхо, на основе которого впоследствии были созданы процессоры для обработки оптических сигналов. Финансовую поддержку в проведении оказывали Российский фонд фундаментальных исследований, Минпромнауки РФ и Американское оптическое общество. Последний ФЭКС состоялся в Великом Новгороде в июне 2001 г. на базе

Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. Он собрал более 100 участников, которые сделали около 100 докладов. Здесь мы постараемся популярно рассказать о предмете обсуждения на этих симпозиумах.

Эхо эху рознь

Самое трудное в таких случаях — не отпугнуть читателя первой фразой. Название «Фотонное эхо и когерентная спектроскопия» — не самое лучшее начало в этом смысле. Дело здесь не только в специальных терминах, но и в необычной трактовке понятия «эхо». Действительно, поскольку в повседневной жизни

под эхом мы понимаем звуковой сигнал, отраженный от препятствия, то фотонное эхо сразу ассоциируется с отраженным электромагнитным сигналом, т.е. попросту с радиолокацией. Такая трактовка вряд ли способна привлечь к нему внимание. Распространение этой аналогии на оптические фотоны позволит включить сюда лазерные прицелы, что могло бы заинтересовать профессиональных киллеров, если бы они читали журнал «Природа». Есть еще одна возможность привлечь внимание публики к ФЭКС — заменить слово «фотонное» на «световое», как было в первой работе Копвиллема и Нагибарова. Соответствующая аббревиатура позволяет достичь поставленной цели, но создает, как выяснилось, определенные трудности организаторам симпозиумов.

Получается, что словом «эхо», если его понимать буквально, вряд ли можно заинтриговать читателя. Необходимо сразу же указать, что в физике понятие «эхо» расширено и включает в себя любой задержанный сигнал. При таком определении механизм формирования эхо-сигнала с помощью отражателя оказался не единственным, а главное — не самым эффективным, по крайней мере для электромагнитных сигнала-

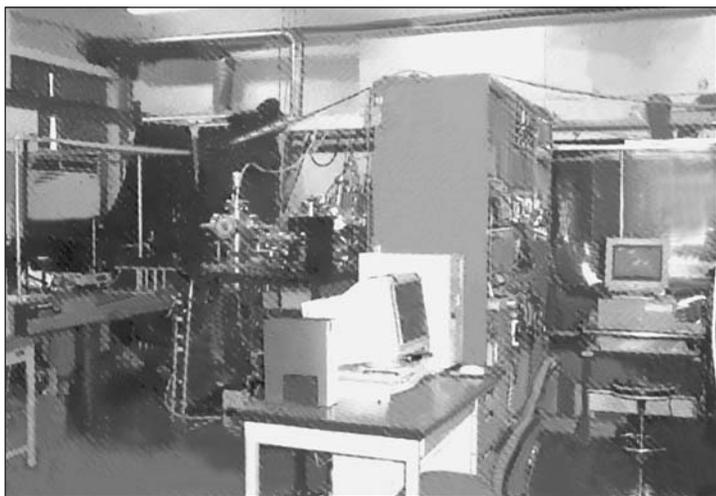


Рис. 1. Аппаратура для исследований фотонного эха в Казанском физико-техническом институте. Установка защищена экранирующей сеткой.

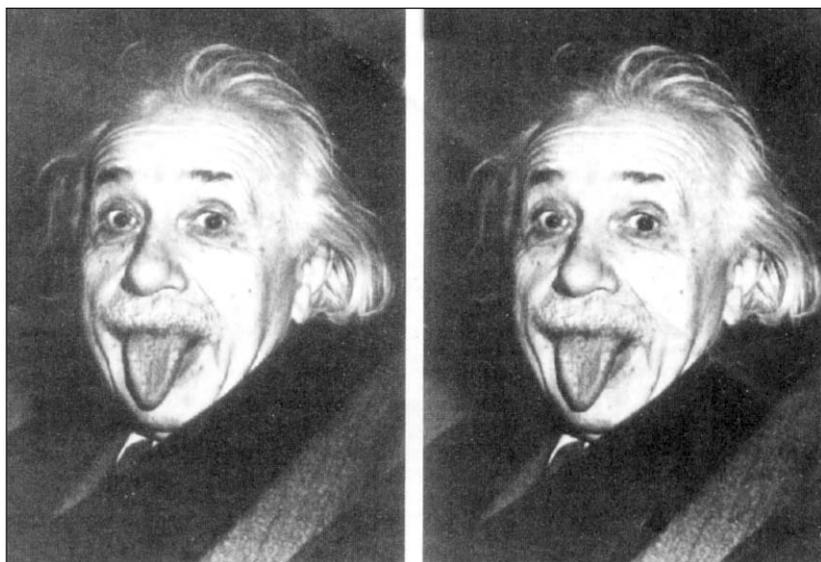


Рис. 2. Оригинал и его изображение, полученное с помощью долговременного стимулированного эха. Запись осуществлена на оптических переходах ионов Eu^{3+} в кристалле Y_2SiO_5 с временем оптической памяти 3 ч.

лов, к которым относится и фотонное эхо. Поскольку скорость света $c=300000$ км/с, для достижения секундных задержек отражатель пришлось бы помещать на Луне. На ФЭКС обсуждаются свойства фотонного эха с временами задержки до нескольких часов. Установка для получения таких сигналов на основе отражения имела бы размеры величиной с орбиту Юпитера. Чтобы ужать ее до размеров лабораторного стола (рис.1), нужно было найти способ «остановить» оптический импульс в этом устройстве и извлечь его оттуда через несколько часов.

Забегая вперед, отметим, что это не та задержка света, которая обсуждалась в упомянутой статье Корнелла, но выглядит она не менее привлекательно. Более того, она позволяет сохранить оптический импульс вместе с записанной на нем информацией. На рис.2 приведены два изображения, заимствованные из статьи Кс.Шена и др. [2]. Одно из них — оригинал, другое — копия, воспроизведенная с помощью фотонного эха. Читателю предлагается самому решить, какое из них — оригинал.

Безотражательное эхо вокруг нас

Поднатужившись, мы смекнули, что этот раздел следует начать с пожелания Эйнштейна: «Все должно быть изложено так просто, как только возможно, но не проще». Обычно простое изложение получается в тех случаях, когда обсуждаемому явлению удастся найти аналог в повседневной жизни. Для безотражательного эха таким аналогом может служить следующий пример. Представим себе забег на длинную дистанцию. Сразу после старта все бегуны бегут плотной кучей, т.е. имеют, говоря по-научному, близкие значения пространственных координат. Однако со временем наиболее тренированные бегуны уй-

дут вперед, а любители нарушать спортивный режим отстают, и различия в их координатах станут заметными. Но тут выясняется, что старт был дан не в ту сторону. Следует команда «кругом», после которой бегуны продолжат свой путь в противоположном направлении, так что наиболее быстрые из них окажутся в положении догоняющих. Допустим, что соотношение скоростей участников забега после такой команды сохранится, тогда через время, равное интервалу от момента старта до команды «кругом», они все дружно пересекут линию старта, т.е. будут иметь одинаковые значения координаты относительно этой линии.

Теперь опишем этот же эпизод, но по-научному. При кучном перемещении можно говорить о согласованности движения бегунов. Однако по давней традиции русские слова в научной терминологии принято заменять иностранными, чаще всего английскими. Но с английским языком есть проблемы, на которые обратил внимание еще немецкий писатель Курт Тухольский: этот язык состоит из одних иностранных слов, которые к тому же неправильно произносятся. Так вот, если взять английский вариант слова «согласованность» и произнести его правильно, то получится термин «когерентность». Он-то и утвердился в русскоязычной литературе по оптике, а потому автоматически вошел в название ФЭКС. С точки зрения этого понятия описанный выше соревновательный процесс можно рассматривать как распад когерентности по координате до команды «кругом» и ее восстановление после.

Такого типа процесс распада и восстановления когерентности на более мелких объектах, магнитных моментах ядер, удалось реализовать в 1950 г. американцу Е.Хану [3]. Как всякие магнитные моменты их можно изобразить в виде векторов \mathbf{M} , ориентированных вдоль маг-

нитного поля \mathbf{H} (рис.3,а). Стартовым сигналом для векторов \mathbf{M} является импульс поперечного переменного магнитного поля, отклоняющий их от направления \mathbf{H} (рис.3,б). Подобно наклонно поставленному волчку, прецессирующему вокруг вертикальной оси, наклоненные векторы \mathbf{M} прецессируют вокруг \mathbf{H} с так называемой частотой Лармора ν , зависящей от величины \mathbf{H} . На рис.3,б это движение символически изображено в виде конуса прецессии.

Сразу после стартового импульса векторы \mathbf{M} параллельны, что соответствует когерентности их прецессий по фазе. Такая фазовая когерентность характеризуется суммарной компонентой намагниченности m , вращающейся вокруг поля \mathbf{H} с частотой ν . По законам электромагнетизма переменное магнитное поле, связанное с m , создает переменное электрическое поле, возбуждающее электрический ток в приемном устройстве.

Хан добился того, чтобы данный ток убывал со временем, что на рис.3,б изображено с помощью хвоста, следующего за стартовым импульсом. В эксперименте это достигалось за счет неоднородностей поля \mathbf{H} , из-за которых частоты в разных точках образца оказывались разными. Поэтому векторы \mathbf{M} , прецессируя с различными скоростями, в конце концов равномерно распределялись по поверхности конуса прецессии (рис.3,в). Получается хаотическое распределение фаз прецессий, т.е. фазовой когерентности нет. При такой взаимной ориентации векторов \mathbf{M} переменная составляющая $m=0$, соответственно отсутствует и ток в приемнике.

При изменении знака поля \mathbf{H} направление прецессии \mathbf{M} меняется на противоположное, что соответствует команде «кругом» в рассмотренном выше примере. Технически это осуществляется с помощью импульса перемагничивания, который подается в момент времени t_1 , ког-

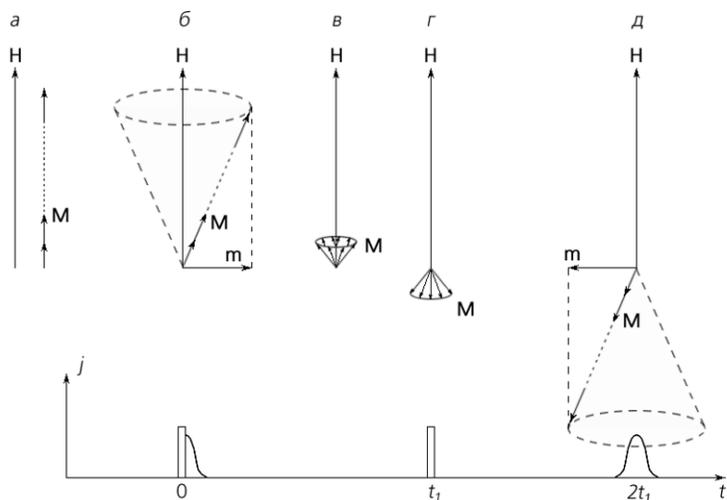


Рис.3. Схематическое изображение процессов, обеспечивающих формирование спинового эха.

да фазовая когерентность потеряна (рис.3,з). После смены направления прецессии начинается восстановление фазовой когерентности. Она полностью восстановится через время t_1 после импульса перемагничивания, как и в случае примера с бегунами. Вместе с фазовой когерентностью восстановится и переменная составляющая намагниченности m , а следовательно, и сигнал в приемнике (рис.3,д). Именно этот сигнал Хан назвал спиновым эхом, поскольку он обусловлен ядерными спиновыми магнитными моментами. Его длительность определяется временем распада фазовой когерентности, т.е. длиной хвоста после стартового импульса.

В стартовом импульсе можно закодировать информацию, поэтому его обычно называют информационным. Импульсы перемагничивания (в спиновых процессорах их, как правило, несколько) удастся приспособить для считывания информации или преобразования ее по заданной программе. В свое время это сулило большие перспективы для вычислительной техники по сравнению с ламповыми ЭВМ первых поколений, но конкуренцию с современной полупроводниковой техникой

устройства на основе спинового эха не выдержали. Тем не менее методы, связанные с ядерным магнетизмом (так называемые методы ядерного магнитного резонанса — ЯМР) нашли широкое применение при изучении свойств различных материалов. В частности, ЯМР-томография считается одним из самых надежных методов медицинской диагностики.

Возбужденные атомы и плененные фотоны

Если вместо магнитных дипольных моментов ядер «привлечь к работе» дипольные электрические моменты атомов, аналогом спинового эха будет эхо фотонное. На первый взгляд различие между этими сигналами выглядит как чисто количественное. Частоты прецессий ядерных спинов лежат в радиочастотной области, соответствующей метровым радиоволнам, в то время как частоты колебаний дипольных электрических моментов атомов относятся к оптическому диапазону, т.е. выше в миллионы раз. Но с точки зрения квантовой механики это количественное различие приводит к качественному из-за

того, что энергия оптического фотона (согласно формуле Планка $E=h\nu$, где h — постоянная Планка) в те же миллионы раз больше энергии радиочастотного фотона.

В случае спинового эха излучаемая энергия составляет ничтожную долю от полной энергии ядерных спинов, поэтому ее можно не учитывать при описании их поведения на всех этапах формирования эхо-сигнала. Энергетика фотонного эха выглядит совсем иначе. Достаточно сказать, что сами дипольные электрические моменты, на которых формируется эхо-сигнал, создаются стартовым импульсом. (Атом в «обычном» состоянии дипольным моментом не обладает, а приобретает его под действием внешнего электрического поля, переходя в возбужденное состояние.) Поэтому энергия поглощенного фотона не может быть меньше энергии других взаимодействий с участием возбужденного атома. Кстати, о поглощенных фотонах. Обычная модель с их исчезновением при поглощении не позволяет описать появление фотонов при излучении, когда атом «снимает» свое возбуждение. Более того, описание фотонов как объектов, движущихся со скоростью света, невозможно без использования специальной теории относительности. Раздел физики, объединивший квантовую механику и специальную теорию относительности, получил название квантовой электродинамики (сокращенно КЭД).

В КЭД электроны и фотоны не могут существовать отдельно. Каждый электрон обязательно окружен облаком фотонов, а каждый фотон — облаком из пар электрон—позитрон. Если быть последовательными, то в эту схему следовало бы включить другие элементарные частицы (барионы, мезоны, другие лептоны и т.д.), но такой выход за пределы КЭД в рамках одной статьи нам не одолеть. Здесь у нас нет возможности до

конца разобраться даже с КЭД. Дело в том, что каждый фотон, имея равную нулю массу покоя, может существовать, лишь двигаясь со скоростью света. Именно по этой причине мы решили использовать словосочетание «задержка света» в названии статьи, надеясь хоть таким способом привлечь внимание читателей. Так вот, чтобы фотон не покинул пределы фотонного облака около электрона, он должен иметь возможность вернуться. Но как фотон может вернуться, если не в состоянии остановиться?

Решение этого парадокса нам придется отнести к know-how КЭД и дальше пользоваться ее готовым продуктом – представлением о плененных зарядах фотонах, существующих наряду с обычными свободными. Согласно этим представлениям размеры облака плененных фотонов сравнимы с их длиной волны λ . Для оптических фотонов $\lambda \approx 0.5 \cdot 10^{-4}$ см, что в тысячи раз больше размеров атома. Можно оценить концентрацию возбужденных атомов, при которой их фотонные облака начнут перекрываться и процесс излучения фотона перестанет быть личным делом отдельного атома. Однако это не означает, что когерентная оптика начинается только при таком уровне оптического возбуждения среды. Есть и другие возможности добиться согласованности колебаний возбужденных атомов.

Фотоны плененные, но не сломленные

В атомной физике обычно имеют дело только с одним типом взаимодействия атомных электронов и свободных фотонов — поглощением фотона частоты ν при переходе электрона из состояния с энергией E_1 в состояние с энергией E_2 . Условием такого перехода является равенство:

$$\nu = \nu_0 = (E_2 - E_1)/h. \quad (1)$$

При $\nu \neq \nu_0$ (для нерезонансных фотонов) такой переход также возможен, но время пребывания в возбужденном состоянии τ оказывается конечным в соответствии с соотношением неопределенности энергия—время, которое относится к основным соотношениям квантовой механики:

$$(E_2 - E_1) \tau \approx h.$$

Из него следует, что время переизлучения нерезонансного фотона

$$\tau \approx 1/|\nu - \nu_0| \quad (2)$$

неограниченно растет по мере приближения к резонансу. КЭД ограничивает это время за счет эффекта спонтанного излучения фотона: время жизни возбужденного состояния атома оценивается как

$$\tau = \tau_m \approx (10^{-8} - 10^{-6}) \text{ с.} \quad (3)$$

Учитывая, что размер атома $r_0 \approx 10^{-8}$ см, а скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с, можно вычислить время пролета свободного фотона мимо атома:

$$\tau_0 = r_0/c = 10^{-18} \text{ с} \quad (4)$$

и оценить, как изменится скорость света в веществе v , если этот фотон поглотится атомом, а затем переизлучится:

$$v = c\tau_0/\tau. \quad (5)$$

Из формул (3) и (4) следует, что минимально возможная скорость света в веществе

$$v_{\min} = c\tau_0/\tau_m \approx (1 - 0.01) \text{ см/с.} \quad (6)$$

На рис.4 представлена механическая модель распространения фотона в веществе с учетом переизлучения. Шарик массой m_0 , двигаясь со скоростью v , налетает на цепочку сферических маятников, имеющих такую же массу m_0 . При столкновении с первым маятником шарик, по законам упругих столкновений, передает ему всю скорость v . Тот совершает полный оборот (если $v > 2(rg)^{1/2}$, где r — длина подвеса, g — ускорение свободного падения) и после повторного столкновения с шариком

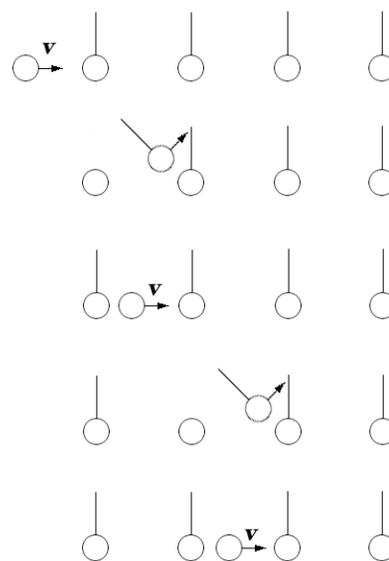


Рис.4. Механическая модель распространения света в веществе.

возвращает ему скорость v . Далее шарик проделывает то же самое со вторым, третьим и последующими маятниками. Средняя скорость перемещения шарика определяется формулой (5), в которой под τ_0 теперь следует понимать время прохождения шариком интервала между маятниками, $\tau = \tau_0 + \tau_1$ (τ_1 — время оборота маятника), $c = v$.

Замедление распространения света в веществе — явление хорошо известное: с ним связан эффект преломления при переходе границы раздела двух сред. Его обычно характеризуют показателем преломления n ($v=c/n$). В обычных условиях значения n близки к единице (для стекла n около 1.5), в то время как из формулы (6) для v_{\min} получается значение $n=10^{12}$. Что же мешает наблюдать значения $n \gg 1$ для резонансных фотонов?

Дело в том, что атомы в веществе участвуют в тепловом движении. Из-за этого их реакция на свободный фотон оказывается различной или, как принято говорить в оптике, некогерент-

ной. В механической модели, изображенной на рис.4, такая некогерентность может быть связана, например, с выходом маятников из плоскости рисунка. В этом случае движение шарика станет непрямолинейным, и если вместо цепочки взять плоскую сетку маятников, то на выходе из нее шарик будет иметь произвольное направление скорости.

В оптике некогерентность движения атомов приводит к тому, что часть светового луча после прохождения через образец превращается в хаотическое тепловое излучение (эффект поглощения света веществом). Доля тепловых потерь возрастает по мере приближения частоты ν к значению ν_0 (1) (достаточно вспомнить темные фраунгоферовы линии в спектре Солнца, обусловленные поглощением света атомами в солнечной короне). Именно из-за сильного поглощения вблизи частот ν_0 и не удается наблюдать замедления света, соответствующего $n \gg 1$, при обычных условиях. Другое дело, если бы можно было сделать движение атомов когерентным. В экспериментах, о которых идет речь в сенсационной статье Корнелла в «Nature», это достигается с помощью дополнительного светового импульса. В такой специально приготовленной среде удалось наблюдать распространение светового импульса со скоростью $3 \cdot 10^3$ см/с, что соответствует значению $n = 10^7$. Хотя от предельного значения $v_{\min} = 0.01$ см/с еще далеко, тем не менее результат впечатляет. Однако это все-таки не тот механизм задержки света, который обеспечивает существование фотонного эха.

Когда освобожденные из плена фотоны дают эхо

Итак, взаимодействие атомного электрона со свободным резонансным ($\nu = \nu_0$) фотоном

может кончиться выселением первого в возбужденное состояние и задержанием второго. Но этот процесс занимает конечное время, в течение которого электрон блуждает между состояниями с энергиями E_1 и E_2 , а задержанному фотону приказ об освобождении то подписывается, то отменяется. Если в промежутке между подписанием приказа и его отменой фотон успеет улизнуть за пределы фотонного облака, то попытка атома возбудиться оказывается неудачной. Таких сорвавшихся с крючка фотонов в образце обычно много, и связанное с ними результирующее излучение зависит от степени когерентности переходных процессов в атомах. Если они когерентные, то и излученные фотоны формируют когерентное излучение, подобное лазерному. Полностью некогерентные процессы приводят лишь к тепловому излучению.

Есть две причины, почему когерентное излучение имеет более высокую интенсивность по сравнению с тепловым. Во-первых, когерентные фотоны максимально усиливают друг друга, поскольку их векторы электрического и магнитного полей параллельны. В случае тепловых фотонов эти поля имеют произвольную ориентацию, поэтому их среднее значение значительно меньше максимального. Во-вторых, попадание когерентного фотона в фотонное облако возбужденного атома увеличивает вероятность излучения второго такого же фотона. Поэтому интенсивность вынужденного излучения гораздо выше, чем спонтанного, что и обеспечивает работу лазеров.

Теперь у нас все готово для описания процесса формирования фотонного эха под действием оптических когерентных импульсов. Первый когерентный импульс возбуждает в атомах переходные процессы, которые так же должны быть когерентными, по крайней мере первое время после импульса. Этим

обусловлено активное последствие таких импульсов. Со временем когерентность разрушается, как и в случае спинового эха, что ведет к затуханию последствия. Однако с помощью специального второго оптического импульса, действующего подобно импульсу перемагничивания (рис.3), можно частично восстановить разрушенную когерентность. Тогда и возникает сигнал фотонного эха, аналогичного спиновому. Здесь уместно вспомнить, что на формирование фотонного эха отпущено время $\tau < \tau_m = 10^{-8} - 10^{-6}$ с (3). Через это время все возбужденные атомы испустят хотя бы тепловой фотон и создавать фотонное эхо будет некому. Откуда же берется долговременное фотонное эхо с часовыми задержками, обнаруженное Хартманом?

Дело в том, что для атомов в кристалле набор возбужденных электронных состояний оказывается гораздо более разнообразным, чем у свободных атомов. В частности, возбужденный электрон может попасть в ловушку, из которой самостоятельно сможет выбраться только через несколько минут, а то и часов. Возможность образования таких ловушек недавно обсуждалась в «Природе» в связи с большими временами жизни конденсированного ридберговского вещества [4]. Для фотонного эха это оказывается важным, если второй оптический импульс обеспечивает не только восстановление когерентности переходных процессов в возбужденных атомах, но и забрасывает возбужденные электроны в ловушки. Оттуда их можно извлечь третьим, так называемым стимулирующим импульсом. После этого они включают в переходные процессы и, восстанавливая когерентность, формируют сигнал фотонного эха (рис.5). Такое трехимпульсное фотонное эхо отделено от третьего импульса интервалом по времени не более 10^{-6} с. Но время задержки после второ-

го импульса τ_2 ограничено временем жизни электрона в ловушке, поэтому может длиться часами. Изображение на рис.2 получено с помощью фотонного эха от ионов Eu^{3+} в кристалле Y_2SiO_5 , с временем оптической памяти 3 ч. Оказалось, что это не единственная польза от фотонного эха.



Рис.5. Схематическое изображение световых сигналов при возбуждении долговременного фотонного эха с помощью трех импульсов (прямоугольники на схеме); τ — интервал времени между первыми двумя импульсами; τ_2 — интервал между вторым и третьим импульсами, длительность которого (оптическая память) может достигать нескольких часов.

Эхо-голография

Под голографией обычно понимают фотографию, позволяющую создать объемное изображение объекта. Это достигается за счет интерференции луча, рассеянного объектом (объектного луча) с другим, так называемым опорным лучом. Соответствующая интерференционная картина будет определяться не только интенсивностью света, рассеянного данной точкой объекта, но и расстоянием от этой точки до опорного луча. Будучи запечатленной на тонкую фотопленку, эта картина и называется голограммой. Свет, рассеянный голограммой, после интерференции с другим опорным лучом дает объемное изображение объекта. Впервые такой способ записи объемных изображений был предложен и реализован в 1947 г. английским физиком Д.Габором. В 1962 г. советский ученый Ю.Н.Денисюк сумел осуществить запись толстых голограмм, которые позволяют получать объемные изображения без использования опорного луча.

Следующий шаг в развитии голографии осуществил американец Х.Геретсен, использовав для записи голограммы резонансные фотоны с частотой ν_0 (1), взаимодействие с которыми увеличивает время жизни возбужденного состояния атома до 10^{-8} — 10^{-6} с (3). Это дает возможность подавать объектный и опорный импульсы с задержкой по времени, на что в 1975 г. обратили внимание Е.И.Штырков и В.В.Самарцев. Однако экспериментально реализовать эту

возможность удалось только в 1983 г. эстонским физикам А.Ребане, Р.Каарли, П.Саари. Подобный способ записи голограмм соответствует условиям формирования сигналов фотонного эха, что дало повод назвать данное направление эхо-голографией, хотя часто применяется также термин «пространственно-временная голография». Сейчас профессор Ребане продолжает свои исследования в США. На ФЭКС-2001 он сделал доклад об использовании двухфотонных переходов при записи эхо-голограмм. Такие два фотона известны под названием «пара Эйнштейна—Розена—Подольского» (сокращенно ЭПР-пара). Есть соображения, что интерферограмма, записанная с помощью ЭПР-пар, позволит при воспроизведении образов использовать квантовомеханические свойства света.

Эффекты, обусловленные конденсацией возбужденных атомов

Обсуждавшаяся выше когерентность переходных процессов в атомах под действием фотонов поддерживалась (как в случае $n \gg 1$) или восстанавливалась (как в случае фотонного эха) за счет внешнего лазерного облучения. Имеется и другая возможность обеспечить подобную когерентность — уже за счет внутренних причин. Она возникает при достаточно вы-

сокой плотности возбужденных атомов, когда расстояния между ними R меньше длины волны излучения λ :

$$R < \lambda. \quad (7)$$

При этом фотонные облака соседних атомов перекрываются и плененные фотоны обретают способность переходить от одного возбужденного атома к другому, становясь как бы их коллективной собственностью. Коллективизированные плененные фотоны не могут излучаться по одному, а только все сразу и, разумеется, когерентно. Этот эффект назвали сверхизлучением. С его помощью удастся получать импульсы излучения, сравнимые по длительности с периодом световых колебаний $T=1/\nu=10^{-14}$ с. Таким импульсам дали название фемтосекундных ($1\text{фс}=10^{-15}$ с).

Для фотонного эха фемтосекундные импульсы представляют интерес в связи с усилиями по созданию оптических компьютеров, в которых в качестве носителей информации предполагается использовать оптические импульсы. Поскольку один наносекундный импульс ($1\text{нс}=10^{-9}$ с) можно составить из тысячи пикосекундных ($1\text{пс}=10^{-12}$ с) и миллиона фемтосекундных импульсов, использование последних для записи информации намного заманчивей.

Теперь обратим внимание на то, что возбужденные атомы, объединившие плененные ими фотоны, напоминают атомы в конденсированном веществе,

объединившие свои валентные электроны. Используя эту аналогию, будем считать их конденсатом возбужденных атомов. Из-за когерентности плененных фотонов такой конденсат кроме сверхизлучения обладает еще и малым фотопоглощением, поскольку свету достаточно тратить свою интенсивность лишь на поддержание соответствующего уровня возбуждения среды. В электротехнике о проводниках со слабым поглощением говорят, что они обладают высокой электропроводностью. Аналогично можно говорить о высокой светопроводимости конденсата по сравнению с газом возбужденных атомов.

Экспериментально высокая светопроводимость конденсата проявляется в том, что возбужденные атомы имеют тенденцию «собираться» в нити с диаметром λ , вытянутые по направлению распространения света. В результате свет распространяется не по всему сечению светопровода, а вдоль таких нитей конденсированной фазы возбужденных атомов. Похожий эффект в электротехнике называется шунтированием: при параллельном соединении двух проводников с разным сопротивлением ток предпочитает из них проводник с меньшим сопротивлением. Из-за малой толщины светопроводящих нитей, «суживающей» пучок света, эффект получил название самофокусировки.

Анализу структур, которые образуют такие нити, был посвящен доклад В.И.Юкалова из Дубны (Объединенный институт ядерных исследований). Ему удалось, во-первых, связать число светопроводящих нитей с геометрическими характеристиками светопровода. Во-вторых, найти критическое число этих нитей N_c , разделяющее два типа образуемых ими структур. При $N < N_c$ в сечении светопровода нити образуют регулярную структуру, когда ближайшие расстояния между ними практически одинаковы. При $N > N_c$ эти

структуры становятся хаотическими. Эффект нарушения регулярности в расположении указанных нитей назван оптической турбулентностью.

Телепортация и телеклонирование с помощью света

Эти интригующие термины присутствовали в двух докладах, которые представили В.Н.Горбачев, А.И.Трубилко и А.И.Желиба из Санкт-Петербургского университета. Состоялась оживленная дискуссия, поскольку всем интересно было узнать, к чему эти явления ближе — к телевидению или к телепатии. Оказалось, что, с одной стороны, они выглядят проще телевидения, но с другой — столь же загадочны, как телепатия. Термином «телепортация» в упомянутых докладах названа процедура изготовления копии на значительном расстоянии от оригинала. Простейшим примером может служить пропускание лазерного излучения через два расположенных один за другим сосуда с газом из одинаковых атомов. Под действием света электроны в атомах возбуждаются. Если лазерный луч монохроматичен (имеет строго определенную частоту), то он вызывает электронные переходы только одного типа, так что все возбужденные атомы оказываются копиями друг друга. Таким образом, возбуждение атомов в удаленном сосуде подходит под определение «телепортация».

Термином «телеклонирование» авторы назвали процедуру создания многих копий вдали от оригинала (множественная телепортация). В приведенном примере это соответствует случаю, когда в ближнем сосуде возбуждается один атом, а в удаленном — много. Разумеется, для описания одиночных возбужденных атомов использовать столь вычурную терминологию вряд ли целесообразно. В упомянутых докладах обсу-

дались гораздо более сложные многоатомные системы, но обязательно квантовые. Попробуем пояснить, зачем нужна квантовость.

Напомним, что состояние объекта в квантовой механике описывается волновой функцией (а не траекторией, как в механике Ньютона). Квадрат ее модуля имеет смысл плотности вероятности. В переводе с математического языка на человеческий, предыдущее предложение означает, что при измерениях одного и того же параметра квантового объекта могут получаться разные значения. Квантовая теория претендует на предсказание вероятностей получения каждого из этих значений. Но если речь идет о копировании, то всякое упоминание о вероятности представляется неуместным, так как копия должна быть неотличимой от оригинала, как говорится, на 100%. Таким образом, даже определение понятия «копия квантового объекта» оказывается нетривиальным.

Выручает здесь то, что волновая функция как решение соответствующего уравнения Шредингера всегда существует без всяких вероятностей. Следовательно, объект можно считать копией в буквальном смысле, если он и оригинал описываются неотличимыми волновыми функциями. Но дальше, если подвергать копию и оригинал измерениям, то появятся неоднозначности, описываемые вероятностными соотношениями. Квантовые объекты — необычайно хрупкие создания, поэтому любые воздействия, в том числе и связанные с измерениями, оставляют на них следы. Отсюда вывод, что при копировании квантового объекта изготовитель не должен пытаться выяснить детали его строения, так как после любой процедуры дознания получается, вообще говоря, другой объект.

Ситуация прямо-таки противоположная тому, с чем приходится иметь дело в повседне-

ной жизни. Обычно, чем лучше знаешь устройство объекта, тем точнее получается копия. Впрочем, и здесь не обошлось без исключений. Пример — изготовление копий клеток и органов многоклеточных организмов. Эта процедура известна под названием «клонирование». Несмотря на ограниченность наших знаний о биологии клетки, клонирование уже обсуждается на нормальном научном уровне.

Возвращаясь к телепортации, отметим, что в ней действуют два участника — отправитель (представитель объекта) и получатель (изготовитель копии). Мы сознательно не говорим о содержании отправления, так как ни отправитель, ни адресат не должны проявлять излишнего любопытства, чтобы не испортить копию.

Если говорить о технических приложениях телепортации и телеклонирования, то прежде всего следует упомянуть о квантовых компьютерах, для которых основная операция — приготовление объекта с заданной волновой функцией. Судя по недавно вышедшей книге [5], это направление сулит фантастические перспективы для информационной техники. Пока вопросы, связанные со статистической интерпретацией волновой функции в науке о квантовых

компьютерах, не обсуждаются. Но когда до этого «дойдут руки», телепортация и телеклонирование должны стать одним из ее разделов.

ФЭКС — наука фундаментальная или прикладная?

Мы упомянули только о наиболее интересных с нашей точки зрения достижениях тех разделов когерентной оптики, которые обсуждались на симпозиумах по ФЭКС. Конечно, они получены по крупницам в ходе длительных, рутинных исследований, составляющих кухню этой науки. Она представляет интерес только для специалистов. Гостей же обычно интересует не кухня, а сами блюда. Мы старались показать их с лучшей стороны, давая им оценку прежде всего с точки зрения полезности для оптических методов записи и обработки информации, оптических и квантовых компьютеров и т.д.* Возможно, мы перестарались, и у читателя возникла иллюзия, будто на ФЭКС говорят только о действующих или мыслимых деталях и узлах

* И т.д. — сокращение, намекающее на то, что авторы знают больше, чем на самом деле.

для таких устройств. Эта деятельность составляет содержание прикладных исследований, когда есть конкретная цель, план ее достижения и срок выполнения.

Основная же часть докладов на ФЭКС была посвящена, как нам кажется, фундаментальным исследованиям. Вернер фон Браун так определил этот сорт научной деятельности: «Фундаментальные исследования — это то, чем я занимаюсь, когда понятия не имею о том, чем я занимаюсь». Действительно, у такого исследования не может быть определенной цели, поскольку его результаты не должны быть предсказуемы. Вместо четкого плана используется метод проб и ошибок, причем ошибок оказывается гораздо больше, чем бы хотелось. О сроках даже говорить неприлично — «служенье муз не терпит суеты». Тогда как отличить фундаментальное исследование от валяния дурака?

По-видимому, никак, пока не получится что-нибудь неожиданное. Когда же это происходит, такое валяние дурака уже называется фундаментальным исследованием. Мы надеемся, что РФФИ будет связывать ФЭКС с фундаментальными исследованиями и по-прежнему поддерживать симпозиумы этой серии. Мы заранее ему благодарны. ■

Литература

1. *Cornell E.A.* // Nature. 2001. V.409. P.461—462.
2. *Shen X., Niguyen A. et al.* // Science. 1997. V.278. P.96—100.
3. *Hahn E.L.* // Phys. Rev. 1950. V.80. P.580—584.
4. *Манькин Э.А., Ожован М.И., Полуэктов П.П.* Конденсированное ридберговское вещество // Природа. 2001. №1. С.22—30.
5. *Валиев К.А., Кокин А.А.* Квантовые компьютеры: надежды и реальность. Москва; Ижевск, 2001.

Зоология**За ящерицей с...
башенным краном!**

Результаты замечательного исследования опубликовала недавно группа зоологов из Венского университета. Собственно, собранные ими данные довольно заурядны — стандартные сведения о биологии (распределении и активности особей, характере питания) одного из малоизученных видов амазонских игуановых ящериц — *Tropidurus azureus*. Но поражает способ, с помощью которого была проведена эта работа: наблюдения велись... с башенного крана!

Дело в том, что эта ящерица-тропидурус живет в верхних ярусах первичного тропического леса. А там высота деревьев нередко превышает 30 м. Ящерицы свободно перемещаются в густых кронах и практически никогда не спускаются на землю. В обычных условиях почти нет шансов не то что понаблюдать за такими древесными животными, но даже просто их увидеть.

За два года австрийцы провели на башенном кране в общей сложности 200 ч. И что же им удалось установить? За это время они смогли пометить семь тропидурусов и пять отловить для коллекции. Ученые выяснили, что ящерицы ведут исключительно древесный образ жизни и каждая из них в переплетении сучьев имеет свой постоянный индивидуальный участок. На ночь они прячутся в дуплах, а днем собирают пищу — едят они преимущественно древесных муравьев. Обычно тропидурусы держатся на высоте около 20 м и предпочитают температуру 28°C.

Казалось бы, совсем немного узнали. Стоило ли из-за этого ехать из Австрии на другой конец Земли и тащить башенный кран в амазонские джунгли? И все-таки стоило. Навер-

ное, и это тоже необходимо для нормального развития науки. Оптимистичная в общем-то публикация.

Journal of Herpetology. 2001. V.35. №3. P.395–402 (США).

Вулканология**На острове — озеро,
на озере — острова**

В юго-западной части Тихого океана лежит гряда о-вов Тонга, образующих территорию одноименного государства. Один из них, о.Ниуафооу (16°ю.ш., 176°в.д.), — восьмикилометровый клочок суши, возвышающийся над морем на 280 м. В центре острова — два озера, заполнивших когда-то плоскодонный кратер вулкана (большая часть его скрыта под поверхностью моря); по существу весь о.Ниуафооу — вулкан. Посреди меньшего из озер, Ваи Си'и, лежит несколько островков, над которыми обычно выются облачка дыма и пара. На поверхности большего озера, Ваи Лахи, плавают скопления пемзы. Регистрировать извержения здесь начали в 1814 г., с тех пор они не раз приводили к гибели людей и разрушению деревень.

Недавно местные жители, проходя по восточному краю оз.Ваи Си'и, заметили, что уровень воды повысился на полметра против обычного, а из глубины поднимаются крупные пузыри — недалеко от берега возник новый горячий источник. Австралийский геолог П.У.Тейлор (P.W.Taylor), посетив позже этот район, установил, что уровень озера уже вернулся к норме, но горячий (80°C) источник продолжает бить. Над водой стоял сильный запах сероводорода, выделившаяся сера образовала множество грязных пятен. Сильно пострадала вся окрестная растительность, вдоль берега плавала масса мертвой рыбы.

Явлений, подобных этому, здесь не было уже более 10 лет. Теперь австралийские вулканологи с помощью местных жителей ведут постоянное наблюдение за развитием событий, чтобы в случае реальной угрозы принять меры по обеспечению безопасности людей.

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2001. V.26. №.5. P.10 (США).

География**Пожар в Антарктиде**

28 сентября 2001 г. на Британской южнополярной исследовательской станции «Ротера», расположенной на Антарктическом п-ове, возник пожар. При сильном ветре пламя быстро охватило здание биологической лаборатории. Человеческих жертв не было, но здание выгорело дотла, так что примерно одну пятую всех британских исследовательских работ пришлось прервать. Убытки составили около 3 млн долл.

На станции изучались сообщества сухопутных и морских придонных организмов при крайне низких температурах и высоком уровне ультрафиолетовой радиации, собиралась информация о процессах приспособления различных организмов к экстремально суровым условиям Антарктики, осуществлялась крупная круглогодичная программа измерений температуры, влажности и ультрафиолетовой радиации. Собранные здесь метеорологические данные, а также сведения об изменениях климата в высоких широтах Южного полушария, оказались утраченными.

Жилые постройки полярной станции, вмещающие до 30 человек, не пострадали. Руководитель Британской антарктической службы в Кембридже К.Репли (C.Rapley) заявил, что станция в полном объеме будет восстановлена в ближайшее время. Science. 2001. V.294. №5540. P.33 (США).

От общего корня

(Путь Владимира Владимировича Сахарова)

Е.Ф.Мелконова

Институт биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН
Москва

*О милых спутниках, которые наш свет
Своим сопутствием для нас животворили,
Не говори с тоской: их нет,
Но с благодарностью: были.*

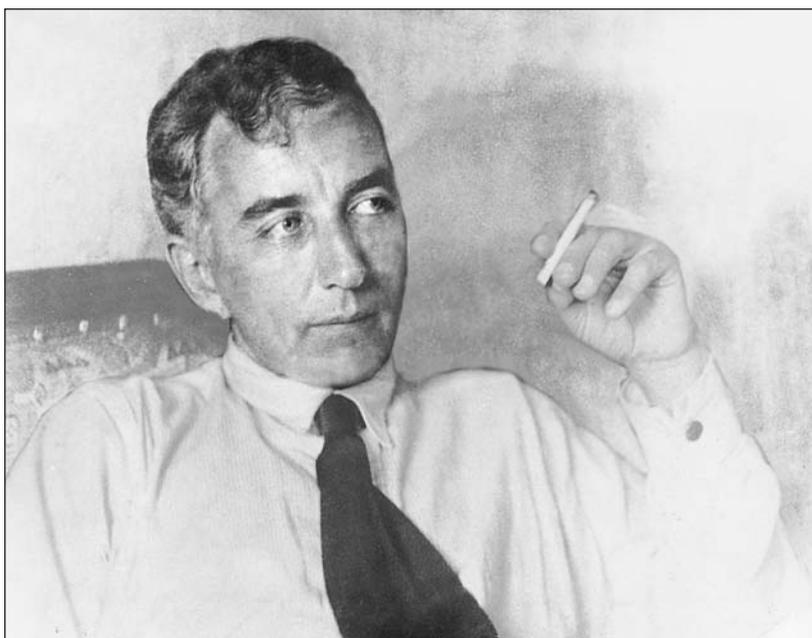
В.А.Жуковский

28 февраля этого года исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося биолога Сахарова. В 20-е годы Владимир Владимирович пришел к Николаю Константиновичу Кольцову и проработал со своим великим учителем до конца его дней. Общение с Кольцовым оставило неизгладимый след в жизни и трудах Сахарова, своими учителями он считал также С.С.Четверикова и А.С.Серебровского.

20-е годы стали расцветом биологической науки в России. Именно тогда в Институте экспериментальной биологии зародились важнейшие направления, которые превратились в самостоятельные разделы науки. Сахаров участвовал во многих исследованиях, которые проводились в те времена впервые, а впоследствии стали приоритетными и вошли в золотой фонд науки. Полный список трудов Владимира Владимировича напечатан в журнале «Онтогенез» (1998. Т.29. №4. С.258—263).

«Рыцарь полиплоидии»

С 1932 по 1938 г., работая над проблемами химического мутагенеза, Сахаров впервые установил мутагенное действие йода



Владимир Владимирович в начале 30-х годов.

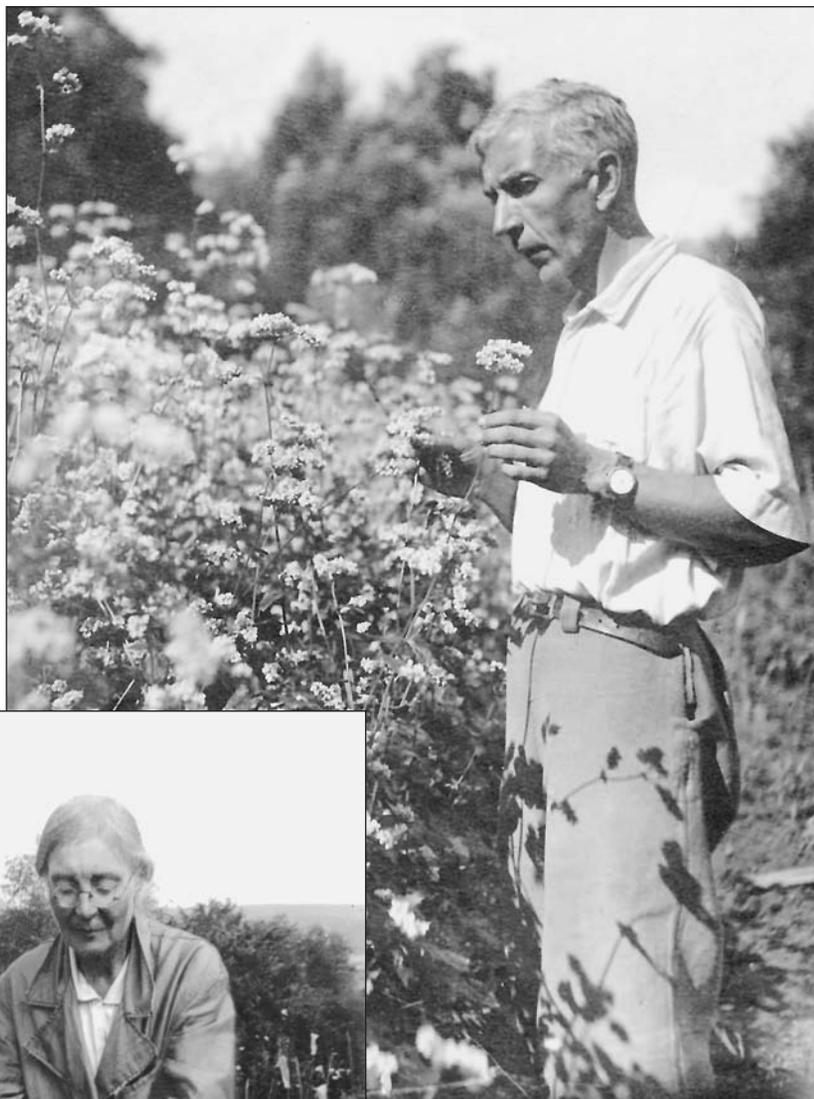
и других химических соединений на биологический организм и сформулировал идею о «специфическом воздействии мутационных факторов», показав различие природных мутаций, возникших спонтанно, и мутаций, индуцируемых химическими мутагенами. Выводы Сахарова 1938 г. о специфичности мутагенеза, обусловленного как структурой воздействующего фактора, так и особенностями орга-

низма, его работы по обнаружению роли внутренних факторов (старения, инбридинга и гибридизации) в те времена по своей значимости оказались на уровне открытия Г.Меллером (1927) мутагенного действия рентгеновских лучей на живые организмы.

Жесткий отбор, осуществлявшийся на основе открытой и честной научной конкуренции, выкристаллизовал когорту выдающихся российских биологов.

© Е.Ф.Мелконова

В те же 20-е годы в Институт экспериментальной биологии Кольцова пришел Борис Львович Астауров, впоследствии академик и основатель Института биологии развития (1967). Ранние работы Астаурова и Сахарова шли от общего корня — научной мысли Кольцова. В результате Сахаров получил тетраплоидную гречиху и ряд лекарственных растений, а Астауров — первые полиплоиды у тутового шелкопряда. В дальнейшем Сахаров и Астауров участвовали в организации и проведении первых совещаний по мутагенезу и полиплоидии растений и животных. На одной из своих книг, подаренных Сахарову, Астауров написал: «Рыцарю полиплоидии без страха и упрека».



В поле тетраплоидной гречихи (сорт «Большевик-4»). Биостанция в Кропотово. Вверху — Сахаров, внизу — В.В.Мансурова и С.Л.Фролова. 40-е годы.

Конец 30-х годов стал началом гонения на биологию. В 1939 г. Кольцов был отстранен от должности директора созданного и возглавляемого им института и 2 декабря 1940 г. умер в Ленинграде. В 1941 г., продолжая работы Кольцова, Сахаров начал изучение полиплоидов с помощью колхицина на гречихе посевной. Благодаря вовлечению в работу большого количества сортов, Сахаров совместно с из-

вестными цитологами Софьей Леонидовной Фроловой и Валентиной Владимировной Мансуровой довольно быстро получил высокоплодовитые тетраплоиды гречихи посевной. В этих трудах Сахаров, как истинный генетик, одним из первых воспользовался методом синтетических популяций, что и обеспечило успех этой работе. К 1948 г. тетраплоидная гречиха конкурировала с лучшими диплоидными сорта-

ми, но в разгар работы ее пришлось прервать: начался очередной этап государственного террора. Только к 60-м годам эта работа опять возобновилась и до сих пор продолжается в стенах Института биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН, который признан оригинатором (производителем) сорта тетраплоидной гречихи «Большевик-4».

Оставшись без работы после сессии ВАСХНИЛ 1948 г., Саха-

ров сумел продолжить и развить исследования по полиплоидии в Московском фармацевтическом институте на кафедре ботаники, которой заведовал в то время Антон Романович Жебрак. За короткий срок освоил новую для себя дисциплину и стал авторитетнейшим ботаником.

Усилиями Сахарова в Фармацевтическом институте был создан один из немногих удержавшихся в то время центров генетических исследований и образования. Под его руководством сотрудники кафедры ботаники увлеченно работали над созданием полиплоидов у ромашки кавказской, календулы, чернушки, мака, наперстянки, ибериса, кориандра, льна, калины и др. В то же время совместно с Борисом Матвеевичем Гринером и коллективом сотрудников и студентов Сахаров создает на пустыре в 5 га на левом берегу Москвы-реки, напротив Поклонной горы, Фармацевтический сад — ботанический сад лекарственных растений, — в настоящее время один из ценнейших и уникальных в стране. Сахаров заложил систематический питомник травянистых видов, развернул работы по экспериментальной полиплоидии лекарственных и пищевых растений и привлек к участию в ней студентов научного кружка, из числа которых впоследствии вышли специалисты-генетики.



С сотрудниками лаборатории полиплоидии в Фармацевтическом саду. 1968 г.

Подарок судьбы

Судьба подарила мне возможность восемь лет работать под непосредственным руководством Владимира Владимировича. Будучи студенткой МГУ, в 1962 г. я встретила этого замечательного ученого и удостоилась чести быть принятой в его доме. Забыть это общение невозможно и вновь хочется обратиться к незабываемым моментам тех лет. Вспоминается время, когда Мансурова привела меня в Институт биологии развития на ул. Вавилова, 26, в комнату №506, где сиде-

ли три человека — три кита, как потом называли их: Борис Николаевич Сидоров, Николай Николаевич Соколов и Владимир Владимирович Сахаров. Они мгновенно встали, приветствуя нас, а потом завязался непринужденный разговор.

Дружелюбная манера общения создавала какую-то особенную атмосферу в работе. В любой момент можно было позвать Соколова или Сахарова посмотреть в микроскоп, посоветоваться, что-то отрегулировать.

Замечательно умны и интересны были семинары по генетике в институте. Спорили о главном: о научных гипотезах. Эти люди, каждый по-своему, допытывались до истины, всегда присутствовала доброжелательная атмосфера. Известно, как красиво дружили Соколов, Сидоров и Сахаров.

Владимир Владимирович запомнился мне личностью с необычайно благородной, аристократической внешностью, пронзительно-голубыми и доб-



С сестрой Софьей Владимировной Хвоцинской.

рыми глазами, убеленный сединами. Вспоминается, как весной 1965 г. он писал доверенность на привоз лошади из университета для пахоты опытного поля (в настоящее время на этом месте располагается ФИАН). Покрыв прекрасную седую голову убором из чистейшего носового платка, завязанного по углам узелками, Владимир Владимирович проводил на этом поле вместе с молодыми сотрудниками лаборатории полиплоидии отбор суперэлита тетраплоидной гречихи. Неподалеку пламе-

нели оранжевые опытные участки с высокомахровыми формами календулы, синели полоски льна. Нельзя забыть времена работы в фармсаду с полиплоидами кавказской ромашки, рядами кустов калины, вспоминаются замечательные встречи с агрономом фармсада Гринером, когда он и Сахаров соревновались в поэтическом описании какого-нибудь расцветшего куста или дерева, наполняя речь цитатами из Гомера, Пушкина, Тютчева и других бесчисленных источников, которые им были

подвластны в совершенстве. В тенистой березовой рощице сада стоял длинный стол с лавками, где читались лекции студентам, а в перерывах велись беседы на отвлеченные темы, но такие же высокие по уровню и содержанию.

В те времена нас всегда радушно встречала и принимала директор сада Валентина Михайловна Родионова. Она оказывала неоценимую помощь в организации и поддержании опытных участков для демонстрации студентам.

В сентябре 1996 г. фармсад отметил свое 50-летие. В настоящее время этот диковинный, уникальный сад, руководимый Валерием Дмитриевичем Ивановым при горячем участии Натальи Георгиевны Замятиной, можно считать живым памятником Владимиру Владимировичу.

У Сахарова были незаурядные педагогические способности. Он преподавал на всех этапах своей научной деятельности везде, где представлялась возможность. Он обладал блестящей речью, памятью, эрудицией, умением донести свою мысль до слушателей. В годы гонений на генетику Владимир Владимирович устраивал факультативные кружки, где молодежь могла приобщаться к генетическим знаниям. Когда открылась возможность возрождения генетики, он отдал много сил работе в комиссиях по составлению новых учебных программ, входил в состав редакционной коллегии журнала «Биология в школе», был приглашен профессором в МГУ и Тимирязевскую сельскохозяйственную академию, работал в редакциях БСЭ, Большой философской и Большой медицинской энциклопедий.

В 1956 г. президент старейшего Общества испытателей природы Владимир Николаевич Сукачев поддержал инициативу Сахарова создать там секцию генетики. Астауров стал председателем, Сахаров — заместителем, а с 1966 г. до последних дней — председателем. Секция

развернула фантастический по своей авторитетности объем работ по пропаганде генетических знаний. Был организован полный курс лекций по общей генетике, выступали известнейшие ученые, лекции проходили в переполненном зале. Мне повезло стать свидетелем кипучей деятельности Сахарова. В те времена работа в МОИП была главной целью его существования: он формировал программу заседаний, договаривался с докладчиками, лично обзванивал всех участников. Для него были характерны необычайная пунктуальность и обязательность. Уже будучи больным, он не пропускал лекции и заседания, не отменял запланированного и не перекладывал работу на плечи других. На заседание Сахаров приходил всегда первым. По-московски радушно, стоя у входа в большую зоологическую аудиторию на ул.Герцена (теперь Б.Никитская), приветствовал каждого входящего рукопожатием, непременно смотря в глаза. Он знакомил молодежь с выдающимися учеными, вводил молодых в мир науки, как в храм. Он возрождал генетику, обогащая непосвященных, служил ей верно, красиво, правдиво, давая новый импульс, поэтому люди разных возрастов, званий, рангов тянулись к нему.

Сахаров был всесторонне образованной личностью, с тонким знанием и пониманием искусства, прекрасно разбирался в музыке. В доме Сахаровых часто бывала и пела Обухова. Двоюродный брат Владимира Владимировича Матвей Иванович Сахаров был аккомпаниатором Обуховой. Неоднократно по просьбе Кольцова великая певица пела в Институте экспериментальной биологии и на квартире Кольцова.

Сахаров относился к числу необыкновенно общительных людей. Его дом был настоящим хлебосольным московским домом, сохранившим старые московские традиции. После рабо-

ты научная жизнь продолжалась на квартире Владимира Владимировича, где обсуждались самые животрепещущие проблемы. Особо хочется отметить роль в жизни Сахарова его родной сестры Софьи Владимировны Хвоцинской, которая приняла на себя все хлопоты домашней жизни. И после кончины Владимира Владимировича в течение более двух десятков лет в этот дом продолжали приходиться все помнящие Сахарова.

Последние годы Владимир Владимирович был слаб, но каждый день вовремя приходил на работу. По окончании рабочего дня просил кого-нибудь из молодых людей взять «таксишку», куда усаживал Мансурову, меня и еще кого-нибудь, кому надо было ехать до метро. По пути он не пропускал возможности рассказать об особенностях архитектуры, истории мелькавших за окном зданий: Президиум АН СССР, Градские (Голицинские) больницы, клиника князя Щербатова, Французское посольство (особняк Игумнова), церковь Иоанна Воина, Пашков дом.

Сахаров был всесторонним, и широким биологом, его научно-популярная брошюра «Организм и среда» показывает глубину размышлений над философскими проблемами биологии. Он мечтал написать книгу, но жизнь распорядилась по-иному.

Владимир Владимирович умер 9 января 1969 г. В последний путь Сахарова провожала вся знавшая его Москва. Потеря оказалась невосполнимой и ощущается и в наши дни. На гражданской панихиде от Отделения общей биологии АН СССР выступил академик Астауров*. По его инициативе Президиум МОИП учредил ежегодные Сахаровские чтения, которые проводятся и поныне.

* Его речь была записана Э.В.Раткиным на магнитную пленку и позднее расшифрована В.Ю.Мелконовым. Отрывки из нее (без исправления оборотов, характерных для устной речи) я воспроизвожу с разрешения Натальи Борисовны Астауровой.

Астауров — о Сахарове

Я знал Владимира Владимировича более чем 40 лет. И по крайней мере 20 лет из этих 40 мы стояли с ним во всех жизненных коллизиях плечом к плечу. Отрадно было чувствовать рядом с собой твердый локоть человека, на которого во всем можно было положиться, как на самого себя, а может быть, и лучше.

Я помню Владимира Владимировича со студенческих лет, когда я был студентом первого университета, а он второго. Помню его черноволосям юношей. Мы посещали с ним общие практикумы Николая Константиновича Кольцова, слушали вместе прекрасный курс биометрии Сергея Сергеевича Четверикова в малой патологоанатомической аудитории, в том музее, куда он приходил в своей старенькой солдатской шинели. Встречались в летние месяцы на биостанциях у Москвы-реки, где Владимир Владимирович работал у Серебровского на Липовской станции, а я — в километре от него — на гидробиологической станции, с Казанского вокзала. Потом встречались уже мы, когда он стал зрелым научным работником и исследователем, делающим свои лучшие работы, в 30-е годы, в Институте экспериментальной биологии Кольцова на Воронцовом поле. Потом был страшный предвоенный год, когда мы потеряли своего общего учителя. Именно на нас с Владимиром Владимировичем и Иосифа Абрамовича Рапопорта лег тяжелый и почетный долг привезти тела Кольцова и Марии Полиевктовны Садовниковой-Кольцовой (она ушла из жизни в день кончины своего мужа. — Е.М.) из Ленинграда в Москву и затем перенести страшный путь похорон. Потом я уже помню Владимира Владимировича таким, каким знает его большинство из вас, заслуженным гене-

тиком, рано поседевшим, но до последних дней молодого душой.

Владимир Владимирович, я думаю, стоит вслед за нашими учителями, основоположниками генетики Кольцовым, Вавиловым, Серебровским, Четвериковым, Филипченко, в первой десятке их последователей. Он являлся одним из наших виднейших генетиков. Многим из нас его научные заслуги известны. Он в начале 30-х годов установил явление химического мутагенеза, когда эти вопросы были в центре внимания. Вскоре после того как был открыт радиационный мутагенез, он сделал замечательную работу о специфичности мутагенного действия, отличающего радиацию и химические агенты, показав, что оба эти мутагена не только ускоряют весь мутационный процесс, но и вносят в него определенную специфику. Этот факт имеет принципиальное значение. Он работал в области медицинской генетики, о чем немногие знают, исследовал явление с генетической точки зрения эндемического зоба в Средней Азии, работал в Химическом обществе.

Затем, после войны, он стал широко известным своими работами в экспериментальной полиплоидии, прекрасными работами по выведению полиплоидной гречихи, сделанными Мансуровой и нашим крупнейшим цитологом Фроловой. Напомню его работы, прекрасные работы по сравнительной чувствительности к радиации диплоидов и полиплоидов, об открытии вместе с его учениками явления широкой внутривидовой изменчивости по признаку радиорезистентности.

И можно было бы назвать много, много еще значительных работ. Но значение Владимира Владимировича в развитии, прогрессе нашей науки отнюдь не ограничивается тем, что он внес в область конкретных исследований как генетик-экспериментатор. Владимир Влади-

мирович, в особенности после 48-го года, нес огромную пропагандистскую научно-общественную работу. Он нес ее бесстрашно в обстановке трудных для биологии лет. Сразу же после 48-го года он вынужден был перенести свою деятельность в Фармацевтический институт, где читал курс ботаники на кафедре, которой заведовал Жебрак, и вот там-то, в тот момент, когда генетика всюду, научная генетика была ликвидирована и когда в Ленинградском и Московском университетах преподавались не науки, а научные догмы, в этот момент Владимир Владимирович превратил свой курс ботаники в курс генетики. Создал кружок, собрал молодежь, и многие-многие студенты и молодые люди, прошедшие школу Владимира Владимировича там, работают теперь в разных уголках нашей страны.

Несколько позже Владимир Владимирович развил огромную деятельность, скромно, незаметно, стоя на втором плане, а практически будучи главной пружиной, в секции генетики Московского общества испытателей природы. Она стала вторым центром, живым центром генетической жизни. Здесь были курсы организованы, на которых читали видные генетики лекции, здесь делались доклады, без всякой скидки на время, на обстановку.

При участии Владимира Владимировича были созваны конференции, первая конференция по полиплоидии, а затем вторая конференция при МОИП по экспериментальному мутагенезу. Те, кто участвовал в этих конференциях, в особенности в последней, знают, что они по существу, в этот период безвременья явились на наш всесоюзный съезд по генетике. Значение его было очень велико.

Но и если не перечислять все отдельные работы, все те курсы, которые читал Владимир Владимирович, то основной, может быть, его вклад вы-

соко образованного человека, высоко эрудированного генетика, доброжелательно отдающего все свои знания, — в общении, постоянном общении, с молодежью в особенности. В этом отношении можно с уверенностью сказать: Сахаров не имел себе равных. И в последние годы, наконец нужно отметить, тогда, когда следовало бы ему беречь себя как можно больше, когда все мы, его близкие товарищи, каждую минуту призывали его к этому, одергивали его, просили не тратить силы на то, что может сделать другой, на относительно второстепенные вещи, Владимир Владимирович безудержно, расточительно отзывался на всякую малейшую просьбу, он разъезжал по всем городам нашей страны, читал популярные лекции, оппонировал на всех кандидатских диссертациях, каких только можно было. Вот так-то его облик как ученого-общественника. И все это он делал, оставаясь как бы на втором плане, не придавая никакого значения ни званиям, ни титулам. Докторскую степень он ведь получил совсем недавно, лет через 35 после того, как она могла бы быть ему вполне законно присуждена.

Я мог бы говорить о Владимире Владимировиче и должен был бы говорить о нем много как просто о человеке, потому что человек этот был очень незаурядный, даже во многих отношениях выдающийся. Должен был бы сказать о его поразительной человечности, об оптимизме его, о том, что в каждом человеке он как-то мог видеть одни положительные стороны, слышать только разумное, и сам говорил о каждом только хорошее. Редко-редко можно было услышать от Владимира Владимировича слова критики и осуждения. Вот это привлекало широко к нему людей, и круг его знакомых, почитателей, друзей, учеников огромен. ■

Новости науки

Астрономия

Из какого «сора» рождаются звезды

Неожиданное открытие сделали итальянские астрономы из Падуанской обсерватории во главе с Р.Граттоном (R.Gratton), изучая шаровое скопление NGC 6752. Оно находится на расстоянии 13 тыс. световых лет от нас, в созвездии Павлина, которое на небе Южного полушария можно видеть в простой бинокль. Этот «сгусток миров» имеет в поперечнике примерно 100 тыс. световых лет.

Для наблюдений итальянские ученые использовали высокочувствительный спектрограф 8.2-метрового телескопа Кюйен, входящего в комплекс Очень большого телескопа (VLT), построенного западноевропейскими странами в Чили. Астрономы поставили своей задачей получение данных о химическом составе 18 карликовых звезд из NGC 6752, каждая из которых величиной примерно с Солнце. Так как звезды этого шарового скопления образовались, видимо, одновременно из одного и того же исходного вещества, можно было ожидать, что спектральные характеристики у них одинаковые. Но, к своему удивлению, ученые обнаружили, что эти характеристики очень сильно разнятся между собой.

У гигантских звезд такое различие объяснить довольно легко: в их недрах благодаря высочайшей температуре все вещество активно перемешивается, а отходы ядерного сгорания выбрасываются на поверхность. В карликовых звездах ничего подобного быть не может — там температура для этого недостаточна. Откуда же берется странное разнообразие в составе их поверхностного слоя? Заме-

чено, что те карликовые звезды, в которых кислород присутствует в довольно большом количестве, обеднены натрием; аналогичная зависимость существует между магнием и алюминием. Известно, что натрий и алюминий возникают на поздних этапах эволюции звезд, когда кислород и магний уже практически полностью выгорели. Отсюда делается вывод, что «карлики» позаимствовали свои относительно тяжелые элементы из горячих и массивных звезд, эволюционировавших крайне быстро и закончивших свое развитие миллиарды лет назад, когда все скопление было еще молодым.

В процессе перемешивания и переработки вещества из центральных частей массивной звезды перемещалось к ее поверхности. Позднее уже умирающая звезда сбросила этот поверхностный слой, который образовал планетарную туманность — обширную, медленно расширяющуюся газовую оболочку, «загрязняющую» все межзвездное пространство в шаровом скоплении и даже близлежащие звезды. Авторы исследования полагают, что масса звезды на 10—30% может возрасти за счет такой «вселенской грязи».

Раньше процесс «загрязнения» звезд никогда не наблюдался, разве только в двойных системах, где оба компонента обращаются вокруг общего центра масс вблизи друг от друга. Вообще в Галактике звезды разбросаны на слишком большие расстояния, чтобы перехватывать вещество, выброшенное стареющей звездой, прежде чем оно медленно рассеется в пространстве. Но в массивных шаровых скоплениях объекты расположены намного ближе друг к другу, и их силы тяготения в состоянии «попридержать» значительную часть кос-

мической «грязи» при себе, а затем пополнить ею молодые звезды.

Открытие вызвало живейшую дискуссию среди специалистов; все, однако, согласны, что требуются новые наблюдения за процессами в шаровых скоплениях. Science. 2001. V.291. №5511. P.2067 (США).

Астрономия

Гибель красного гиганта порождает условия для жизни

В задачи американского спутника «SWAS» («Submillimeter Wave Astronomy Satellite»), находящегося на низкой околоземной орбите, входит измерение количества кислорода, углерода и воды в газовых облаках, заполняющих Галактику.

Недавно, когда в расписании наблюдений образовался пробел, бортовые приборы этого ИСЗ были временно нацелены на звезду CW в созвездии Льва, находящегося в 400 световых годах от Солнечной системы. Эта звезда — красный гигант, чей жизненный цикл уже завершается. Предполагалось, что в окружающем звезду пространстве может содержаться лишь крайне незначительная масса воды. Однако, к удивлению астрономов, приборы зафиксировали в 10 тыс. раз большее ее количество, чем представлялось возможным.

Единственная причина состоит в том, считает руководитель эксперимента Д.Нойфелд (D.Neufeld; Университет им.Дж.Хопкинса, Балтимор, США), что вода выделилась при внезапном таянии бесчисленного множества ледяных комет, обращающихся вокруг этой звезды. Подобный «хоровод» небесных тел аналогичен поясу Койпера, окружающему Солнечную систему за орбитами Нептуна и Плутона.

Последние «конвульсии» звезды CW Льва сопровождаются ее колоссальным расширением, связанным с истощением ядерного топлива. При этом диаметр звезды уже достиг размеров, сравнимых с расстоянием между Юпитером и Солнцем, а ее яркость возросла в 5 тыс. раз относительно прежней нормальной величины. Именно это и привело к бурному испарению льда на всех небесных телах, находящихся вокруг CW Льва на расстояниях в 10–100 раз больших, чем дистанция между Землей и Солнцем. Если кометы, составляющие пояс Койпера, становятся активными, только попав в район, сравнительно близкий к Солнцу, которое их разогревает, то резкое увеличение светимости звезды CW заставило испаряться даже те кометы, которые двигались вдали от звезды и никогда прежде не подвергались нагреву.

Такой редко наблюдаемый процесс помогает представить, что может ожидать и нашу Солнечную систему в момент ее неизбежной «кончины», который наступит примерно через 6 млрд лет.

Однако научное значение данного открытия этим не ограничивается. Впервые установлено, что наша планетная система не единственная с гигантским содержанием воды — вещества, необходимого для возникновения и поддержания жизни (по крайней мере в том виде, в каком мы ее знаем). Таким образом, астробиология получила в свое распоряжение важнейший факт: именно вода кометно-ледяного происхождения способна образовать атмосферы, моря и океаны, которым предстоит стать колыбелью жизни на далеких планетах.

Science. 2001. V.293. №5526. P.407 (США).

Планетология

Детали на поверхности Цереры

Церера (крупнейшее тело Главного пояса астероидов, расположенного между орбитами Марса и Юпитера) была открыта 1 января 1801 г., но лишь два века спустя

астрономы наконец-то получили представление о том, как выглядит ее поверхность.

С помощью Космического телескопа Хаббла группа наблюдателей под руководством Дж.Паркера (J.Parker; Юго-Западный исследовательский институт, США) получила снимки Цереры в ультрафиолетовых лучах, в которых телескоп имеет максимальное угловое разрешение. Предшествующие наземные наблюдения с трудом позволяли различить только диск Цереры. Благодаря «Хаббл» на диске впервые удалось разглядеть детали размером до 50 км; впрочем, их на сфотографированной стороне астероида оказалось совсем немного. Выделяется лишь одно темное округлое образование поперечником около 250 км. Природу пятна Паркер и его коллеги назвать затрудняются, хотя по некоторым признакам можно полагать, что это большой кратер. На основании имеющихся данных исследователи утверждают: темное пятно на снимке действительно отвечает какой-то детали на поверхности Цереры, и, не дожидаясь выяснения его природы, предлагают присвоить ему имя первооткрывателя Цереры — итальянского астронома Джузеппе Пиацци (1746–1826).

По результатам своих наблюдений Паркер с соавторами вычислили точные размеры астероида — его наибольший и наименьший диаметры в момент наблюдений равны 968 и 932 км.

Astronomical Journal. 2002. V.123. №1. P.549–557 (США).

Изменение T_c сверхпроводящего перехода в фуллеритах по мере расширения их кристаллической решетки.

Физика

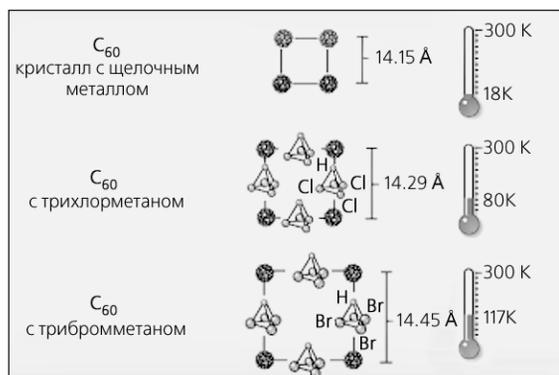
Новый рекорд критической температуры для сверхпроводящего перехода в фуллеритах

Ученые компании «Белл» (США) установили новый рекорд критической температуры сверхпроводящего перехода в фуллеритах (фуллеренах C_{60} , насыщенных галогенпроизводными метана). Расширяя решетку монокристаллов фуллеритов путем введения трибромметана (CBr_3) и дополнительно инжестируя носители заряда через электрод, они установили, что при концентрации носителей 3–3.5 на молекулу C_{60} материал переходит в сверхпроводящее состояние при температуре $T_c=117$ К. В другом кристалле — «разбавленном» трихлорметаном ($CHCl_3/C_{60}$), — при инъекции носителей той же концентрации достигнута $T_c=80$ К. Измеренные параметры решеток составили 14.45 Å и 14.29 Å соответственно. Интересно, что в монокристаллах фуллеритов, легированных щелочным металлом, параметр решетки 14.15 Å и $T_c=18$ К.

По мнению авторов¹, при дальнейшем расширении кристаллической решетки на 1% (если удастся не допустить ее разрушения) T_c можно поднять до 150 К.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/p117/index/html>

¹ Science. 2001. V.293. №5535. P.1570.



Техника

Нанотрубки в портативной аккумуляторной батарее

Специалисты японской компании «Nippon Electric Corporation» разработали топливную ячейку для мобильных терминалов (например, для мобильных телефонов), где в качестве электродов используются углеродные нанотрубки. Энергоемкость такого элемента в 10 раз превышает энергоемкость литиевой батареи. Персональный компьютер, питаемый от батареи топливных элементов, сможет работать непрерывно в течение нескольких дней, что и подтвердили испытания, проведенные совместно с Институтом исследований и инноваций и Корпорацией науки и технологии Японии.

Принцип работы топливного элемента основан на прямом преобразовании энергии химической реакции между водородом и кислородом в электрическую.

Мотивом использования нанотрубок в качестве электродов для топливного элемента послужили такие свойства нанотрубок, как чрезвычайно большая площадь поверхности и проницаемость для газа и жидкости.

<http://perst.isssph.kiae.ru/inform/perst/p117/index/html>

Зоология

Кастрация и половой каннибализм у пауков

Явление полового каннибализма (т.е. поедания самкой самца до, во время и после спаривания) хорошо известно у пауков¹. В наибольшей степени оно выражено у пауков-сетестоителей (кругопрядов, теридиид, линифиид и др.), но наблюдается и у бродячих форм.

¹ См., напр.: Половой диморфизм и каннибализм у пауков // Природа. 1991. №11. С.111; Зачем паукам карликовые самцы // Там же. 1992. №9. С.108—109; Еще раз о карликовых самцах пауков // Там же. 1994. №3. С.120—121.

Мелкие пауки рода *Tidarren* (семейство Theridiidae) интересны тем, что у взрослых самцов не два, как положено, а только один палец (копулятивный орган). Дело в том, что перед заключительной линькой паук, прежде чем стать взрослым, ампутирует один из пальпосов. Размеры тела паука столь невелики, что два громоздких пальпоса на коротеньких «ножках» просто не смогли бы разместиться перед головогрудью! Этот факт давно известен.

Более детальные исследования проведены Б.Кнофлах (Инсбрукский университет, Австрия) и йеменским энтомологом-опителем Аван Хартемом². Они описали новый вид *Tidarren argo sp.n.*, обитающий в банановых плантациях Йемена. Биология нового вида совершенно необычна.

Итак, через 2—3 ч после предпоследней линьки будущий самец поднимает один из своих пальпосов и приклеивает к нитям линочного убежища. Повиснув на пальпосе, паук начинает вращаться, в результате чего «ножка» пальпоса перекручивается, отрывается и остается на паутине. Затем самец исполняет своеобразный ритуальный танец: производит вибрации телом и движения ногами, а также обегает самку вокруг несколько раз, временами прикасаясь к ней. В момент спаривания, которое происходит на отдельной паутинной нити, мелкий, почти карликовый самец (длина его тела менее половины длины тела самки) повисает на втором пальпосе, вставленном в гениталии самки. Самка начинает вращаться, и этот палец довольно быстро отламывается. Любопытно, что палец способен к самостоятельным копулятивным движениям (подобное было известно лишь у головоногих моллюсков). Половые пути самки остаются заблокированными в течение нескольких часов — до тех пор, пока она сама не вытщит «затычку». Лишь после этого,

² *Knoflach B., Harten Avan // J. of Zoology. London. 2001. V.254. №4. P.449—459.* Ранее те же авторы изучили другой вид (*J. of Natural History. 2000. V.34. P.1639—1659*).

обычно уже на следующий день, самка готова к повторному спариванию с другим самцом.

После отделения пальпоса самец нужен самке лишь в качестве дополнительного питания, и она приступает к нему не после, а уже во время спаривания.

К сожалению, до сих пор удалось детально изучить биологию только двух видов рода *Tidarren*. Интересно, что нового преподнесут нам дальнейшие исследования?

© К.Г.Михайлов,

кандидат биологических наук
Москва

Биохимия

Без NO светлячкам не обойтись

Жуки-светляки испускают мерцающий свет, чтобы привлечь партнера и продолжить свой род. Это явление, названное биолюминесценцией, изучается давно и загадки во многом уже не представляет¹. «Фонариком» служат фотоциты — находящиеся в брюшке насекомого специализированные клетки, наполненные белком люциферинном. Когда благодаря ферменту люциферазе он окисляется кислородом, возникает световая вспышка. Однако механизм включения «лампочки» оставался непонятным, поскольку нервное окончание, сигнал от которого должен запускать этот процесс, непосредственно с фотоцитами не контактирует.

Энтомолог Б.Триммер (B.Trimmer; Тафтовский университет, Медфорд, штат Массачусетс, США) обратил внимание на сходство этих клеток у взрослых светлячков с клетками, в которых образуется оксид азота (NO) у гусениц. Биохимические анализы показали, что и в излучении света жуками, и в синтезе NO гусеницами активно участвует один и тот же фермент.

Чтобы окончательно доказать важную роль NO в возникновении

¹ Бровка ЛЮ., Угарова НН. Тайны и загадки «живого» света // Природа. 1998. №2. С.16—24.

«живого» света, Триммер с коллегами поместили светлячков в закрытый контейнер с повышенным содержанием оксида азота в воздухе, и насекомые стали светиться непрерывно. Оставалось выяснить, работает NO внутри «фонарика» или действует на включающий его нерв извне. Исследователи удалили нерв (большая часть брюшка насекомого сохранялась при этом в целостности) и ввели NO в отделенную от организма «лампочку» — она тут же загорелась. При добавлении же антагониста оксида азота свечение прекратилось (несмотря на активное стимулирование нервным сигналом). Стало ясно, что включает «живой» свет именно NO.

О механизме его работы можно судить по устройству клеток «фонарика». Весь орган состоит из воздухопроводов — трахей, клетки которых со всех сторон окружены фоточитами. Внутри каждого из них митохондрии скапливаются вдоль края, ближайшего к клеткам трахеи. Триммер предполагает, что «лампочка» бывает выключена, если митохондрии перехватывают кислород и потому люциферин не может окислиться. Вспышка же, по мнению фармаколога У.Сессы (W.Sessa; Йельский университет, Нью-Хейвен, штат Коннектикут, США), возникает тогда, когда концентрация NO в клетках трахеи возрастает и оксид азота диффузно покрывает митохондрии: на короткое время они перестают захватывать кислород и тот идет на окисление люциферина. Так что для работы «фонарика» нервный импульс светлячкам не нужен, достаточно оксида азота — одного из универсальных регуляторов метаболизма. Science. 2001. V.292. №5526. P.2413, 2486 (США).

Этология

У львиц царит «демократия»

Среди млекопитающих, которые живут семейными группами, только доминирующая самка обычно приносит потомство, другим же она препятствует в этом. В результате подчиненные самки

чаще всего становятся помощницами матери или сестры в выращивании детенышей.

Иное поведение в прайдах¹ львов обнаружили американские зоологи во главе с К.Пакером (C.Paker; Университет штата Миннесота в Туин-Сити). Около 35 лет наблюдая за этими животными в Национальном парке Серенгети (Танзания), они проследили в 31 прайде судьбу всех львят, достигших хотя бы годовалого возраста. В результате выяснилось, что большинство детенышей, судя по их ДНК, принадлежат главенствующему самцу. С другой стороны, оказалось, что в таких группах практически не бывает «львиц-цариц»; все самки имеют примерно равные возможности принести потомство и выкормить его. Объясняется это, по мнению руководителя исследований, хорошей «вооруженностью» животных: в случае конфликта самки своими клыками могут нанести друг другу смертельные раны, так что было бы слишком рискованно препятствовать потомству. Количество же детенышей в разных прайдах может существенно отличаться друг от друга. В иных самки приносят лишь по одному или два львенка в год, в других — по три или четыре, а иногда больше.

Важно, что самка не отказывается другой в охране и уходе за своими детенышами, что заметно увеличивает степень их выживаемости.

Science. 2001. V.293. №5530. P.589, 690 (США).

Экология

Воздушный бассейн Индийского океана загрязняется

До недавних пор наиболее загрязненной считалась атмосфера над Северной Америкой и Европой, где выбрасывается большинство продуктов сгорания ископае-

мых топлив. Однако в последние десятилетия Азия начала «догонять» по этому показателю более промышленно развитые регионы. Помимо развития индустрии и роста численности населения существенную роль здесь (особенно в Индии и Китае) играет сжигание дров, сельскохозяйственных отходов и продуктов жизнедеятельности. Индикатор горения таких топлив — отношение содержания в воздухе метил-цианида (CH₃CN) и СО.

Недавно опубликованы результаты исследования атмосферы к югу от Юго-Восточной Азии в рамках международного проекта INDOEX (Indian Ocean Experiment)¹ в зимний сухой сезон, с января по март 1999 г. (В это время года здесь господствуют северо-восточные ветры, и конвекция над континентальными источниками загрязнения воздуха уменьшается, из-за чего продуктов сгорания в верхние слои атмосферы поступает значительно меньше.) В наблюдениях участвовали наземная Климатологическая обсерватория Каашидху (Мальдивы), самолеты-лаборатории и научно-исследовательские суда. Выяснилось, что отношение содержания CH₃CN и СО близко к величинам, полученным при сжигании топлив растительного и животного происхождения в лабораторных условиях. Это означает, что 60—90% содержания СО в атмосфере региона обусловлено сжиганием таких топлив.

По содержанию аэрозолей (не менее 85% из которых антропогенные) область исследований сравнима с пригородными районами Европы и Северной Америки; причем концентрация сажевых аэрозолей здесь выше, что способствует поглощению солнечного излучения и в результате ведет к изменению климата.

В наибольшей степени атмосфера загрязнена над Бенгальским заливом. Потоки воздуха отсюда поступают в остальную часть Индийского океана главным образом

¹ Прайд — устойчивая группа из нескольких родственных самок с детенышами и вожака-самца; нередко в прайде бывает два-три самца.

¹ Загрязнения атмосферы над Индийским океаном // Природа. 2000. №10. С.65.

в феврале; в марте же сюда приходят воздушные массы из пустынь, находящихся к северу от Аравийского моря, — они относительно чистые, но несут частицы пыли.

Таким образом, в период зимнего муссона выброс загрязняющих веществ в Южной и Юго-Восточной Азии значительно ухудшает качество атмосферы в этом считавшемся до сих пор чистым регионе площадью более 10 млн км². Если не остановить столь пагубную тенденцию, чистого воздуха не останется во всем Северном полушарии.

Science. 2001. V.291. №5506. P.1031 (США); <http://www.c4-ucsd.edu>

Геология

Грязевые вулканы Средиземноморья

За последнее время на дне Средиземного моря, в его восточной части, было открыто большое количество грязевых вулканов¹ — так геологи называют крупные конические холмы с кратером-воронкой на вершине и уходящим в глубину каналом, из которого выделяются газы и вода, смешанная с грязью (илисто-глинистыми осадками); иногда это происходит с бурными взрывами, что и роднит такое явление с извержениями обычных вулканов. Возникают грязевые вулканы в результате мощного сжатия мелкозернистых пород — чаще всего глины, насыщенной сопочной брекчией и водой, которая смешана с газообразными углеводородами. Такая смесь образует полужидкую кашу, выдавливаемую наверх в виде пузырящегося потока. Со временем в ходе повторяющихся извержений на дне образуется множество метровых куполов и «лепешек» слежавшейся грязи, нередко пронизанных нефтяными продуктами. Замечено, что чаще всего такие образования можно найти на поверхности аккреционных призм, возникающих

в процессе субдукции (погружения одной литосферной плиты под другую).

Грязевые вулканы, обнаруженные в восточной акватории Средиземного моря, теперь нанесены на подробные карты подводного рельефа. В этом регионе аккреционные комплексы появляются в результате того, что Африканская плита земной коры поддвигается под Евразийскую. Геофизику Копфу (Kopf) с сотрудниками удалось определить объем пород, включенных в эти образования, и степень их пористости. Выяснилось, что купола грязевых вулканов наиболее часто встречаются ближе к Евразийской плите, где силы сжатия особенно велики, а «лепешки» — около Африканской, где давление заметно ниже.

Поток жидких материалов из грязевых «лепешек» достигает больших величин, чем из вулканов. Исследователи пришли к выводу, что прежние оценки интенсивности жидких потоков в зонах погружения плит земной коры были, вероятно, занижены.

Earth and Planetary Science Letters. 2001. V.189. P.295 (США).

Геофизика

Как противостоять цунами?

Энергия, переносимая катастрофическими волнами цунами, настолько велика, что человечеству не просто ей противостоять. Только в 90-х годах истекшего века на Земле произошло 11 крупномасштабных событий подобного рода, которые унесли более 4 тыс. человеческих жизней и причинили убытки в сотни миллионов долларов. Еще около 70 цунами за тот же период имели менее катастрофические последствия, но и они не прошли бесследно для людей и экономики, главным образом в странах так называемого Тихоокеанского огненного кольца, хорошо известного своей высокой сейсмической и вулканической активностью. Согласно подсчетам специалистов Национального центра геофизических данных

США (Боулдер), более 80% всех цунами мира вызываются подводными землетрясениями в Тихоокеанском регионе, в зонах столкновения гигантских плит земной коры.

Не в состоянии устранить цунами, люди пытаются различными способами смягчить их губительное воздействие. Эту цель поставило Национальное управление США по изучению океана и атмосферы, приступив к развертыванию системы DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis). Первые автоматические цунами-станции уже работают в северной части Тихого океана, в Аляскинской зоне субдукции. Возбуждаемые здесь (в результате погружения одной литосферной плиты под другую) могучие волны могут, продвигаясь со скоростью до 700 км/ч, представлять серьезную угрозу Гавайским о-вам и западному побережью США (штатам Вашингтон, Орегон, северной части Калифорнии).

Каждая цунами-станция снабжена донным регистратором давления, которое соответствующим образом меняется в случае прохождения мощной волны. Зафиксировав ее движение, станция передает акустический сигнал на буй, находящийся на поверхности; с буя радиосигнал поступает к искусственному спутнику Земли, а оттуда — к наземным станциям, которые ретранслируют его в Ситл, в распоряжение Тихоокеанской лаборатории по изучению морской среды (именно ее коллектив и разработал всю эту систему). Одновременно информацию получают и станции раннего оповещения о цунами, расположенные на Аляске (от Берингова пролива до Алеутских о-вов) и на Гавайях.

Еще две такие станции работают в районе штата Орегон, вблизи Каскадной зоны субдукции, где, по мнению специалистов, мощные цунами можно ожидать в ближайшие десятилетия. По геологическим данным, катастрофические цунами случаются здесь раз в несколько столетий. В августе 2001 г. вступила в строй шестая по счету станция в глубоководной зоне Ти-

¹ См. также: Лимонов АФ, Иванов МК. Грязевые вулканы, глиняные диапиры: новые геологические открытия в Черном и Средиземном морях // Природа. 1994. №2. С.63—67.

хого океана у Южной Америки. Эта область печально знаменита тем, что 23 июня того же года там произошло сильное землетрясение, породившее цунами, которое обрушилось на южное побережье Перу. Наблюдениями данной станции в той или иной мере охвачены также побережья Японии, Гавайских о-вов и западных районов Латинской Америки.

Параллельно рассматривается проект создания всемирной системы TROIKA (Tsunami Redaction of Impact through Key Action), который предусматривает развертывание аналогичной сети в южной части Тихого океана, в Атлантике у побережья Португалии (в памяти ее жителей до сих пор сохраняется страшное цунами 1755 г., уничтожившее почти весь Лиссабон и унесшее 60 тыс. жизней); в Эгейском море и, возможно, в Мраморном и Черном морях.

Science. 2001. V.293. №5533. P.1253 (США).

Вулканология

Дегазация вулканов

В юго-западной части о.Хоккайдо (Япония), на берегу залива Утиура, находится один из наиболее активных в стране вулканов — Усу (с 1663 г. он извергался семь раз). Это базальтовое сооружение высотой 609 м над ур.м. увенчано несколькими небольшими кратерами и куполами. 7 августа 1977 г., после 32-летнего покоя, здесь началось извержение, завершившееся только в октябре 1978 г., после чего Усу «задремал»: наблюдались лишь умеренное выделение газов и пара сквозь расселины и рои слабых подземных толчков. Но с начала 1995 г. количество землетрясений стало постепенно возрастать.

28 марта 2000 г. произошла резкая вспышка сейсмической активности, а через трое суток к северо-западу от купола Нисияма и на западном склоне купола Компараяма поверхность земли вздыбилась, вероятно, из-за формирования дайки — тела, образованного поднимающимися по трещине

расплавленными породами. Со спутников системы GPS (Global Positioning System) было установлено, что у вершины горы поверхность поднялась на 2 м и возникло множество новых мелких кратеров. 31 марта началось мощное извержение.

Международная группа исследователей во главе с П.А.Эрнандесом (P.A.Hernandez; Токийский университет), уже три года наблюдавшая к тому времени за поведением Усу, установила, что на первом месте по объему выбрасываемых вулканом веществ стоит вода, а на втором — CO₂, выделяющийся в основном из подповерхностных скоплений магмы, причем уровень дегазации сильно изменяется во времени. Ученые отметили возрастание потока CO₂ из вершинного кратера со 120 т/сут в сентябре 1998 г. до 340 т/сут в сентябре 1999 г. и внезапное его снижение — до 39 т/сут — в июне 2000 г., т.е. через три месяца после окончания извержения. Как сейсмологические, так и геохимические наблюдения указывают на то, что возрастание выброса CO₂ до извержения обусловлено адекватными процессами, т.е. горизонтальными перемещениями расплавленной породы. Уменьшение же потока CO₂ в июне скорее всего связано с уже произошедшим в ходе события быстрым выделением газа из даек.

Science. 2001. V.292. №5514. P.83 (США).

Климатология

Изменчивость африканских дождей

Важным источником вариаций глобального климата справедливо считают природные условия в тропических районах Земли. Однако данных, которые описывали бы температуру и осадки в этом регионе с хорошим временным и пространственным разрешением, пока недостаточно. Британские палеоклиматологи, гляциологи и лимнологи под руководством П.А.Баркера (P.A.Barker; Ланкастерский университет) подробно исследовали

изменения (в особенности гидрологические), которые происходили в тропиках за последние 10 тыс. лет.

Изучались главным образом районы Кении и Эфиопии, где основной источник влаги — это африканские и индийские муссоны. Именно муссоны переносят водяные пары из субтропических экваторий океана через экватор в те районы, где в данный момент стоит лето, сильно сказываясь на гидрологическом режиме Африки. Межгодовые колебания количества осадков здесь коррелируют с температурой поверхности моря, аномалиями атмосферного давления и особенностями циркуляции в тропических зонах океана.

Наблюдаются также и колебания количества осадков с периодами в несколько столетий. Так, оказалось, что засуха, охватившая Сахель (широкую полосу, примыкающую к Сахаре с юга) в 1970—1980-е годы, — событие отнюдь не уникальное. Колонка осадочного грунта, поднятая при бурении дна оз.Найваша в Кении, показала, что за последние 1100 лет там отмечались три крайне засушливых периода. Наиболее протяженный из них совпадает по времени со средневековым потеплением в Европе в 1000—1270 гг.

Авторами обнаружены следующие периоды обильнейших осадков: 11 100—6700, 2900—1900 и менее чем 1300 лет назад.

Если взглянуть на климатические события в масштабе тысячелетий, то крупные и продолжительные этапы повышенной влажности, которые сменялись столь же интенсивными засушливыми периодами, можно, по-видимому, рассматривать как отклик на изменения земной околосолнечной орбиты. Ее ориентация и эксцентриситет изменяются весьма медленно. Между 11 500 и 5500 лет назад эта ориентация привела к увеличению количества солнечного излучения, поступающего в Северное полушарие в летние сезоны, а это усилило муссонную циркуляцию в Индии и Африке. В Северной и Экваториальной Африке это была эпоха повышенной

влажности: ландшафты нынешней Сахары тогда зеленели, а в пустынных и полупустынных ныне областях Восточной Африки существовали крупные и глубокие пресноводные озера. Однако картина африканского климата в голоцене остается недостаточно ясной. Быстро сменявшие друг друга сухие и влажные эпизоды (например, резкое окончание влажного периода в северной части тропиков около 5500 лет назад) разделялись очень краткими и резкими переходами.

У границы между Кенией и Эфиопией на высотах от 1558 до 1636 м над ур.м. лежат бессточные озера Шала, Аблиата, Лангано и Зивей. Сегодня этот район отличается суровым полупустынным климатом, но 7000—5500 лет назад все четыре бассейна, пополнившись, объединились в единый открытый бассейн, зеркало которого на 122 м возвышалось над уровнем современного оз.Шала. Остатки диатомовых водорослей в колонке осадочных пород, охватывающей период продолжительностью 13 500 лет, позволили специалистам судить о происходивших в голоцене изменениях глубины озера и его солёности. Удивительно быстрое осолонение озера не могло не повлиять на окрестную флору и фауну.

Приняв во внимание все процессы, регулирующие изотопный состав атмосферных паров и осадков в районах, подверженных муссонной циркуляции, авторы пришли к выводу, согласно которому сто- и тысячелетние колебания изотопного состава отражают в основном вариации влажности и высоты облачности, связанные с аномалиями температур поверхностного слоя южной субтропической акватории Индийского океана. Резкие отличия изотопного состава осадков в тропиках от их состава в высоких и умеренных широтах не могут быть объяснены лишь температурой; здесь важна и интенсивность осадков. Так что учет только температур при рассмотрении климатических изменений в тропиках приводит к ошибочным суждениям.

Таким образом, исследования Баркера и его коллег показывают, что, строя модели глобальной атмосферной и океанической циркуляции и климата, необходимо учитывать факторы изотопного состава осадков в прошлом, которые говорят об источниках водяных паров и траектории их перемещения как в региональном, так и в глобальном гидрологических циклах.

Science. 2001. V.292. №5525. P.2213, 2259, 2307 (США).

Геохимия. Палеонтология

О древней катастрофе свидетельствуют благородные газы

Когда говорят о вымирании многих видов флоры и фауны на Земле, чаще всего имеют в виду столкновение нашей планеты с астероидом, случившееся около 65 млн лет назад¹. Факт столкновения установил американский геохимик У.Альварес (W.Alvarez) еще около 20 лет назад, когда обнаружил, что слой земных пород на границе мела и третичного периода содержит повышенную концентрацию иридия (элемента, весьма редкого на Земле, но достаточно характерного для метеоритов).

Однако куда более драматический эпизод произошел примерно 251.4 млн лет назад: тогда погибло 70% позвоночных на суше и 90% обитателей моря, причем специалисты сначала полагали, что гибель животных и растений происходила на протяжении примерно 8 млн лет, но затем этот период сократили до 5 тыс. лет. Виновниками катастрофы разные ученые называли то мощные излияния вулканических лав, то снижение уровня кислорода в атмосфере, то изменение уровня моря, климатические колебания, внезапный выброс из недр ядовитых газов и т.п. Но недавно американские геохимики и планетологи во главе с Л.Бекер

¹ Виноват ли астероид? // Природа. 1998. №5. С.119; Вымирание в конце мела: дискуссия продолжается // Там же. 1999. №5. С.115—116.

(L.Becker; Университет штата Вашингтон, Сиэтл) нашли свидетельства космического происхождения этой катастрофы: изотопный состав гелия и аргона в образцах горных пород из таких удаленных друг от друга мест, как Китай, Япония и Венгрия, оказался типичным для метеоритов. Более того, исследователи выяснили, каким образом эти газы могли сохраниться в земных породах до наших дней. Они обнаружили микроскопические количества Не и Ar в фуллеренах — полых молекулярных сетчатых шариках, образованных чистым углеродом². Анализ газов, которые находятся в таких решетчатых «клетках», показал: содержание изотопа ³Не в образцах пород, относящихся к изучаемому времени, в 50 раз больше, чем в слоях, лежащих выше или ниже, а отношения ³Не/⁴Не и ⁴⁰Ar/³⁶Ar в них типичны для метеоритов и не характерны для Земли.

Science. 2001. V.291. №5508. P.1469, 1530 (США).

Палеоклиматология

Климатическая причина угасания цивилизации майя

Специалисты давно спорят о причинах угасания империи майя. В их числе называлась и череда неурожайных лет. Факты, подтверждающие эту гипотезу, получили недавно сотрудники Университета штата Флорида в Гейнсвилле Д.А.Ходелл и М.Бреннер (D.A.Hodell, M.Brenner). В течение пяти лет они изучали характер и состав осадочных пород на дне озер Чичанканаб (центр п-ова Юкатан) и Пунта-Лагуна (расположенного несколько севернее). Специалист по датированию методом масс-спектрометрии с использованием ускорителя, физик Т.Гилдерсон (T.Guilderson; Нацио-

² О фуллеренах см., напр.: Лауреаты Нобелевской премии 1996 г. По химии — Р.Кёрл, Г.Крото, Р.Смоли // Природа. 1997. №1. С.96—98 (модель фуллерена C₆₀ в форме футбольного мяча показана на с.98); Фуллерен C₃₆ // Природа. 1998. №11. С.105—106.

нальная Ливерморская лаборатория) определил, что колонки донного грунта (длиной до 4,9 м) охватывают примерно 9 тыс. лет — в этот отрезок входят все этапы истории майя: начальный, период расцвета и время угасания их могущества. Наиболее надежные сведения получены о климате последних 2600 лет.

По тому, как изменялся уровень зеркала озер, как они то почти пересыхали, то пополнялись за счет атмосферных осадков, можно проследить многое. Когда дожди были скудными, преобладало испарение, в воде концентрировались соли и на дно опускалось все больше сульфата кальция, или селенита (разновидности гипса). Таким образом удалось определить с точностью до 6—7 лет, какие годы были влажными, а какие — сухими. Выяснилось, что засушливые периоды на Юкатане случались неоднократно, причем самый страшный и продолжительный из них тянулся (с короткими перерывами) приблизительно с 750 по 850 г. (Подобного бедствия здесь не было 7 тыс. лет!) Как раз на это время и приходится начало заката майя (его признаком специалисты считают быстрое сокращение строительства массивных храмов и каменных монументов, характеризующих классический период этой цивилизации).

Естественно, реакция ученых на эту работу не была единодушной. Так, некоторые археологи сомневаются, что сложные процессы культурной эволюции можно объяснить лишь метеорологическими явлениями. М.О'Мански (М.О'Mansky; Университет им.Вандербильта, Нашвилл, штат Теннесси) указывает, что крушение империи майя произошло не сразу по всей стране, а началось около 750 г. в отличающейся повышенной влажностью нагорной южной части нынешней Гватемалы, в то время как на обычно засушливых северных низинах Юкатана эта цивилизация продолжала процветать и пережила свой закат только через столетие.

Дискуссия охватила широкий круг специалистов в разных отраслях знания.

Science. 2001. V.292. №5520. P.1293, 1364 (США).

Палеонтология

Паралититан — динозавр-гигант

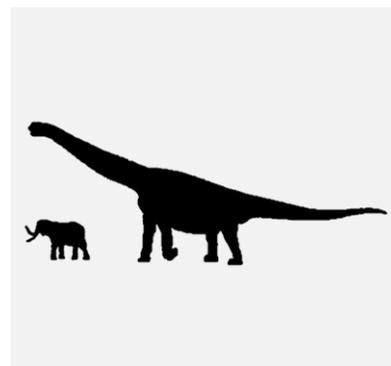
В египетском оазисе Бахария, расположенном у подножия горы Джебель-эль-Дист, в 390 км юго-западнее Каира, аспирант-палеонтолог Дж.Смит (J.Smith; Университет штата Пенсильвания в Филадельфии) случайно обнаружил остатки динозавра, который принадлежал к неизвестному науке роду.

Животное получило название паралититан Стромера (*Paralititan stromeri*). Родовое его название отражает характер среды, в которой обитал этот гигант (с греч. — приливная полоса ископаемого моря), а видовое дано в честь немецкого палеонтолога Э.Стромера фон Райхбаха, который еще в 30-е годы первым обнаружил это «кладбище» ископаемых животных. Однако добытые им тогда остатки древней фауны, хранившиеся затем в Баварском государственном музее, погибли при бомбардировке в дни второй мировой войны, так и оставшись неизученными.

Датировка показала, что возраст *Paralititan stromeri* около 95 млн лет, т.е. он существовал в поздне меловое время, когда в районе находки проходила береговая линия ныне исчезнувшего моря. Динозавр обитал в болотистых мангровых зарослях, остатки которых захоронены в том же местонахождении.

Поражают размеры паралититана: масса одной только плечевой кости достигает 180 кг при длине 170 см. Хорошо сохранившаяся лопатка с характерным выступом позволяет утверждать, что это не египтозавр, открытый в свое время Стромером, а совершенно новый для науки представитель завропод — титанозавров. Сравнение с остатками аргенти-

нозавра (крупнейшего из известных на сегодня титанозавров) и другими родственными формами говорит о том, что паралититан — второй по величине после этого «южноамериканца», кость которого достигала 181 см. Согласно вычислениям, общая масса тела паралититана могла приближаться к 100 т. Казалось бы, столь тяжелое существо было лишено свободы передвижения в условиях приливной морской полосы с ее болотистой почвой. Однако специалист по геологии прибрежных районов К.Лаковара (K.Lacovara; Дрекселевский университет в Филадельфии) указал, что при 100-сантиметровом диаметре стопы удельное давление на почву было не столь велико и поэтому позволяло животному



Силуэт паралититана в сравнении со слоном.

передвигаться по болоту не хуже, чем современному нам гиппопотаму. Ясно, что богатейшие мангровые болота предоставляли гигантскому растительноядному столь необходимое ему изобилие пищи.

Помимо остатков этого уникала исследователи нашли в оазисе Бахария следы еще многих представителей до сих пор не известных науке ископаемых таксонов — акул и других рыб, черепах, морских пресмыкающихся и ряда более мелких динозавров.

Science. 2001. V.292. №5522. P.1623, 1704 (США).

Еще раз об алмазной якутской эпопее

Е.Б.Трейвус,

кандидат геолого-минералогических наук
 Научно-исследовательский институт земной коры
 Санкт-Петербург

Сименем геолога Натальи Владимировны Кинд связано открытие знаменитой алмазоносной трубки «Мир» в Якутии, о чем рассказывалось в журнале «Природа» (2001 г., №6). Однако у истории этого открытия имелась предыстория, со своей интригой и драматизмом.

В Якутии после войны была создана Амакинская экспедиция для поиска коренных месторождений алмазов. Дело в том, что геологическое строение значительной части Якутии сходно с таким строением юга Африки, где находятся всемирно известные месторождения алмазов в кимберлитовых породах. Экспедиция имела в своем распоряжении все — от буровых станков до самолетов, построила в тайге собственный поселок. В ней работали энергичные, увлеченные своим делом геологи, сильные мужчины. Они находили в речных песках отдельные кристаллики алмаза и небольшие алмазные россыпи. Однако, потратив за 6—7 лет работы уйму средств, Амакинская экспедиция к 1954 г. зашла фактически в тупик.

В начале 50-х в одном из геологических управлений в Ленинграде было начато исследование минерального состава песчаных отложений в реках Якутии, нацеленное на выявление в них минералов — спутников алмаза. Руководила этой работой Наталья Николаевна Сарсадских. При сборе полевых материалов она чуть не погибла от го-

лода и холода. Вместе со своей молодой помощницей, Ларисой Анатольевной Попугаевой, незадолго перед тем окончившей Ленинградский университет, они нашли рублиновые зерна неизвестного им минерала. Попугаева показала их своему супругу, доценту кафедры геологии месторождений радиоактивных элементов Ленинградского университета, Александру Александровичу Кухаренко. Он сразу сказал, что эти кристаллики — непременно спутник алмаза в кимберлитовых породах Южной Африки, минерал пироп. В дальнейшем выяснилось, что в Якутии уже находили пиропы, но не сумели правильно определить и оценить их значение.

Естественной была мысль: промывать речной песок, как делают при добыче золота, и выискивать кристаллики пироба, которые сразу бросаются в глаза и которых много в сравнении с алмазом. Нашлись — надо зацепиться за них, идти дальше по реке. Кончились — значит, коренные кимберлиты остались позади, где-то поблизости. Был намечен перспективный район поисков.

Летом 1954 г. Сарсадских не могла поехать в поле: у нее только что родилась дочь. В Якутию отправилась Попугаева, оставившая в Ленинграде полуторагодовалую дочь, хрупкая и милая женщина, в чем могу заверить по личным воспоминаниям. Попугаева не хотела ехать — боялась, что не справится, плакала. Высокое московское начальство не верило в успех.

Сарсадских сказали: «Вы сами заварили эту кашу, вы и расхлебывайте». С Попугаевой послали всего одного рабочего, правда, надежного и безотказного — Федора Беликова. Их «оборудование»: ведро, лопата, кирка, тазик для промывки песка, лупа. Все. Они быстро вышли на пиропы. Однако затем потребовалось около двух месяцев работы — но какой, в каких условиях! — последние километры Попугаева ползла на животе, следя за пиропами и боясь пропустить кимберлиты. В августе 1954 г. она «положила на стол» первое коренное месторождение алмазов Якутии — знаменитую трубку «Зарница». Итак, эта трубка была открыта почти за год до трубки «Мир». Алмазы в ней — превосходные.

Жизнь Попугаевой, трагизм и повороты ее судьбы достойны целой повести.

Пироповый метод, грошовый по стоимости, определил дальнейшие успехи в поиске алмазов в Якутии, в том числе открытие трубки «Мир». Только за 1955—1956 гг., используя этот метод, нашли 30 кимберлитовых трубок.

Итак, трое ленинградских геологов — Сарсадских, Попугаева и Кухаренко — переломили ситуацию с поиском коренных месторождений алмазов в Якутии. Именно трех выдающихся женщин-геологов — Сарсадских, Попугаевой и Кинд — вписаны в историю открытия этих месторождений. В честь этих женщин названы уникальные по величине якутские алмазы. ■

Судьбы российских ученых

В.Н.Шолпо,

доктор геолого-минералогических наук

Объединенный институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта
Москва

Этот прекрасно оформленный фолиант объемом более 60 печатных листов представляет собой уникальное научно-биографическое издание. В первом томе задуманного трехтомного труда собраны 127 биографий действительных и почетных членов Российской академии наук. В последующих томах предполагается поместить биографии членов-корреспондентов и иностранных членов Академии начиная со дня ее основания до современных, избранных по специальности геология и горные науки. Все без исключения биографии ученых сопровождаются портретами.

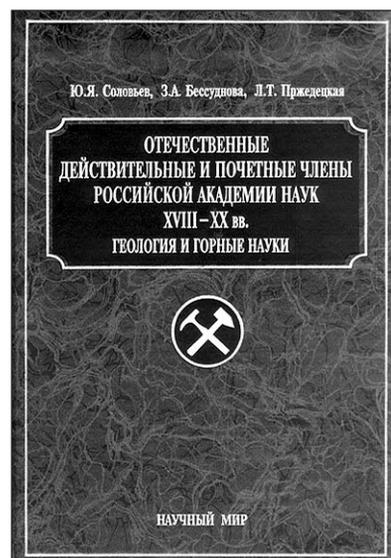
Это издание наглядно отражает тот весомый вклад, который принадлежит российским ученым (в науках о Земле) в становлении и развитии российского государства, в познании и освоении его природных минеральных богатств. Не меньшее значение имеют теоретические разработки российских ученых-геологов, относящиеся ко всем разделам и отраслям геологических наук, нашедшие признание не только в своем отечестве, но и за рубежом, существенно повлиявшие на развитие мировой науки.

Биографии расположены в хронологическом порядке,

по мере избрания ученых в члены Академии, и это отражает развитие самой Академии и эволюцию геологии как науки на протяжении почти трех столетий. Как любое энциклопедическое издание, книга не предназначена для последовательного чтения, это — настольный справочник, необходимый каждому, кто интересуется историей науки и нашими выдающимися предшественниками. И этот капитальный труд, основанный на хорошо проработанных и скрупулезно выверенных материалах, займет достойное место в литературе, посвященной истории геологии.

Огромный объем работы, связанный с подготовкой книги к изданию, выполнен немногочисленным авторским коллективом из отдела истории геологии Государственного геологического музея им.В.И.Вернадского РАН, который стал наследником и продолжателем соответствующего подразделения Геологического института АН СССР.

Книга посвящена 275-летию Российской академии наук и 300-летию учреждения в России Приказа рудокопных дел, тем самым подчеркивая тесную, неразрывную связь всех геологических наук с разработкой и освоением минерально-сырьевых ресурсов страны. Многие ученые были активными участ-



Ю.Я.Соловьев, З.А.Бессуднова, Л.Т.Пржедецкая. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ И ПОЧЕТНЫЕ ЧЛЕНЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК XVIII—XX вв.: Геология и горные науки.

М.: Научный мир, 2000. 548 с.

никами и организаторами геологической службы страны, становление и развитие которой неразрывно связано с образованием Геологического комитета (Геолкома) — нынешнего ВСЕГЕИ. Здесь прежде всего надо вспомнить А.П.Карпинского, Ф.Н.Чернышева, А.А.Борисяка, Е.С.Федорова, Д.В.Наливкина, а в последние годы — А.Д.Щеглова и Д.В.Рундквиста.

Нет возможности в краткой рецензии останавливаться на разных сторонах многогранной деятельности ученых — членов Российской академии. Однако, перелистывая это энциклопедическое издание, рассматривая отдельные эпизоды и повороты в судьбах ученых, возникает желание проанализировать некоторые общие закономерности, которые объективно отразились в книге и характеризуют как эволюцию науки, так и историческую судьбу страны. Этому способствует помещенный в начале очерк «Из истории Российской академии наук» и в конце — Хронологический указатель имен (по датам избрания в академики).

В XVIII в. геология выделилась из общего естествознания, или натурфилософии, как самостоятельная наука. В России все началось с М.В.Ломоносова. Помимо него по наукам о Земле в тот период в Академию было избрано еще трое — П.С.Паллас, И.И.Лепехин и В.М.Севергин. Тогда, как и в начале XIX в., избранные действительные члены Академии по разделу естественных наук были не только геологами, но естествоиспытателями в самом широком смысле, путешественниками и исследователями, осваивавшими новые неведомые земли. Постепенно количество академиков, причастных к наукам о Земле и горному делу, растет; геология развивается, углубляются отдельные ее отрасли. Последним энциклопедистом, по-видимому, следует считать В.И.Вернадского, которому в книге дана краткая исчерпывающая характеристи-

ка — «великий натуралист XX века».

Естественный процесс дифференциации науки, когда достижение серьезных фундаментальных результатов в какой-либо области требует глубокого профессионализма, способствовал увеличению числа специалистов, владеющих всем объемом научных знаний и методов исследования Земли. Одновременно неравномерный рост числа действительных членов Академии по геологии и горному делу отражает и определенные этапы истории страны. Бесprecedентным стал 1953 г., когда по наукам о Земле избрали сразу девять академиков. Видимо, это должно было восполнить тот урон, который понесла геология в результате сталинских репрессий 1949 г. В 1991—1992 гг. в академики по Отделению геолого-географических наук было избрано 19 человек, что свидетельствует о пристальном внимании к геологии и необходимости укрепления именно этого раздела науки.

Изучая биографии ученых с точки зрения их социального происхождения, приходишь к интересным выводам. Оказывается, в дореволюционной России не существовало таких уж непреодолимых преград для людей из угнетенных слоев населения. Это очередной миф, который распространялся при советской власти. М.В.Ломоносов, как известно, вышел из архангельских поморов, И.И.Лепехин (1740—1802) из солдатской семьи, В.М.Севергин (1765—1826) был сыном придворного музыканта, А.Я.Купфер (1799—1865) и Х.П.Пандер (1794—1865) из купцов, Д.И.Соколов (1788—1852) родился в семье мастера слесарных дел. Талант мог пробиться, реализовать свой потенциал и в царской России.

Интересна география геологических исследований, последовательно и неуклонно расширяющаяся. В конечном счете российскими геологами, членами Академии и созданной при

их активном участии Геологической службой была освоена огромная территория одной шестой части земной суши. В процессе этой гигантской по объему работы были выработаны методы картирования, разработана и унифицирована легенда геологических карт, признанная во всем мире. Огромная заслуга в этом принадлежит А.П.Карпинскому: принципы и условные обозначения легенды были предложены им на II сессии Международного геологического конгресса в 1881 г. в Болонье и сохранились с небольшими изменениями до сих пор. В результате целеустремленной работы нескольких поколений российские ученые получили геологически изученную, закартированную часть материка Евразии, где представлено практически все разнообразие континентальных структур и тектонических обстановок. Геологическая карта, как известно, основа основ всех дальнейших фундаментальных и прикладных исследований, в том числе поиска полезных ископаемых, оценки экологических условий и прогноза природных катастроф.

В России возникла школа металлогенистов (С.С.Смирнов, В.И.Смирнов), признанная во всем мире, петрологическая школа Д.С.Коржинского, не имеющая аналогов. Общим признанием пользуются достижения отечественных литологов (Н.М.Страхов). Пионерская роль принадлежит российским ученым в развитии сейсмологии (С.С.Голицин) и в разработке сейсмических методов исследования глубин Земли (Г.А.Гамбурцев). В Советском Союзе были разработаны методы составления тектонических карт (А.Д.Архангельский, Н.С.Шатский), получившие международное признание. Это, конечно, далеко не все, что можно поставить в заслугу ученым Российской академии, а только наиболее яркие и значимые результаты, достигнутые в фундаментальных направлениях наук о Земле.

Наших ученых всегда отличало то, что в основе всех теоретических разработок, идей и представлений лежали надежные фактические данные и эмпирические обобщения, о первостепенном значении которых неустанно говорил В.И.Вернадский. В истории отечественной науки были горячие споры, острые непримиримые дискуссии (по тектонике, по литологии, по вопросам генезиса нефти, проблеме гранитов). Отголоски этих споров можно найти в рецензируемой книге. Но это нормальный путь развития науки. Когда подобные споры не сопровождаются организационными мерами, закрытием каких-то научных направлений, это только способствует продвижению к познанию тайн природы.

Геологи России всегда понимали, что такие фундаментальные проблемы, как причины и движущие силы эволюции Земли, пространственные закономерности размещения эндогенных месторождений, локализация месторождений-гигантов и др., могут решаться только на основе глобальных обобщений в масштабе всей планеты. Поэтому наряду с решением задач по выявлению и освоению отечественных минеральных ресурсов развивались и укреплялись связи с мировым геологическим сообществом, инициировались международные проекты по самым разным отраслям геологии. Характерно, что российские геологи, и в первую очередь действительные члены Академии, до сих пор участвуют во всех форумах и сессиях Международного геологического конгресса. По крайней мере три сессии были проведены в России — VII, XVII и XXVII, традиционно они сопровождались геологическими экскурсиями по различным регионам страны с целью изучения достижений в методике исследований и активного обсуждения спорных фундаментальных проблем.

О широком признании успехов отечественной геологии

свидетельствует то, что действительные члены Российской академии избирались на руководящие посты международных организаций, в списке их почетных званий членство в иностранных академиях и геологических обществах, профессура в известных университетах.

Издания, посвященные юбилейным датам, обычно отличаются некой парадностью. Пример тому — рецензируемая книга, где во вступительном очерке показан весь путь развития наук о Земле как неуклонное поступательное движение «вперед и выше». Но известно, что для науки, как и для любых природных и социальных процессов, характерно циклическое развитие, когда периоды подъема чередуются с периодами спада. В нашей стране подобные циклы диктовались как внутренними причинами, логикой развития самой науки о Земле, так и внешними — социальными и общественными. Это обстоятельство не нашло отражения в историческом очерке. А ведь оно могло быть учтено, фиксируя определенный рост и подъем в конце XIX — начале XX в., диктовавшийся бурно растущей промышленностью, предъявлявшей свои требования к геологии, затем спад — соответствующий времени первой мировой и гражданской войн, революции. Новый подъем соответствовал этапу индустриализации страны и продолжался до конца Великой Отечественной войны: были освоены огромные пространства Сибири и Дальнего Востока, открыто множество новых месторождений. Но завершилось все непоправимым уроном, который понесла геология во время сталинских репрессий. Авторы не умалчивают эти трагические события, и, например, в биографии И.Ф.Григорьева сказано, что он был необоснованно репрессирован и умер в заключении после допроса. Но выглядит это как частный эпизод.

Необходимо отметить несколько серьезных упущений.

127 персоналиями не ограничивается число действительных членов Академии наук, причастных к наукам о Земле. Хотя, может быть, многие избралась и по другим отделениям — такие прецеденты в книге есть. Прежде всего удивительно, что отсутствует Отто Юльевич Шмидт (1891—1956), вклад которого в фундаментальные проблемы планетарной геофизики неоспорим, а его концепция происхождения Земли и планет Солнечной системы и по сей день развивается его учениками и последователями. Кроме того, он был организатором и основателем Геофизического института АН СССР (ныне Объединенный институт физики Земли, которому присвоено имя О.Ю.Шмидта). Не следовало бы забывать и А.Н.Тихонова (1906—1993), чья теория интерпретации геофизических полей и методы решения обратных задач составляют основу современных геофизических исследований. Досадным упущением стало также и то, что пропущен Анатолий Семенович Алексеев, академик Сибирского отделения РАН, крупнейший специалист по вычислительной и теоретической геофизике, который с большим успехом развивает методы дистанционного исследования земных недр. В последующих томах в виде дополнения к первому нужно поместить биографии и портреты этих ученых.

В целом же издание стало значительным событием в истории наук о Земле, показывающим тот огромный интеллектуальный потенциал, который вложен российскими учеными в дело познания нашей планеты. Хотелось бы, чтобы этот ценный справочник попал в библиотеки всех геологических учреждений страны, и особенно — в геологические вузы. Необходимо знать судьбы и дела наших выдающихся предшественников, чтобы, опираясь на заложенный ими фундамент, двигаться дальше. ■

Гидробиология

А.Ю.Гуков. ГИДРОБИОЛОГИЯ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ ЛЕНЫ. М.: Научный мир, 2001. 288 с.

Начало научных исследований устья р.Лены было положено еще в 1735 г. штурманом Н.Чекиным из отряда Х. Лаптева во время Великой Северной экспедиции 1733–1743 гг.

Сегодня зона взаимодействия р.Лены и моря Лаптевых, являющегося приемным водоемом, — это единый природный территориальный комплекс. Дельта реки имеет площадь от 28 до 32 тыс. км².

Книга посвящена исследованию состава, структуры и функционирования водных экосистем данного региона. Приводятся характеристика донных биоценозов в летний и зимний периоды, сведения о гидрохимии и трофических связях, схема распределения подводных ландшафтов. Рассматривается антропогенное воздействие на биоту дельты Лены и моря Лаптевых. Исследуются речной, солоноватоводный и морской комплексы фито- и зоопланктона, особенности сезонной динамики зообентоса.

Это результат исследований, проведенных сотрудниками гидробиологической лаборатории Тиксигидромета в период с 1982 по 1996 г. при участии и поддержке Зоологического института РАН, Якутского научного центра и Усть-Ленского заповедника.

Лесоводство

С.М.Бебия. ПИХТОВЫЕ ЛЕСА КАВКАЗА. М.: МГУЛ, 2002. 270 с.

Эта книга — результат 30-летних исследований, выполненных доктором биологических наук, заведующим кафе-

дрой лесного и лесопаркового хозяйства Абхазского государственного университета, руководителем отдела интродукции растений Института ботаники АН Абхазии. Автор изучал пихтовые леса не только на Кавказе, но и в европейской части России, в Германии в странах Прибалтики, в горных массивах — Татрах, Карпатах, на Урале, Тянь-Шане, а также на Сахалине, Курильских островах, Японии, Тайване.

В прежние времена эта монография могла бы стать пособием по лесоводству, поскольку в ней описаны генезис, история формирования и закономерности современного распространения лесов с господством пихты кавказской (*Abies nordmanniana*) — реликта третичного периода, главной лесообразующей и ценной древесной породы Кавказа и всей Западной Евразии. Кроме того, приведены возрастная структура, строение и динамика древостоев, типологическая характеристика пихтовых, которые автор разделил на две большие группы — естественного и искусственного происхождения. Через всю работу проходит мысль о необходимости бережного, рачительного отношения к пихте. В кавказских лесах заготовка пихтовой древесины стала основной целью, причем потребность в ней с каждым годом растет.

За последние два столетия доля пихтарников в лесном фонде многих регионов мира сильно сократилась. В Европе этот процесс прогрессирует, а в некоторых странах стал столь катастрофическим, что девственные пихтарники там сохранились лишь на нескольких сотнях, а то и десятках гектаров. Хочется надеяться, что настанут лучшие времена и лесным хозяйством вновь будут заниматься всерьез.

Книга представляет огромную ценность для специалистов, а также может быть полезна тем, кто интересуется проблемами рационального использования природных ресурсов. К сожалению, тираж невелик и в книжных магазинах искать ее не стоит. Приобрести монографию можно лишь у автора, обратившись по адресу: Россия, 354000, г.Сочи, Главпочтамт, а/я 1512 МВО-ИБ [ни телефонной, ни почтовой связи с г. Сухуми до сих пор нет].

История науки

В.Ф.Старков. ОЧЕРКИ ИСТОРИИ И ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ: Россия и Северо-Восточный проход. Т.2. М.: Научный мир, 2001. 116 с.

Арктическое мореплавание XVI—XVIII вв. занимает особое место в истории великих географических открытий. Это было время многочисленных походов викингов и русских поморов по северным морям, активного освоения новых путей и земель, поиска так называемого Северо-Восточного прохода, под которым понимался путь из Атлантики в Тихий океан.

В книге рассказывается об открытии и освоении различных районов европейской и азиатской Арктики в XVI—XVIII вв., в которых принимали активное участие русские мореплаватели и землепроходцы. Второй том стал продолжением первого, названного «Шпицберген». Готовится к печати третий, заключительный том «Русский Север в картографии XVI—XVII вв.».

Автор отказался от пересказа походов западноевропейских мореплавателей в поисках Северо-Восточного прохода, отсылая читателя к обширной отечественной и зарубежной литературе.

Исследователь Курил и Японии

В.В.Богданов

Москва

В истории изучения и освоения океанского побережья Дальнего Востока есть много интересных и малоизученных страниц. Анализ архивных документов позволяет установить, что честь многих первооткрытий принадлежит русским землепроходцам и мореходам второй половины XVII — начала XVIII в. Одним из них стал якутский казак Иван Петрович Козыревский, много сделавший для описания и завоевания Камчатки. В 1711—1713 гг. одним из первых он побывал на северокурильских островах, присоединив к России Парамушир. На основе опросных свидетельств коренных жителей, айнов и японцев, принявших российское подданство, именно Козыревский составил первое русское описание всей Курильской гряды вплоть до о.Матсмая, нынешнего Хоккайдо.

Дед Ивана Козыревского, Федор, выходец из Польши, в 1654 г. попал в русский плен под Смоленском. Видимо, он выделялся своей грамотностью, и поэтому его сослали в Якутск, пожаловав в «дети боярские». В 1700 г. сына Козыревского — Петра Федоровича — отправили на Камчатку. Иван Козыревский писал о своем отце: «В 1700 году вместе с другими послан в Камчадалскую и другия земли для

умирения и призыву в русское подданство и в ясачный платеж немирных народов...» [1].

В 1703 г. Петр Козыревский сопровождал в Якутск ясачную казну и возвратился на Камчатку уже в 1705 г. Следуя морем вдоль берега к устью р.Камчатки, отряд высадился на небольшом каменистом острове в Карагинском проливе, против реки Тымлат. Вот здесь при столкновении с воинственными коряками и погиб отец Ивана [2]. Память о Петре Козыревском сохранилась в названии левого притока р.Камчатки.

В походе, вероятно, умер и его брат — Михаил Козыревский, который, как позже писал Иван, даже «нисподобился покаяния и погребения» [3]. Как известно, в последующие плаванья к Курильским о-вам Иван Козыревский отправлялся вместе с братом Петром. Однако мы ничего не знаем о его дальнейшей судьбе.

В 1697 г. первооткрыватель Камчатки Владимир Атласов подобрал вынесенного штормом на берег японца по имени Дэмбэй Татэкава из Осаки. В январе 1702 г. этот японец был доставлен в Москву Петру I. Из разговора с ним царь узнал важные сведения о Курильских о-вах и Японском государстве. В частности, стало известно, что европейцы (голландцы и др.) уже

проникли в Японию и имеют там свои дома.

Появление японцев на Курильских о-вах и на Камчатке говорило о том, что они могут опередить Россию и утвердиться на этих землях. Немедленно Петр I предпринял энергичные шаги по овладению Курильскими о-вами и обеспечению безопасности страны с Востока. Кроме того, война со Швецией требовала пополнения казны: нужны были новые ясачные люди, а также установление торговых отношений с Японией. Сибирский приказ, вновь отправляя Атласова на Камчатку в 1701 г., предписывал «домогатца ему всякими мерами <...> учинить с Японским государством торги немалые <...>». Одновременно Якутской воеводской канцелярии дано указание направлять на Камчатку «охочих людей» с тем, чтобы они провели торговый путь в Японию через Курильские о-ва.

Таким образом, походы И.П.Козыревского были подготовлены всей деятельностью его предшественников, он как бы обобщил предыдущие достижения русских в изучении и описании Курильских о-вов и Японии.

Скудны сведения, рассказывающие о пребывании юноши Ивана Козыревского на Камчатке. Известно лишь, что с 1704 г. он несет службу рядовым казаком.

Служилые люди «привели в русское подданство под ясачный платеж многих иноземцев, в походах терпели холод и голод, покупали на свои пожитченки свинец и порох по 10–12 лисиц на фунт, бывали ранены и биты; призывали в подданство мирных ласкою и приветом, а непокорных ратным боем смиряли».

Пожалуй, толчком для первого похода И.Козыревского на Курилы явился довольно необычный случай. Предоставим слово документам.

«В 1710 г. по Камчатскому Бобровскому морю в Каличирскую губу принесло на бусе 10 человек жителей Японского государства, бусу разбило и Камчатские жители напали на них — четверых убили, а шестерых взяли в плен, служилые же люди четверых от них отняли, научили говорить по-русски и узнали от них, что государство их Эдо с семью городами находится на острове в Пенжинском море, богато самородным золотом и серебром».

1 августа 1711 г. из Усть-Большерецка курсом на юг отправилась экспедиция под руководством Даниила Анциферова и Ивана Козыревского. Этот поход осуществлялся по замыслу Петра I. Стояли вполне определенные задачи: «Камчадалской земли нос и Морские острова и всяких народов провеживать <...> И ежели где явятся самовластные, таких в подданство под Российскую империю в ясачной платеж приводить. А наипаче как мочно провеживать и всякими мерами домогаться про Апонское государство, и какими пути проезд к ним бывает <...> и будут ли они с российскими людьми дружбу иметь и торги водить, как и у китайцев, и что им из Сибири годно и о прочем подлинно осведомиться» [4].

Итак, выйдя из Усть-Большерецка, казаки плыли вдоль берега до п-ова Лопатки. Отсюда на байдарках переправились на первый из Курильских о-вов — Шумшу. Здесь участники похода узнали, что на острове нет ни

соболя, ни лисицы, ни бобра. Островитяне промышляют нерпу, одеваются в нерповые кожи.

Значение этого плавания было огромно: экспедиция положила начало исследованию и освоению русскими Курильских о-вов. Вернувшись на Камчатку, Анциферов и Козыревский подали в Нижнекамчатский острог челобитную и представили чертеж — первое достоверное географическое и этнографическое описание этих островов.

На Якутской карте, например, составленной ранее, Курильские о-ва еще не были обозначены, они есть на карте Камчатки 1712 г. Таким образом, в истории открытия Курил экспедиция Анциферова—Козыревского 1711 г. подобна походу Владимира Атласова на Камчатку: было положено начало изучению и присоединению к России этих островов.

В феврале 1712 г. на р.Аваче произошла трагедия: погибли Анциферов и другие землепроходцы. Начатое дело продолжил Козыревский, в том же году он снова ходил на Курилы. Документов об этом плавании не сохранилось, поэтому некоторые исследователи сомневались в существовании подобной экспедиции. Новые материалы, обнаруженные И.Огрызко, дают утвердительный ответ на данный вопрос.

Выйдя с р.Камчатки, Козыревский по пути в Усть-Большерецк взял ясачный платеж с камчадалов, живших на реках Воровской и Кыкчике. Во главе отряда он направился дальше на юг.

В апреле 1713 г. начальник Камчатки Василий Колесов, выполняя петровский указ, направляет на Курильские о-ва новую экспедицию во главе с Козыревским. Перед ними стояла задача: «О Апонском государстве и за перелевами о морских островах провеживание учинить». Козыревский организовал строительство нескольких легких судов, собрал 66 человек; в его распоряжение было дано две пушки, приставлен пленный японец.



Маршрут экспедиции Д.Я.Анциферова и И.П.Козыревского. 1711–1713 гг.

Летом того же года они отправились в историческое плавание. На южном мысе п-ова Лопатка и на о.Шумшу участники похода собрали ясак. На втором острове — Парамушире — курильцы, вооружившись луками и копьями, «со служилыми би-

лись крепко», но не выдержали натиска казаков и на 12 байдарах бежали на соседние острова. В погоне за ними казаки побывали и на небольшом необитаемом островке Кукумива. Собрав ясак и захватив аманатов, участники экспедиции в сентябре того же года вернулись в Усть-Большерецк.

Дальше Козыревский не рискнул отправиться — надвигалась осень с сильными ветрами. Были и другие причины. Вот что писал об этом он: «А на вышеписанные острова за осенним поздним временем морского пути без больших судов и без мореходов, и без компасов, и без якорей и снастей, и без кормовых припасов, и без военного снаряда, и за малолюдством вперед идти было мне ни которыми делами невозможно».

На первый взгляд, последнее плавание Козыревского на Курильские о-ва не имело серьезного научного значения. На самом деле результаты были огромны. Прежде всего, вернувшись на Камчатку, руководитель экспедиции подал В.Колесову «за своею рукою тем островам чертеж, даже до Матмайского острова». Этот чертеж есть «Карта всех островов до Матмай». Сведения, указанные на карте, были получены Козыревским от местных жителей. Вот что записал в комментариях к ней сам Козыревский: «...а оной (японец) Сак дознался по речам от оного итурпинского иноземца про Матманской город. И тот де Матмай город нашего государства, а имянно от Матмая за морским переливом первый город Цынару*, второй Наibu, третьей Шандаи, четвертый государство названьем Юда, пятой город Иша, шестой Тмаку, седьмой Кинакуне. И в нашем де государстве родитца золото, серебро и медь, много камки и всякие шелковые и бумажные товары, делают хлеб и всякой земской плод и овощ. И называемся де мы помянутого государства люди нифонгыни» [5].

* Цынару (Цынаду) — г.Хиросаки.

Из рукописей Козыревского следует, что в 1714—1715 гг. все его «доношения» о результатах экспедиции 1711, 1712 и 1713 гг. на Курильские о-ва и чертежи были доставлены в Якутск, а затем, очевидно, в Тобольск.

В 1726 г. Козыревский встретился в Якутске с руководителем Первой Камчатской экспедиции Витусом Берингом и вручил ему свой труд — «Чертеж как Камчадальскаго носу, також и морским островам, коликое число островов от Камчадальскаго носу до Матмайского и Нифону островов». В «доношении» и чертеже Козыревского отражалась в сущности история исследования Камчатки и Курильских о-вов, приводились интересные сведения о Японии. До сих пор этот документ представляет научную ценность.

Автор впервые сообщил точные и подробные географические сведения о неведомых дотоле землях. Например, если соотнести данные «чертежа морским островам» и перечислить с севера на юг современные названия Курильских о-вов, то мы получим почти ту же картину как в отношении расположения этих островов, так и наименований большинства из них.

Кроме того, Козыревский указывает расстояния между островами и даже метеорологические условия в проливах в разное время года: «Первой перелев, в легких судах своею силою на скоре можно до обеда из утра вперед и назад сходить». О втором проливе сказано: «Сей перелев, например, версты две или меньше тысячных»; о третьем читаем: «...сей легкими байдарами наскоре до полудни, а с грузом с женами и с детьми день ходу в тихое время» и т.д. Только о последнем проливе отсутствуют сведения: «А с Кунашира на Матмайской остров о переливной ширине не уведомился за забвением».

На чертеже мы находим также краткие сведения о флоре и фауне островов. Тогда на Курилах в изобилии водились бобры,

красные лисицы, орлы, медведи. Айны «ради промыслу и земной плод — сарану и коренье копают»; на островах произрастает множество трав, а на Китуе [о.Кетой. — В.Б.] камыш растет... И камышовые у иноземцев стрелы я брал». Там в изобилии растет крапива, из стеблей которой островитяне делают одежду.

Козыревский впервые дает обстоятельное этнографическое описание коренных жителей Курильских о-вов: «На сем острову живут иноземцы званьем Курила <...>. И те головы свои бреют до затылку по тамошнему обычаю и кланяются на коленах <...>. Язык имеют один и веру, и кропивные товары делают, и отчасти камчатое и дабинное покупают. На дальние острова ходят. И к воинскому делу курилы зело искусны: поступают от трех боях, имеют луки со стрелами, копья и сабли» [6].

Японцы, выброшенные непогодой на берег, жили у айнов на положении рабов, и участники экспедиции Козыревского выкупали потерпевших бедствие моряков из неволи. Вместе с тем уже в ту пору японцы проникали на Курильские о-ва с целью использования местных естественных ресурсов. Вот что подмечает Козыревский: «Да сказывали ж полонные островные ж иноземцы, большими де судами ходят парусами и на большую землю в город возят камень и копают в земле нифонцы, а какое камень, и того толмачи камчадальским языком перевести не знают, понеже никаких руд не видали, а откуда и в какой город оное камень возят, и о том недоумением не спрашивал, понеже и я никаких руд не видал и не знаю, кроме железной» [7].

Впервые дается описание традиций и обычаев японцев: «И от города [Шендай] есть на море к государству остров, на котором люди съезжаются ради мольбища и привозят дары: золото и серебро и другие вещи. И множество де оного имени обретается; и ежели кто от того украдет, и тому скорое обраще-

ние бывает: жилы станут корчить, и тело сохнуть. А ежели кто и забвением учинит или на ногах принесет, и тем обличение бывает. Того ради имеют особое на себя одеяние ради моления, а как возвратятся к судам, и оную одежду снимают с себя, и прилипший прах отрясают, и облачаются в иную одежду».

Витус Беринг после встречи с Козыревским в 1726 г. весьма заинтересовался Курильскими о-вами и Японией. Вернувшись с Камчатки в Петербург, он представил императрице Анне Иоанновне записку, в которой доказывал выгоду от присоединения Курильских о-вов и установления торговых связей с Японией. Во время Второй Камчатской экспедиции отряд М.Шпанберга в 1738 и 1739 гг. совершил два плавания вдоль Курильских о-вов, побывал в Японии.

Миссионерская деятельность Ивана Козыревского и поныне остается малоизвестной. Вместе с тем опубликованные источники из архива Синода позволяют сделать вывод: он и здесь был первым. Завоевание и присоединение к России многих народов Дальневосточного региона напрямую было связано с распространением православной веры. Не будем забывать, что еще Петр Козыревский «в 1700 г. вместе с другими был послан в Камчадалскую и другия земли для умирения и призыву в русское подданство и в ясачный платеж немирных народов». Чтобы решить эту труднейшую задачу, надо было строить остроги, крепости, церкви, монастыри, которые становились основным оплотом властей.

Еще будучи юношей, в 1702—1703 гг. Иван участвовал с отцом и братьями в строительстве двух крепостей на Камчатке. В 1711 г. Козыревский стал одним из инициаторов создания крепости «на Большой реке <...>, в которой — пристань морским судам».

В 1714 г. приказчик камчатских острогов Иван Енисейский, отправляясь в Якутск с соболиной казной, оставил вместо

себя Козыревского. Два года он управлял Камчаткой и немало сделал для упрочения русской власти на полуострове. Так, в 1715 г. вместо прежних «составленных из тонких жердей козельчатых, подобных огородному частоколу» крепостей поставил в Нижнекамчатске, Верхнекамчатске и Усть-Большерееке новые, бревенчатые.

Осенью 1716 г. Козыревский постригся в монахи и получил имя Игнатий. На левом берегу Камчатки, рядом с Нижнекамчатским острогом, он построил «своим коштом» Успенскую пустынь (часовню и кельи) «ради прибежища ко спасению безпомощным и престарелым и раненым служилым людям, которые не имеют нигде главы подклонить».

Активная миссионерская деятельность Козыревского на Камчатке не всем пришлась по душе. Высшее церковное духовенство в Сибири, зная о «его былых грехах» и игнорируя великие заслуги во имя Государства российского, несправедно ополчилось на Козыревского. Вероятно, гонения и унижения довели его до такого состояния, что он был вынужден скитаться и питаться «Христовым именем».

Однако Козыревский жил надеждой продолжить исследования на Камчатке, весной 1730 г. он прибывает в Москву. И сразу же Игнатий пишет «доношения» в Синод и Сенат. Представители церковной власти живо заинтересовались предложениями монаха об упрочении православной русской миссии «в камчадалской землице». 16 мая 1730 г. высшие церковные иерархи посвятили Игнатия в иеромонахи и назначили строителем Успенского монастыря на Камчатке, т.е. главным проповедником отдаленного края.

Благие стремления иеромонаха Игнатия поддержали и члены Сената. В результате было определено выдать ему 500 рублей на постройку Успенской пустыни; принято решение о строительстве церковью в Анадырске,

Верхнекамчатске и Большерецке, снабжении их утварью, книгами; наконец, было дано указание сибирским властям освободить от ясака на 10 лет всех, кто воспримет православие.

Видимо, успех открылил иеромонаха. Он подает челобитную на имя императрицы Анны Иоанновны. Игнатий развивает план христианизации народов Камчатки — дело, которое сам готов возглавить, «дабы <...> Камчадалская земля с тамошними народами просияла святым крещением».

28 июня 1731 г. императрица дала указание Синоду: оказать всемерное содействие иеромонаху Игнатию «относительно распространения православия в Камчатке», а также срочно разобратся, «какия ему чинены противности и что сделано для пользы Камчатского народа». Синод ответил придворному генералу С.А.Салтыкову: «Просьбы иеромонаха Игнатия все удовлетворены».

В «Санкт-Петербургских ведомостях» появилось сообщение о подвигах Козыревского на Камчатке и Курильских о-вах. Казалось, его путеводная звезда достигла своего зенита. Но неожиданно события приняли иной оборот. 7 июля 1731 г. генерал Салтыков объявил волю императрицы: за ложное на Синод челобитье сослать Игнатия на вечное жительство в Угрешский монастырь, а на его место определить «в Камчатку достойнейшаго из иеромонахов». Среди членов Синода поползли черные слухи. Козыревского сразу же причислили к категории подозрительных людей: срочные запросы полетели в Преображенский приказ, к Тобольскому митрополиту и в Сибирскую губернскую канцелярию.

26 ноября 1731 г. в Синод поступило донесение Тобольского митрополита по делу иеромонаха Игнатия. Ссылаясь на показания церковнослужителей Якутска, личных недоброжелателей, Игнатий обвинялся в убийстве в 1711 г. приказчиков Владими-

ра Атласова, Петра Чирикова и Осипа Липина, а также в воровстве церковных и монастырских денег и в других грехах. Впрочем, при внимательном прочтении пространного донесения вырисовывается довольно противоречивая, запутанная картина восстания 75 камчатских казаков и убийства ими трех приказчиков. Надо сказать, что бунт казаков был вызван не столько желанием поживиться награбленным имуществом убитых (у приказчиков имелось шесть тысяч меховых шкурков соболей, лисиц и бобров!), сколько теми издевательствами, которые они чинили по отношению к казакам.

Основные участники убийства были казнены. Что касается Анциферова и Козыревского,

то по заявлению сына Атласова — Ивана — они непосредственного участия в убийстве не принимали.

Поначалу Козыревский опровергал необоснованные обвинения. Но палачи Преображенского приказа подвергли его чудовищным пыткам, и он сознался во всех преступлениях. Дело передали в Синод, который лишил его иеромонашества и отправил в Юстиц-Коллегию. Фактически Синод бросил его на произвол судьбы и обрек на верную гибель.

Из Юстиц-Коллегии дело перешло в Сенат, который по настоянию Козыревского запросил подлинные материалы о нем из Нижнекамчатска, Якутска и Тобольска. В ожидании ответа он находился в заключении

в Москве. Только спустя три года пришли сведения, подтвердившие его невиновность. Но Козыревского уже не было в живых. В декабре 1734 г. в Сенат из Московской конторы пришло «ведение», в котором сообщалось, что в 1734 г. «декабря второго дня <...> оной Козыревской умре».

Вся жизнь Ивана Петровича Козыревского была отдана изучению и освоению Дальнего Востока. Но свой вечный приют неустрашимый исследователь Камчатки, Курильских о-вов и Японии нашел, по всей видимости, на том кладбище Преображенской слободы, где хоронили колодников. Так бездарно был загублен человек, много сделавший ради укрепления могущества нашего отечества. ■

Литература

1. Описание документов и дел, хранящихся в архиве святейшего правительствующего Синода. СПб., 1901. Т.10. С.169.
2. *Огрызко И.И.* Открытие Курильских островов // Учен. зап. ЛГУ. Л., 1953. №157. Вып.2. С.176.
3. Памятники сибирской истории XVIII в. 1882. Т.1. С.418.
4. *Ефимов А.В.* Из истории русских экспедиций на Тихом океане. М., 1948. С.96, 112.
5. *Андреев А.И.* Русские открытия в Тихом океане. М., 1948. С.97.
6. *Берг Л.С.* Открытие Камчатки и экспедиции Беринга. Л., 1948. С.152.
7. РГАДА. Ф.199. Оп.1. Д.533/2. Л.3об.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное
и книготорговое
объединение «Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 15.04.2002
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 5861
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6